

Iiro Reinikainen

Kerrostalo-yhtiön energiansäästö- mahdollisuudet ja investointien takaisinmaksuaika

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Iiro Reinikainen
Työn nimi	Kerrostalo-yhtiön energiansäästömahdollisuudet ja investointien takaisinmaksuaika
Toimeksiantaja	As Oy Metsonmökki
Vuosi	2023
Sivut	35 sivua, liitteitä 7 sivua
Työn ohjaaja(t)	Mika Kuusela

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää kerrostalo-yhtiön energiansäästömahdollisuuksia sekä investointien takaisinmaksuaikaa. Taloyhtiö koostuu uudesta ja vanhasta osasta, joissa kummassakin on kolme kerrosta. Vanha osa on rakennettu vuonna 1954 ja uusi osa 1967. Taloyhtiössä on myös tehty useita remontteja vuosien varrella.

Työssä mallinnettiin kerrostalo-yhtiön rakennus 3D-muotoon mahdollisimman tarkasti käyttäen MagiCAD sekä IDA-ICE ohjelmia. IDA-ICE:n avulla saatiin myös valmiista 3D-mallista lasketettua energiaraportti, jonka pohjalta voitiin ruveta kartoittamaan energiasäästötoimenpiteillä saatavia säästöjä. Työssä tutkittavat energiansäästötoimenpiteet olivat ikkunoiden ja ulko-ovien uusiminen, yläpohjan lisäeristys, kaukolämmön vaihtaminen maalämpöön sekä koneellisen poistoilmanvaihdon vaihtaminen koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon lämmöntalteenotolla. Kullekin investoinnille laskettiin lopuksi vielä hinta ja sitä kautta takaisinmaksuaika.

Tutkimuksessa saaduista tuloksista voidaan todeta, että maalämpöön vaihtamalla saadaan isoimmat vuosittaiset energiansäästöt ja ikkunoiden sekä ovien vaihdolla pienimmät. Ilmanvaihdon vaihtamisen sekä ikkunoiden ja ovien uusimisen takaisinmaksuaika on pitkä, jopa noin 25 vuotta. Vastaavasti yläpohjan lisäeristyksellä takaisinmaksuaika on erittäin lyhyt.

Saatujen tulosten perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että yläpohjan lisäeristys on kannattava toteuttaa, koska siinä on lyhyt takaisinmaksuaika ja investointikaan ei ole suuri, jos se on vaan helppo toteuttaa. Maalämpö on puolestaan kallis investointi, mutta se voisi mahdollisesti olla kannattava sijoitus pitemmällä aikavälillä. Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet täyttyivät, koska tehdyn raportin pohjalta taloyhtiö saa päätöksentekoonsa tukea miettiessään tulevia investointeja.

Asiasanat: energia, energiansäästö, kerrostalo

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Iiro Reinikainen
Thesis title	Energy savings in a block of flats and investments repayment period
Commissioned by	As Oy Metsonmökki
Time	2023
Pages	35 pages, 7 pages of appendices
Supervisor	Mika Kuusela

ABSTRACT

The objective of the thesis was to investigate the energy saving possibilities in a block of flats and to calculate the repayment periods for the investments. The apartment building consists of two parts, the old and the new one. The old part was built in 1954 and the new part in 1967. Several renovations have already been done in the building over the years.

In the research, the building was modeled to 3D format using the MagiCAD and IDA-ICE computer programs. Also with the IDA-ICE program, the energy report was calculated from the 3D model. After that it was possible to start investigating the energy savings obtained through saving measures. The energy-saving measures which were investigated at the project were the replacement of windows and exterior doors, additional insulation of the upper floor, switching from district heating to geothermal heating and to switch from exhaust ventilation to a supply and exhaust ventilation with heat recovery. At the end, the price was calculated for the each investment separately and after that the repayment period.

From the results of the research, can be stated that geothermal heating yields the most energy savings in a year and replacing the windows and doors the least. The repayment period of replacing the ventilation and replacing the windows and doors can be as long as 25 years. The repayment period of adding extra insulation to upper floor, will be pretty short.

Based on the results, it can be said that its worth adding insulation to upper floor since it has a short repayment period and also the investment is not that large if its easy accomplish. Geothermal heating is and expensive investment but in the long term it could possibly be a profitable investment. The goals which were set for the thesis were met, because based on the report, the housing company receives the needed support for their decision making about the future investments.

Keywords: energy, energy-savings, block of flats

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KERROSTALOJEN ENERGIANKULUTUS SUOMESSA.....	6
3	LVI-TEKNIikka 1960- 1970-LUVUN KERROSTALOISSA	7
3.1	Käyttövesi	7
3.2	Ilmanvaihto	8
3.3	Lämmitys	11
4	RAKENNUSTEKNIikka 1960- JA 1970-LUVUN KERROSTALOISSA	13
4.1	Ikkunat ja ovet.....	13
4.2	Ylä- ja alapohja.....	14
4.3	Ulkoseinät.....	14
5	KOHTTEEN LÄHTÖTIEDOT JA KUVAUS	14
6	MAGICAD-MALLINNUS	15
7	IDA-ICE-MALLINNUS.....	16
7.1	Rakennuksen uusi osa	16
7.2	Rakennuksen vanha osa	18
7.3	Energiansäästön toimenpiteet	19
8	INVESTOINTIEN HINNAT JA TAKAISINMAKSUAIKA.....	20
9	TULOKSET JA YHTEENVETO	22
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	25
	LÄHTEET.....	28

LIITTEET

Liite 1. IDA-ICE energiaraportit

Liite 2. As Oy Metsonmökki laskelmat

1 JOHDANTO

Suomessa on rakennettu 1950–1980-luvulla paljon kerrostaloja. Kyseisen aikakauden taloissa on nykypäivään verrattuna erittäin vanhentunutta rakennustekniikkaa sekä lvi-järjestelmiä. Kerrostaloissa menee lämmitysenergiaa hukkaan aikakauden kehojen rakennusteknisten valintojen takia ja lvi-tekniikan osalta ei esimerkiksi oteta huoneilmasta lämpöä ollenkaan talteen.

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia Mikkeliissä sijaitsevaa kerrostaloyhtiötä As Oy Metsonmökkiä energiasäästömahdollisuuksien osalta. Taloyhtiö haluaa tietää mahdollisista energiasäästövaihtoehdoista, joita lähteä tulevaisuudessa toteuttamaan. Kerrostalo on rakennettu 1960-luvulla, ja siihen on toteutettu useita remontteja, joilla jo osa talon vanhoista rakenteista ja järjestelmistä on saatu päivitettyä uudempaan.

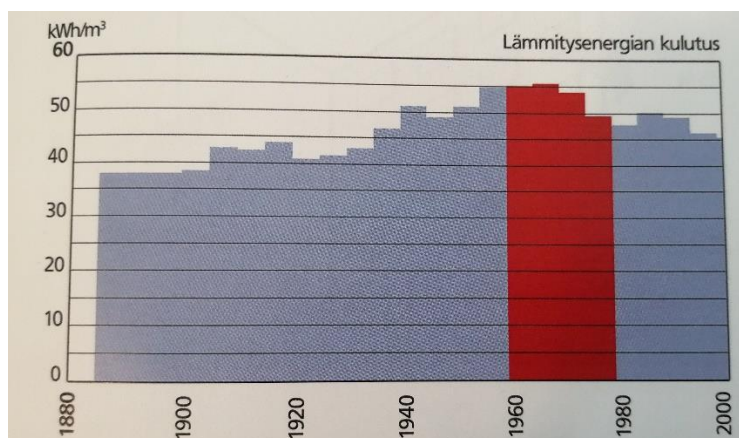
Työssä tehdään aluksi rakennukselle 3D-mallinnus käyttäen hyväksi MagiCAD- ja IDA-ICE-ohjelmia. 3D-mallinnuksen avulla talosta tehdään mahdollisimman tarkka kopio, jotta tulokset saadaan vastaamaan todellisuutta. Tämän jälkeen kartoitetaan energiansäästötoimenpiteitä ja IDA-ICE-ohjelman avulla lasketaan niillä saadut energiasäästöt. Jokaiselle investoinnille lasketaan hinta sekä energiasäästöjen pohjalta takaisinmaksuaika sekä lopuksi pohditaan kunkin investoinnin kannattavuutta. Lopullisen raportin on tarkoitus toimia tukena taloyhtiölle päätöksenteossa mahdollisten tulevien remonttien osalta.

2 KERROSTALOJEN ENERGIANKULUTUS SUOMESSA

Suomessa merkittävä osa asuinrakennuskannasta on rakennettu 1960- ja 1970-luvuilla. Asuinkerrostaloista 48 % on rakennettu juurikin tällä aikakaudella. Kyseisenä ajan kohtana rakennetut rakennukset ovat teknisesti vanhemmassa, ja niiden korjaustarve on melkein välttämätön. Suomessa ovat määräykset kiristyneet energiasäästöjen näkökulmasta, ja se asettaakin haasteita rakennusten korjaukselle. Suurin osa vaadittavista korjauksista kohdistuu LVI-järjestelmiin. /1, s. 3, 7./

Suomi on mukana kansainvälisissä ilmastopöytäkirjoissa, joiden myötä Suomessa on tehtävä paljon päästövähennyksiä ilmastomuutoksen torjumiseksi. Rakennusten energiankulutuksella on suuri vaikutus päästöihin, koska rakennuskannan energiankulutus on 40 % koko Suomen energian loppukäytöstä. Ongelmaa ei ratkaise se, että uusimme kokonaan rakennuskannan, koska se on erittäin hidasta. Niinpä on kohdistettava resursseja jo olemassa olevien rakennusten korjaamiseen. Toisaalta rakennusten korjaaminen ei ole järkevää pelkästään energiatehokkuuden parantamisen takia, vaan paras hyöty saadaan irti, kun energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet suoritetaan pakollisten korjausten kanssa samanaikaisesti. Pakollisiin korjauksiin voidaan laskea esimerkiksi putkiremontit sekä julkisivukorjaukset. /1, s. 7./

“Rakennusten energiankulutus koostuu lämmitysenergian sekä sähkölaitteisiin ja valaistukseen käytettävän sähköenergian kulutuksesta” /1, s. 9/. Kerrostaloja on 1960-luvulta eteenpäin rakennettu pääosin elementtitekniikalla. Tämä johtuu siitä, että Suomessa on pyritty rakentamaan mahdollisimman nopeasti, välttämättä energiankäytöstä. 1970-luvulla pyrittiin energiankulutusta vähentämään suurilta osin ulkovaipan eristävyttä parantamalla, mutta muihin parannuskohteisiin ei niinkään kiinnitetty huomiota. Todellinen muutos energiankulutukseen tuli vuonna 1978, kun Suomessa laadittiin uudet rakennusmääräykset. Tästä johtuen 1960- ja 1970-luvulla rakennettujen asuinkerrostalojen lämmitysenergiankulutus on huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi 1980-luvulla. Kuvassa 1 nähdään eri aikakausina rakennettujen kerrostalojen keskimääräinen lämmitysenergiankulutus. /1, s. 9, 10./



Kuva 1. Kerrostalojen keskimääräinen lämmitysenergian kulutus /1/

3 LVI-TEKNIikka 1960- 1970-LUVUN KERROSTALOISSA

LVI-teknisissä järjestelmissä on mahdollisuus säästää erittäin paljon energiatehokkuuden näkökulmasta. 1960- ja 1970-luvulla moneenkaan LVI-tekniiseen osa-alueeseen ei kiinnitetty huomiota tai ei vain tiedetty, miten järjestelmät kannattaisi toteuttaa. Tänä päivänä on onneksi kehitelty ja testattu käyttöveden, ilmanvaihdon ja lämmityksen järjestelmiä sekä laitteistoa sen verran, että voidaan luotettavasti lähteä niitä päivittämään tämän päivän tasolle vanhoissakin rakennuksissa.

3.1 Käyttövesi

Putkiremonttia suunniteltaessa on hyvä miettiä kiinteistön vedenkulutusta. Suomessa henkilöt käyttävät vettä keskimäärin 155 litraa vuorokaudessa, ja siitä on noin 40 % lämmintä käyttövettä. Itse rakennuksen lämmitysenergiasta menee noin 40 % käyttöveden lämmitykseen. Näin ollen vedenkulutuksen pienentäminen on erittäin hyvä säästökohde. Vesipisteissä kulutetaan noin 63 % lämpimän käyttöveden energiasta ja loput energiasta kuluu lämpöenergian siirtoon eli lämpöhäviöihin. Voidaan arvioida, että pienentämällä vedenkulutusta vaikkapa 20 %, saadaan sillä pienennettyä kiinteistön kokonaislämmitysenergiantarvetta jopa 5 %. /1, s. 37./

Vedenkulutusta voidaan helposti pienentää vaihtamalla vanhat pesuhuoneen ja keittiön hanat sekä suihkun sekoittajat uusiin, joissa veden virtaamaa on

säädely tehokkaasti. Myös perinteisen yksihuuhtelu-WC-istuimen vaihto kaksoishuuhteluun säästää kylmää vettä. WC-pönttöjen kohdalla voidaan puhua jopa 30–40 % säästöstä vesipistettä kohden. /1, s. 38, 39./

Huoneistokohtainen vesimittareiden asennus on myös hyvä tapa pienentää kiinteistön lämmitysenergian kulutusta. Lämpimän käyttöveden kulutus on monilla ihmisillä tottumusten mukainen, joten jokaisen maksaessa omat vetensä tulee myös ajatelleeksi, kuinka sitä käyttää. Tutkimuksen mukaan huoneistokohtaisten vesimittareiden asennusten jälkeen monilla käyttöveden kulutus on pudonnut 10–30 %. Tämä tarkoittaa rakennuksen lämmitysenergian kulutuksessa 3–9 % säästöä. Kyseisillä säästöillä takaisinmaksuajaksi investoinnille tuli 3–5 vuotta. Takaisinmaksuaika ei välttämättä pidä paikkaansa, koska huollosta ja laskutuksesta tulevista kuluista johtuen takaisinmaksuaika voi nousta jopa 20 vuoteen. /1, s. 39–40./

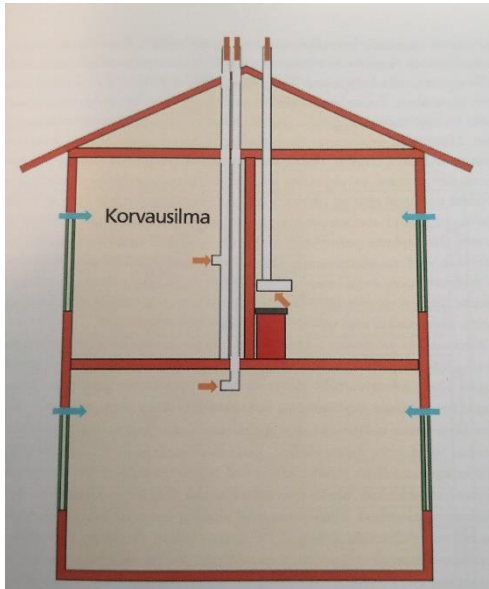
3.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on ylivoimaisesti suurin lämmitysenergian kulutukseen vaikuttava tekijä 1960- ja 1970-luvun kerrostaloissa. Tähän vaikuttaa pitkälti rakennuksen vaipan huono ilmantiiveys. Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutus voidaan jopa puolittaa, jos poistoilmasta otetaan lämpö talteen LTO-laitteella sekä tiivistämällä esimerkiksi ulkoseiniä. /1, s. 11./

Ilmanvaihdon korjaustarvetta voidaan määrittää kiinteistön kuntoarviolla, huoltokirjalla sekä pitkän tähtäimen suunnitelmalla. Parannuksen tarpeeseen on monia syitä, joita ovat esimerkiksi huono sisäilman laatu, asukkaiden oireilu, vetoisuus, märkätilojen hidas kuivuminen, ikkunoiden huurtuminen sekä normaalia suurempi lämmitysenergian kulutus. /1, s. 21./

Painovoimainen ilmanvaihto on rakennusvaiheessa tehty noin 30 % 1960-luvun kerrostaloista. Vastaava luku 1970-luvun taloissa on 10 %. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilaeroista johtuviin tiheyseroihin sekä tuulesta johtuviin paine-eroihin. Poistoilma johdetaan ulos hormien kautta, jotka on viety vesikatolle. Korvausilma saadaan vastaavasti korvausilmaventtiilien kautta, jotka sijaitsevat seinässä. Monissa kohteissa kunnollisia korvausilma-

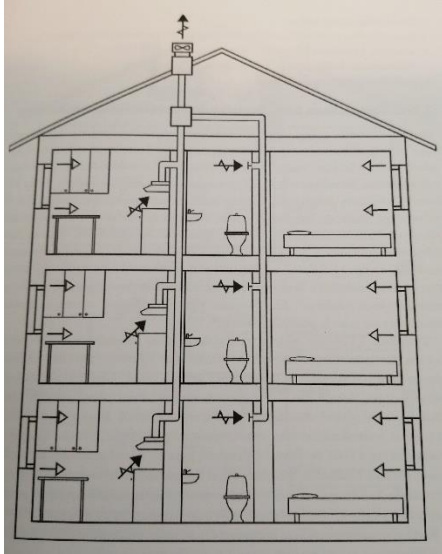
venttiileitä ei ole, jolloin korvausilma saattaa tulla asuntoon rakenteiden vuoto- kohdista. Tämä voi aiheuttaa vedon tunnetta asukkaissa. Painovoimainen ilmanvaihto toimii talvella erinomaisesti, koska ulko- ja sisälämpötilan ero on suuri, mutta kesäisin lämpötilojen ollessa melkein yhtä suuret painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta on vajaavaista.



Kuva 2. Painovoimainen ilmanvaihto /1/

Kuvassa 2 periaatepiirros painovoimaisesta ilmanvaihdosta. Raitisilmaventtiilit sijaitsevat ikkunoiden ylälaudassa ja poistoilma viedään katolle hormeja pitkin. /1, s. 18./

Koneellinen poistoilmanvaihto on yleisin 1960- ja 1970-luvun kerrostaloissa. 1960-luvun asuinkerrostaloissa se on käytössä noin 70 % taloista ja 1970-luvun taloissa luku on yli 90 %. Koneellinen poistoilmanvaihto toimii hyvin pitkälti samalla lailla kuin painovoimainen ilmanvaihto. Seinästä tuodaan korvausilma sisään, mutta erona on, että vesikatolle menevässä poistoilmahormissa on apuna puhallin tai huippumuri. Painovoimaiseen ilmanvaihtoon verrattuna il- mamäärät ovat paremmin hallittavissa, mutta suuremmalla paine-erolla esiin- tyy myös vedon tunnetta enemmän huonetiloissa. Kuvassa 3 periaatepiirros koneellisesta poistoilmanvaihdosta, jossa poistoilma on viety katolle yhteistä hormia pitkin. /1, s. 19–20./

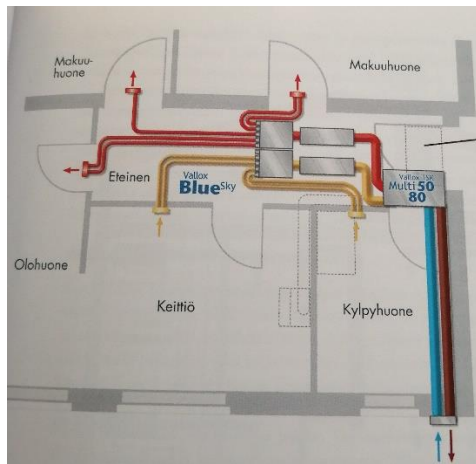


Kuva 3. Koneellinen poistoilmanvaihto /1/

Paras keino parantaa rakennuksen ilmanvaihdon energiatehokkuutta on asettaa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla. Järjestelmä toimii niin, että huoneiloihin tuodaan koneellisesti tuloilma ja poistoilma poistetaan koneellisesti ulos. Tuloilma suodatetaan ja esilämmitetään ennen huoneeseen puhallusta. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenottolaite, joka ottaa poistoilmasta talteen lämpöenergiaa, jota vastaavasti käytetään tuloilman lämmittämiseen. Näin ollen sillä saadaan energiasäästöä aikaan, koska tuloilmaa ei tarvitse niin paljo lämmitellä esilämmityspatterilla. Lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhde voi olla jopa 80 %. /1, s. 22./

Huoneistokohtaisessa järjestelmässä on jokaisessa asuinhuoneistossa oma ilmanvaihtokone, jossa on myös lämmöntalteenottolaite. Poistoilma on mahdollista puhaltaa katolle, jos esimerkiksi vanhan ilmanvaihtojärjestelmän hormeissa on tilaa. Toinen mahdollisuus on myös puhaltaa poistoilma ulos seinästä. Kyseisessä tilanteessa jäteilma puhalletaan ulos raitisilmakanavan vierestä. Erityisesti painovoimaisen ilmanvaihdon parantamisen yhteydessä on jopa järkevää muuttaa järjestelmä huoneistokohtaiseksi järjestelmäksi. Huoneistokohtaisen järjestelmän etuna on sen hyvä säädettävyyden huoneiston käyttäjän tarpeiden mukaan. Ongelmana voi olla tilanpuute, koska ilmanvaihtokanavien asennus vie tilaa ja niiden takia on pakollista rakentaa alaslaskettu

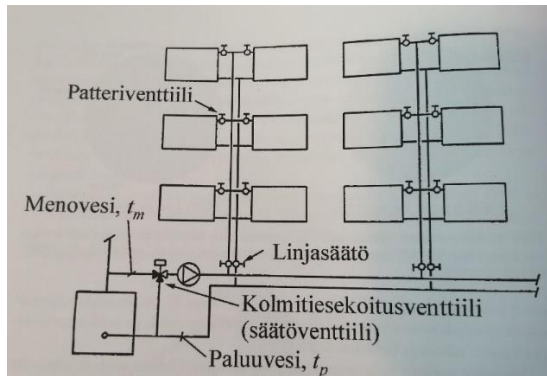
katto tai koteloita. Kuvassa 4 periaatepiirros huoneistokohtaisesta tulo- ja poistoilmanvaihdosta. /1, s. 24–25./



Kuva 4. Huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihto /1/

3.3 Lämmitys

Suomessa suurin osa asuinkerrostaloista lämmitetään kaukolämmöllä, jopa noin 85 %. 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostaloissa pumppukiertoinen vesikeskuslämmitys on yleisin lämmitysmuoto. Periaatteena on, että kaukolämpöverkostossa kiertävän kuumen veden lämpöenergia muunnetaan kiinteistön käyttöön lämmönsiirtimien avulla. Lämmönjakolaitteita ennen siirtimiä kutsutaan ensiöpuoleksi ja vastaavasti toisiopuoleksi kutsutaan kiinteistön käyttövesi- ja lämmitysverkostoa. Lämmönjakokeskukselta putkisto yhdistetään huoneistoissa ja yleisissä tiloissa sijaitseviin teräslevypattereihin tai konvektoreihin. Kaikista yleisin on kaksiputkijärjestelmä, jossa on omat putket meno- ja paluuedelle. Lämpötilan säätö toimii vesivirtaa muuttamalla ja veden virtausta muutetaan nousulinjoissa sijaitsevilla linjasäätöventtiileillä sekä lämmityspatterien luona sijaitsevilla patteriventtiileillä. Kuvassa 5 periaatekuva kaksiputkijärjestelmästä, jossa patteriverkostossa on meno- ja paluuputki. /1, s. 12./



Kuva 5. Lämmityksen kaksiputkijärjestelmä /1/

Lämmitysputkien ja patterien käyttöikä vaihtelee noin 50–100 vuoden välissä. Vastaavasti linjasäätö ja patteriventtiilien käyttöikä on noin 20–25 vuotta. Nämä venttiilit yleensä uusitaan linjasaneerauksen yhteydessä eikä koko lämmitysjärjestelmää tarvitse uusia. Joissakin rakennuksissa ei ole termostaattisia patteriventtiilejä, jolloin lämmitysjärjestelmä ei ota huomioon huoneeseen tulevia lisälämpökuormia. Näihin lämpökuormiin voidaan laskea esimerkiksi ruuanlaitosta tuleva lämpöenergia sekä auringonvalo. Kyseisissä kohteissa termostaattisten patteriventtiilien asennus onkin hyvä keino pienentää lämmitysenergian kulutusta, joka pienenee jopa 3,2 % pelkästään venttiilien vaihdolla. Takaisinmaksuaikana voidaan kyseiselle investoinnille pitää noin kolme vuotta. /1, s. 13./

Kaukolämpölaitteiden käyttöikä on normaalisti 20–25 vuotta. Jos kaukolämpökeskus on ollut käytössä jo noin 20 vuotta, niin se on järkevämpi uusia kokonaan kuin lähteä korjaamaan vanhaa. Suurin syy uusimisen tarpeelle on lämmönsiirtimien heikentynyt hyötysuhde, joka johtuu sen sisäpuolelle syntyvistä kerrostumista ajan myötä. Toinen syy heikolle lämmönsiirtokyvyille on säätölaitteiden keho toiminta. /1, s.13–14./

Patteriverkoston perussäätö on tärkeä ja välttämätön toimenpide tehtäväksi varsinkin silloin, kun rakennuksen lämmöntarve muuttuu. Lämmöntarve voi muuttua esimerkiksi, jos ulkoseinää lisäeristetään tai asennetaan lämmöntalteenottolaite. Perussäädön ideana on tasata huoneistojen lämpötilat vastaamaan yleistä ohjearvoa, joka on 21°C. Jos perussäädöllä saavutetaan esimerkiksi yhden asteen huonelämpötilan pudotus, sillä voidaan jopa saavuttaa 5 % säästö koko kerrostalon lämmityskustannuksissa. Voidaan jopa arvioida, että

Suomessa on kehnosti perussäädetty jopa 75 % asuinrakennuksista. /1, s. 15./

4 RAKENNUSTEKNIikka 1960- JA 1970-LUVUN KERROSTALOISSA

Rakennusteknisissä ratkaisuissa on tultu iso harppaus eteenpäin verrattaessa 60- ja 70-lukua nykypäivään. Asuinrakennukset on tehty entistä tiiviimmiksi, jotta saadaan minimoitua lämpöhäviötä huonetiloista ulkoilmaan. Tämä voidaan todeta jo katsomalla rakenteiden lämmönläpäisykertoimia eli U-arvoja. Esimerkiksi ulkoseinän vertailu arvo on 60- ja 70-luvulla $0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$, kun taas nykypäivän vaade uudiskohteille on $0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Alapohjan osalta puhutaan arvoista 0.47 W/m^2 ja $0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Yläpohjassa vastaavat lukemat ovat $0.47 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja $0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ikkunoiden ja ovien kohdalla luku on $2.2/2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja nykyään $1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tästä voidaan päätellä, että vanhoissa asuinkerrostoaloissa on monia kohtia, jossa voidaan tehdä parannuksia ja näin ollen säästää lämmitysenergiassa. /2./

4.1 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden ja ovien lämmönläpäisykerroin on korkeampi kuin muilla rakennuksen rakenteilla. Siksi ne eristävätkin vähemmän lämpöä. Tämän takia on tärkeää kiinnittää vanhoissa rakennuksissa huomiota ikkunoiden ja ovien uusimiseen.

Useimmissa kohteissa ei ikkunoita kannata lähteä korjaamaan, vaan ne kannattaa suoraan vaihtaa uusiin. Nykyaikaiset ikkunat kestävät paremmin säätä, niillä on parempi lämmöneristävyys sekä lähtökohtaisesti vähemmän huoltotarpeita. Lämmitysenergian kulutuksen näkökulmasta voidaan todeta, että ikkunoiden osuus on lämmitysenergian kulutuksesta 60- ja 70-luvun rakennuksissa noin 15–20 %. Uusien ikkunoiden myötä kyseinen kulutus voi jopa puolittua. /3./

Ovilla ei ole niin suurta merkitystä lämpöhäviöihin kuin ikkunoilla. Tämä selittyy jo yksinkertaisesti sillä, että ovia on rakennuksissa pinta-alaltaan huomattavasti pienempi osuus. Ulko-ovet on kuitenkin myös järkevää siinä vaiheessa vaihtaa uusiin, jos ikkunat uusitaan, koska samanaikaisesti toteutetuissa remonteissa säästää kustannuksien osalta.

4.2 Ylä- ja alapohja

Yläpohjan lisäeristys voidaan tehdä vaihtamalla vanha eriste uuteen tai lisätä eristepaksuutta. Lisäämällä eristettä tulee varmistua, että vanhat eristeet eivät ole kosteita tai homeessa. Joissakin kohteissa voidaan joutua yläpohjan rakenteeseen tekemään muutoksia, jotta lisäeristys voidaan toteuttaa nykyajan standardien mukaisesti. Jos yläpohjan lisäeristys on toteutettavissa helposti, se kannattaa toteuttaa, koska sillä voidaan saada aikaan kohtalaisia säästöjä lämmitysenergiassa. /3./

Alapohjan osalta lisäeristys on kaikista hankalin. Lähtökohtaisesti vanhoja eristeitä ei voida vaihtaa, koska ne sijaitsevat maanvaraisen laatan alapuolella. Tällöin kysymykseen tulee vain kasvattaa lattiaa ylöspäin. Alapohjan lisäeristyksellä ei saada tuntuvia energiasäästöjä aikaan siihen nähden, kuinka paljon remontiin joutuu investoimaan. Tällöin takaisinmaksuaika nousee hyvin korkeaksi. /4./

4.3 Ulkoseinät

Ulkoseinissä on lähtökohtaisesti kaksi tapaa lähteä parantamaan lämmöneristävyyttä: lisäämällä eristekerrosta tai vaihtamalla vanhan eristeen tilalle uusi eriste. Puhuttaessa betoni- tai tiilirunkoisista seinistä voidaan seinää paksuntaa laittamalla lisäeristettä tai purkamalla osan seinästä ja parantamalla nykyistä eristettä. Moniin 60- ja 70-luvun kerrostaloihin tehdään ulkoseinälle lisärappaus, joka parantaa huomattavasti seinän lämmöneristävyyttä. /3./

5 KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT JA KUVAUS

Kohteena tässä työssä toimii As Oy Metsonmökki Mikkelissä. Taloyhtiö koostuu uudesta ja vanhasta osasta. Vanha osa on rakennettu vuonna 1954 ja uusi osa 1967. Taloyhtiössä on asuinhuoneistoja, yleiset tilat sekä liikekiinteistö. Kiinteistössä on toteutettu useita remontteja: vuonna 2005 pihan sadevesiviemärointi on uusittu, vuonna 2005 on myös uusittu asuntojen ja porraskäytävien ikkunat ja ovet sekä tehty ulkoseinään lisälämmöneristys, vuonna 2012 on kiinteistöön tehty LVIS-peruskorjaus. Kuvassa 6 taloyhtiö ulkoapäin kuvattuna.



Kuva 6. Taloyhtiö As Oy Metsänmökki

Projektin alussa kävimme isännöitsijän kanssa kiertämässä taloyhtiön tilat läpi, jotta sain hieman kosketuspintaa tutkittavaan kohteeseen. Tämän jälkeen sain isännöitsijältä PDF-muodossa olevat pohjakuvat taloyhtiöstä, joiden avulla pystyin lähtemään työstämään talon mallinnusta.

6 MAGICAD-MALLINNUS

MagiCAD-mallinnuksen aloitin työstämällä kerrostalon uutta osaa. PDF-kuvat eivät olleet mittakaavassa 1:50, joten aluksi ne oli skaalattava oikeaan kokoon, jotta mallinnuksesta saataisiin todenmukainen. Skaalaus tapahtuu MagiCADi:ssä hyvin helposti: tiedettäessä esimerkiksi ikkunan leveys voidaan se mitata ohjelmassa. Jos esimerkiksi ikkunan mitta näyttää ohjelmassa 100 mm ja se on todellisuudessa 1000 mm, silloin voidaan pohjakuvat skaalata kymmenkertaiseksi alkuperäisestä. Skaalaus tehtiin tässä vaiheessa jokaisen kerroksen pohjakuville erikseen. Tärkeää oli myös asettaa kellarikerroksen, 1-kerroksen sekä 2-kerroksen pohjakuvat samaan kohdistuspisteeseen, jotta tehtävästä IFC-mallista tulisi täsmällinen.

IFC-mallin luominen alkoi sillä, että perustin projektin, johon määritin kolme kerrosta sekä niiden huonekorkeudet. Seuraavaksi vuorossa oli MagiCAD Roomilla tehtävä 3D-mallinnus rakennuksesta. MagiCAD Roomilla tehtävä mallinnus alkoi rakennuksen ulkoseinien piirtämisellä pohjakuvan mukaisesti. Kun ulkoseinät oli piirretty, seuraavana piirsin rakennuksen väliseinät, jotta eri huonetilat voidaan erotella toisistaan. Tämän jälkeen lisäsin ulkoseiniin ikkunat ja ulko-ovet. Ikkunoiden ja ulko-ovien mittoja ei näkynyt pohjakuvissa, jo-

ten kävin kohteessa paikan päällä ottamassa mittoja niiden osalta. Tässä vaiheessa rakenteiden U-arvojen määrittäminen ei ollut vielä tärkeää, koska ne pystytään myöhemmin määrittämään IDA-ICE ohjelmalla. Room-mallinnuksen tein jokaiselle kerrokselle erikseen ja sitä kautta rakennuksesta sain valmiin IFC-mallin, joka voidaan seuraavaksi siirtää IDA-ICE-ohjelmaan tarkempaa tarkastelua ja laskentaa varten.

Vanhan osan rakennuksesta tein hieman eri kaavalla kuin uuden osan mallinnuksen. Vanhaan osaan skaalasin PDF-kuvat samalla lailla kun uuden osan kohdalla. Tässä vaiheessa en alkanut tekemään IFC-mallia rakennuksesta, vaan siirsin skaalatut PDF-kuvat suoraan IDA-ICE:een, jossa on myös mahdollista tehdä vastaava 3D-malli rakennuksesta.

7 IDA-ICE-MALLINNUS

IDA-ICE-mallinnus alkoi kerrostaloyhtiön uuden osan teolla. MagiCAD-ohjelmalla olin tehnyt uudesta osasta IFC-mallin, jonka toin IDA-ICE:een. IFC-mallissa on siis rakennukselle tehty jo 3D-mallinnus, joten seuraavaksi aloin laittamaan kohdilleen rakenteiden U-arvoja. Rakenteiden U-arvoista ei ollut tarkempaa tietoa, joten jouduin arvioimaan niitä ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 mukaisesti. U-arvoja arvioidessa tuli ottaa huomioon, että uusi osa on valmistunut vuonna 1967. Taloyhtiöön oli myös tehty vuonna 2005 julkisivujen peruskorjaus ja lisälämmöneristys sekä samaan aikaan on myös vaihdettu huoneistojen sekä rappukäytävien ikkunat ja ovet.

7.1 Rakennuksen uusi osa

Uuden osan ulkoseinien U-arvon arvioin olevan noin $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ luokkaa ja maanvaraisen alapohjan U-arvoksi arvioin $0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$. Yläpohjan U-arvoksi arvioin puolestaan $0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Uudesta osasta löytyy vuonna 2005 vaihdettuja ikkunoita ja ovia sekä myös alkuperäisiä ikkunoita ja ovia. Alkuperäisiksi ikkunoiksi voidaan luetella taloyhtiössä sijaitsevan liikehuoneiston ikkunat sekä kauttaaltaan kellarikerroksessa olevat ikkunat. Vanhoiksi oviksi laskeetaan myös liikehuoneiston ulko-ovi sekä kellarikerroksessa sijaitsevat autotallien ovet. Vuonna 2005 vaihdettujen ikkunoiden ja ovien U-arvon arvioin olevan $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vastaavasti vanhojen ikkunoiden U-arvoksi arvioin 2.8

W/m²K. Puolestaan vanhojen ovien U-arvoksi arvioin 2.2 W/m²K. Alla olevassa taulukossa on ympäristöministeriön asetuksesta otettu taulukko, jonka pohjalta tein arvioni uuden osan rakenteiden U-arvoista. /4, s. 9./

Taulukko 1. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot /2/.

Rakennusosa	Rakennusluvun vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-2018-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17*	0,17*
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26*	0,26*
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

Kun rakenteiden U-arvot oli saatu kohdilleen, oli tarkoitus hieman katsoa rakennuksen muita teknisiä osia läpi. Kun valitsee projektin pohjaksi asuinkerrostalot IDA-ICE-projektia tehdessä, lähtökohtaisesti ohjelma laittaa ilmanvaihdon koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla. Taloyhtiössä on käytössä tällä hetkellä koneellinen poistoilmanvaihto, joten sen vaihtaminen ohjelmaan oli paikallaan tässä kohtaa. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa tuloilma saadaan tiloihin otettua suoraan raitisilmaventtiilien kautta, jotka sijaitsevat joko ikkunassa integroituna tai seinässä. Myöskin ulkoseiniin oli tehtävä muutamia muutoksia, jotta ne saataisiin mahdollisimman oikeanlaisiksi mallinnettua. Ulkoseiniin oli laitettava muutamia pieniä vuotokohtia, jotta paine-erot ulko- ja sisäilman välillä pysyivät määritysten mukaisena. IDA-ICE-ohjelma tekee myös rakennuksen oletuksena maan päälle. Uuden osan kellarikerros onkin melkein kokonaan maan alla, joten ulkoseiniin oli tehtävä ”Wall part” -osiot, jotka kuvastavat tietyn osan seinästä olevan maan alla. Näiden osion laittaminen ulkoseiniin on tärkeää ajatellen koko rakennuksen lämpöhäviöitä.

7.2 Rakennuksen vanha osa

Rakennuksen vanhan osan mallinnuksen tein hieman eri lailla kuin uuden osan. Vanhaan osaan skaalasin ainoastaan PDF-kuvat oikeaan kokoon, mutta en tehnyt niistä IFC-mallia, vaan tein pohjakuvista DWG-muodossa olevan tiedoston. DWG-tiedoston lisäsin IDA-ICE projektiin, jossa tein varsinaisen 3D-mallinnuksen. Mallinnus alkoi building bodyn määrittämisellä, eli tässä kohtaa määritin rakennuksen ulkoseinät sekä rakennuksen korkeuden. Kellarikerroksen huonekorkeus on 2,5 metriä, 1. kerroksen 3 metriä sekä ullakkokerroksen 3 metriä. Seuraavaksi määritin rakennuksen huonetilat "zone"-toiminnolla. Kun kaikkiin kerroksiin oli huonetilat määritetty, aloin laittaa ulkoseiniin ikkunoita ja ovia paikoilleen "window"- sekä "opening"-toimintojen avulla. Ikkunoiden ja ovien sijoittelun jälkeen muokkasin myös vanhan osan U-arvoja verrattuna uuteen osaan. Vanhassa osassa arvioin maanvaraisen alapohjan U-arvoksi 0.47 W/m²K. Vanhassa osassa ei yläpohjassa ole käytännössä ollenkaan eristettä, joten sen U-arvoksi arvioin 0.60 W/m²K. Tämän jälkeen kävin vielä laittamassa ulkoseiniin vuotokohtia paine-erojen tasaamiseksi sekä kellarikerrokseen jo aiemmin mainittuja "Wall parteja", joilla saadaan ohjelma ymmärtämään, että kellarikerros on maan alla. Näin ollen vanhan ja uuden osan 3D-mallinnus oli valmis ja pystyin tekemään simulaation rakennuksen energiankulutuksesta vuositasolla. Rakennuksen niin sanotun perusmallin ollessa valmis pystyin lähtemään tekemään muutoksia rakennukseen ja katsomaan, minkälaisia muutoksia energiankulutuksen suhteen rakennukseen saadaan erilaisilla parannuksilla. Alla olevassa kuvassa 7 näkyy koko rakennuksen 3D-malli, jossa vasemmalla puolella on rakennuksen uusi osa ja oikealla puolella vanha osa.



Kuva 7. As Oy Metsonmökki 3D-mallina

7.3 Energiansäästön toimenpiteet

Tässä kohtaan lähdin tekemään kohteen perusmalliin muutoksia, joilla saadaan taloyhtiöön tehtyä energiaa säästäviä toimenpiteitä. Energiasäästötoimenpiteet, joita lähdin tässä kohtaa tarkastelemaan, ovat vanhojen ikkunoiden ja ovien vaihto uuteen, yläpohjan lisäeristys, kaukolämmön vaihtaminen maalämmöksi sekä koneellisen poistoilmanvaihdon muuttaminen tulo- ja poistoilmanvaihdoksi lämmöntalteenotolla. Tässä kohtaa oli muistettava, että jokainen toimenpide tehtiin rakennuksen perusmalliin erikseen, jotta saadaan mahdollisimman oikeanmukaiset tulokset.

Ensimmäisenä lähdin tekemään muutoksia rakennuksen ikkunoihin ja ulkoviin. Taloyhtiöön oli siis vaihdettu rappukäytäviin ja asuntoihin uudet ikkunat ja ulko-ovet vuonna 2005. Näihin en lähtenyt tekemään muutoksia, vaan kohteena ovat vielä alkuperäiset ikkunat ja ovet, jotka sijaitsevat rakennuksen kellarikerroksessa sekä taloyhtiössä olevassa liikehuoneistossa, joka sijaitsee uuden osan ensimmäisessä kerroksessa. Ympäristöministeriön asetuksessa 1048/2017 kerrotaan, että tämän päivän ikkunoiden ja ovien U-arvona voidaan käyttää arvoa $1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, joten lähdin muuttamaan vanhat ikkunat ja oven näiden arvojen mukaiseksi. Kun tarvittavat muutokset oli tehty, tein rakennukselle uudestaan energiankulutuksen simuloinnin vuositasolla, josta sain tietooni kyseisillä muutoksilla saadut energiasäästöt.

Toisena energiansäästötoimenpiteenä lähdin kasvattamaan rakennuksen yläpohjan eristepaksuutta. Uuteen osaan lisäsin yläpohjaan eristettä noin 300 mm ja näin sain U-arvon putoamaan arvosta $0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$, arvoon $0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$,

joka on jo nykyajan vaateiden mukainen. Vanhassa osassa U-arvoa saatiin pudotettua vieläkin enemmän eristettä lisäämällä, koska alun perin siellä ei ollut eristettä lainkaan. Uusi U-arvo vanhassa osassa oli tämän muutoksen jälkeen $0.145 \text{ W/m}^2\text{K}$. Näiden muutoksien myötä pystyin taas simuloimaan vuositason rakennuksen ja näkemään toimenpiteiden energiasäästön.

Kolmantena toimenpiteenä oli kaukolämmön vaihtaminen maalämpöön. Kaukolämmöllä COP-luku eli vuosihyötysuhde lämmityksen ja käyttöveden osalta on 0.97. Vastaavasti maalämmöllä ympäristöministeriön 1048/2017 asetuksen mukaan lämmityksen $60 \text{ }^\circ\text{C}$ asteen menoveden lämpötilalla COP luku on 2.5, kun taas $60 \text{ }^\circ\text{C}$ käyttöveden menoveden lämpötilalla COP-luku on 2.3. /2./ Tein nämä muutokset IDA-ICEN-defaults-arvoihin ja sitä kautta pystyin simuloimaan rakennuksen vuosittaisen energiakulutuksen maalämmön osalta.

Viimeisimpänä tutkittava aiheena taloyhtiössä oli koneellisen poistoilmanvaihdon muuttaminen koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon lämmöntalteenotolla. Ilmanvaihdon osalta kävin muuttamassa järjestelmän koneellisesta poistoilmanvaihdosta koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään LTO-laitteella. Hyötysuhteeksi lämmöntalteenotolle annoin laskentaan 60 %, mutta todellisuudessa se voisi olla jopa 70–80 %. Näillä muutoksilla pystyin jälleen simuloimaan rakennuksen vuosittaisen energiakulutuksen osalta.

8 INVESTOINTIEN HINNAT JA TAKAISINMAKSUAIKA

IDA-ICE:sta saatujen energiansäästötoimenpiteiden laskelmien perusteella pystyin lähtemään laskemaan mahdollisille investoinneille hintoja ja sitä kautta takaisinmaksuaikaa. Kaukolämmön tuottajana taloyhtiöön toimii Mikkelissä sijaitseva Etelä-Savon Energia Oy. Etelä-Savon Energia ilmoittaa internetsivuilla kaukolämmön lähtöhinnaksi $71,77 \text{ euroa/MWh}$ eli noin $0,072 \text{ euroa/kWh}$ /6/. Kaukolämmön hinnan ja energiansäästötoimenpiteiden säästöjen (kWh/a) avulla pystyin laskemaan jokaiselle investoinnille vuosittaisen säästön.

Seuraavaksi aloin arvioimaan lähteiden perusteella kunkin investoinnin hintaa. Ensimmäisenä käsittelyyn otin ikkunat ja ovet. Taloyhtiössä on vaihdettavia vanhoja ikkunoita 31 kappaletta sekä ovia 6 kappaletta. Ovien ja ikkunoiden purkamisen hinnaksi tuli 859 euroa ja uusien hinnaksi $16\,219 \text{ euroa}$ /7, s. 55,

56/. Taloyhtiössä on 4 kappaletta autotallin ovien, joiden hinta on 1200 euroa kappaleelta ja sen on huomioitu aiemmassa hinnassa /9/. Investoinnin sekä vuosittaisen säästöjen perusteella pystyin laskemaan tälle investoinnille takaisinmaksuajan.

Yläpohjan laskelmiin vaikuttavat uuden osan yläpohjan eristeen lisääminen sekä vanhan osan yläpohjan rakenteiden uusiminen sekä eristäminen. Taloyhtiössä on eristettävää yläpohjapinta-alaa noin 563 m². Näin ollen lisäeristeen lisääminen (350 mm) tulisi maksamaan noin 5360 euroa /7, s. 105/. Vanhaan osaan taloa pitäisi tehdä myös yläpohjaan rakenteellisia muutoksia, jotta sinne saataisiin eristeet laitettua järkevästi. Tähän kustannukseen otin huomioon käyttöullakkoristikoita 20 kappaletta, joiden hinta on yhteensä 7847 euroa /8, s. 160/. Lisäksi itse arvioin lisäkustannuksia tulevan rakenteiden muutoksen osalta noin 10 000 euroa. Näiden tietojen perusteella pystyin laskemaan yläpohjan lisäeristykselle takaisinmaksuajan.

Kaukolämmön vaihtamisesta maalämpöön tulee useita kustannuksia, kuten maalämpökaivojen poraus, maalämpöpumppu sekä purku- ja asennustyöt. Kokonaisuudessaan maalämpöjärjestelmä maksaa kerrostaloyhtiöissä noin 200 000–300 000 euroa /9/. Arvioin tässä kohteessa hinnaksi muodostuvan noin 250 000 euroa. Investoinnin hinnan perusteella laskin maalämmön vaihdolle takaisinmaksuajan.

Ilmanvaihdon osalta ideana olisi laittaa jokaiseen asuntoon ja liikehuoneistoon oma lämmöntalteenotolla varusteltu tulo- ja poistoilmanvaihtokone. Näitä koneita tulisi taloyhtiöön 21 kappaletta sekä 2 kappaletta koneita palvelemaan kellarikerroksien yleisiä tiloja. Hinnaksi ilmanvaihtokoneille asuntoihin ja liiketiloihin tulisi 52529 euroa /6, s. 108/. Lisäksi kanavien ja osien sekä asennuksen hinnat mukaan lukien asuntokohtaiseksi hinnaksi tulisi noin 4500 euroa eli kokonaisuudessaan 94 500 euroa /10, s. 31/. Tämän lisäksi oman arvioni mukaan yhteisien tilojen ilmanvaihtokoneet sekä kanavointi töineen maksaisi noin 15 000 euroa. Näiden hintojen perusteella laskin ilmanvaihdon muutokselle takaisinmaksuajan.

9 TULOKSET JA YHTEENVETO

Perusmallin energian kulutukseksi sain IDA-ICE ohjelmalla laskettuna 412 059 kWh. Vastaavasti vaihtamalla taloyhtiössä olevat vanhat ikkunat ja ovet uusiin sain laskennassa vuositason energian kulutukseksi 400 081 kWh. Näin ollen vuosittainen energian tarve tippui 11 978 kWh. Etelä-Savon Energian kaukolämmön energian lähtöhinnan ollessa 0,072 e/kWh /5/ saatiin ikkunoiden ja ovien vaihdolla vuosittaista säästöä 860 euroa. Yläpohjan lisäeristystä lisättäessä uuteen ja vanhaan osaan taloa sain vuosittaiseksi energian kulutukseksi 328 596 kWh. Erotus lähtötilanteeseen nähden on vuositasolla 83 463 kWh. Yläpohjan lisäeristyksellä saadaan siis vuositasolla 5990 euron säästö. Kaukolämmön vaihtaminen maalämpöön antoi vuorostaan vuosittaiseksi energian kulutuksen luvuksi 195 881 kWh. Tässä kohtaa on otettu myös huomioon maalämpöpumpun SPF-luku, joka on 2.3 /2, s. 18/. Tämä tarkoittaa sitä, että maalämmöllä on käyttöveden lämmitykseen parempi hyötysuhde, kun suoralla sähköllä. Kyseisellä SPF-luvulla maalämmön vuosittaiseksi sähköenergian kulutukseksi saadaan 85166 kWh. Sähkön siirron hintana on käytetty lukua 0,22 snt/kWh /11/. Näin ollen taloyhtiölle saadaan maalämmöllä säästöä 10837 euroa vuodessa verrattuna kaukolämpöön. Viimeisenä laskennan kohteena oli koneellisen poistoilmanvaihdon muutos huoneistokohtaiseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon lämmöntalteenotolla. Tällä muutoksella sain energian kulutukseksi 352 305 kWh vuodessa. Lämmitysenergian tarve väheni siis 59 754 kWh. Säästöä vuodessa tulisi tämän toimenpiteen myötä siis 4289 euroa. Alla olevassa taulukossa on vielä listattuna eri toimenpiteiden lämmitysenergian luekemat sekä vuosittaiset säästöt.

	Lämmitys Energian kulutus (kWh)	erotus (kWh)	säästö (e/vuosi)
Perusmalli	412059		
Uudet ikkunat ja ovet	400081	11978	860
Yläpohjan lisäeristys	328596	83463	5990
Maalämpö	195881	216178	10837
Ilmanvaihto	352305	59754	4289

Taulukko 2. Lämmitysenergian kulutukset ja säästöt vuositasolla

Taloyhtiössä on vaihdettavia vanhoja ikkunoita 31 kappaletta sekä vanhoja vaihdettavia ovia 6 kappaletta, joista 4 on autotallin ovia. Ikkunoiden ja ovien vaihdossa on huomioita purkuun liittyvät kustannukset sekä uusien hinta. Yhteensä hintaa ikkunoiden ja ovien vaihdolle tuli laskelmieni mukaan 17 078 euroa. Ylempänä mainittujen vuosittaisten säästöjen perusteella takaisinmaksuajaksi tälle investoinnille tulisi vajaat 20 vuotta. Alla taulukkoon listattuna ikkunoiden ja ovien hinnat sekä takaisinmaksuaika.

Taulukko 3. Ovet ja ikkunat

	määrä (kpl)	purku €	uudet €	yhteensä €
Ikkunat	31	738	9873	10611
Ovet	6	121	6345	6466
				17078

Takaisinmaksuaika	19,9	vuotta
-------------------	------	--------

Yläpohjan lisälämmöneristuksen pinta-ala taloyhtiössä on noin 563 m². Lisälämmöneristettä olisi tarkoitus laittaa noin 350 mm lisää. Uudessa osassa on erillinen yläpohja, johon pystytään lisäämään puhallusvillaa kattoluukun kautta. Vanhassa osassa taloa on ullakkokerros, jossa ei ole katossa ollenkaan lämmöneristettä, joten siinä joutuu tekemään rakenteellisia muutoksia, jotta saadaan lisälämmöneristys toteutettua. Nämä asia huomioon ottaen lisälämmöneristykselle arvioin investoinnille hinnaksi 18 607 euroa. Takaisinmaksuajaksi investoinnille tulisi näin ollen vajaat 4 vuotta. Alla olevassa taulukossa listattuna lisäeristuksen hinnat ja takaisinmaksuaika.

Taulukko 4. Yläpohjan lisälämmöneristys

	määrä (m ²)	Yläpohjan lisärakenteet €	Lisä- eriste €	Yhteensä €
Yläpohjan lisäeristys	563	17847	5360	23207
Takaisinmaksuaika				3,9 vuotta

Kaukolämmön vaihtaminen maalämmöksi tulisi maksamaan karkeasti arvioituna noin 250 000 euroa. Tähän hintaan on sisällytetty purkutyöt, uuden järjestelmän asentaminen sekä energiakaivojen poraukset. Takaisinmaksuajaksi maalämmön vaihdolle tulisi noin 23 vuotta. Alla olevassa taulukossa maalämmön hinta-arvio sekä takaisinmaksuaika.

Taulukko 5. Maalämpö

	yhteensä €
Maalämpö	250000
Takaisinmaksuaika	23,1 vuotta

Ilmanvaihdon osalta päädyin huoneistokohtaiseen järjestelmään, jossa jokaiseen huoneistoon asennetaan lämmöntalteenottolaitteella varustettu ilmanvaihtokone ja yhteiset tilat toteutetaan erillisillä ilmanvaihtokoneilla tai koneellisenä poistoilmanvaihtona. Ilmanvaihtokoneita tulisi taloyhtiöön 21 kappaletta huoneistoihin sekä 2 kappaletta yhteisiin tiloihin. Ilmanvaihtokoneiden hankinnan ja asennuksen kustannuksiksi sain 109 500 euroa. Vuosittaisilla lämpöenergian säästöillä takaisinmaksuajaksi saadaan reilu 25 vuotta. Alla olevassa taulukossa ilmanvaihdon muutokseen liittyvät tiedot.

Taulukko 6. Ilmanvaihto lämmöntalteenotolla

	IV-koneet (kpl)	Huoneistokohtainen €	Yleiset tilat €	Yhteensä €
Ilmanvaihto	21+2	94500	15000	109500
Takaisinmaksuaika			25,5	vuotta

Yhteenvedona saaduista laskelmista voidaan todeta, että vanhojen ikkunoiden ja ovien vaihtamisella uuteen ei saada merkittäviä energiasäästöjä aikaan. Investointina se ei ole kovinkaan kallis, mutta pienen energiansäästön takia takaisinmaksuaika nousee melko korkeaksi. Ilmanvaihdon muutoksella saadaan melko hyvin energiasäästöjä aikaan, mutta se on myös investointina aika suuri, joten takaisinmaksu aika nousee korkeaksi. Toisaalta todellisuudessa ilmanvaihtokoneiden hyötysuhde voi olla korkeampi kuin 60 %, jota laskelmissa on käytetty. Tämän takia energiasäästö voi nousta laskelmia korkeammaksi. Kaukolämmön vaihtaminen maalämpöön on kallis investointi taloyhtiölle. Maalämmöllä saadaan mittavat energiasäästöt vuositasolla aikaan, mutta juuri kalliin investoinnin myötä takaisinmaksuaika nousee melko korkeaksi. Yläpohjan lisälämmöneristyksellä saadaan hyvät vuosittaiset energiansäästöt aikaan ja investointi on melko pieni. Näin ollen takaisinmaksuaikakin on melko pieni.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Saatujen tulosten perusteella ikkunoita ja ovia ei kannata lähteä vaihtamaan. Niiden vuosittainen säästö on sen verran pieni ja takaisinmaksuaika korkea. Vastaavasti yläpohjan lisäeristys on laskelmien perusteella erittäinkin kannattava investointi, koska sillä saadaan vuosittain hyvät energiansäästöt aikaan ja täten takaisinmaksuaika on melko lyhyt. Ongelmana tässä kohtaa voi tulla vanhan osan yläpohjan rakenne. Tällä hetkellä, kun siellä ei ole ollenkaan eristettä, yläpohjalle joutuu tekemään rakenteellisia muutoksia, jotta sinne voidaan asentaa uudet eristeet. Investoinnin hinta voi nousta arviotani korkeammaksi, jos yläpohjaan joutuu tekemään suurempiakin muutoksia. Tämä varmasti selviää, jos paikan päällä käy rakennusalan ammattilainen arvioimassa tilanteen.

Maalämmön avulla saadaan korkeat vuosittaiset säästöt energiassa, mutta investointina se on suuri ja tämän takia takaisinmaksuaika on noin 23 vuotta. Maalämmön vaihtamista ajatellen pitää heti alussa selvittää, onko alueelle mahdollista porata maalämmön energiakaivoja, koska moneen paikkaan se ei ole. Jos se ei ole alueella mahdollista, maalämmön vaihtoa ei voi toteuttaa. Vastaavasti ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi antaa vuositasolla hyvät säästöt, mutta se on investointina melko suuri eikä sitä kannata toteuttaa erillisenä remonttina. Tämä johtuu siitä, että ilmanvaihtokoneiden kanavointien takia joudutaan varmasti tekemään taloon rakenteellisia muutoksia ja ne tulevat kalliiksi, jos samaan aikaan ei toteuteta muitakin remontteja.

Saadut tulokset takaisinmaksuaikojen osalta voivat todellisuudessa vaihdella jonkin verran. Esimerkiksi maalämpöön vaihtamisen kustannus on arvioitu karkealla otannalla, joten todellisuudessa kustannus voi olla pienempi tai suurempi, jos sitä ruvetaan tarkemmin analysoimaan. Kustannusten tarkempi arvio on suositeltavaa toteuttaa jatkotutkimuksena, jotta voidaan olla täysin varmoja tulosten oikeellisuudesta ja luotettavuudesta. Esimerkiksi ovien ja ikkunoiden vaihdon tuloksia voidaan pitää luotettavina, koska niistä oli tarkempaa tilastotietoa saatavilla. Näin ollen voidaankin todeta, että tuloksien luotettavuudessa on hajontaa.

Ara eli asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus myöntää vuosittain Suomessa taloyhtiöille energia-avustuksia. Avustusta energiasäästötoimenpiteisiin voi saada, jos talon energiatehokkuutta pystytään erilaisilla muutoksilla parantamaan huomattavasti. Energia-avustukseen kannattaa tutustua ja selvittää, jos sitä on mahdollista saada. Energia-avustuksen myötä investointien hintaa saa taloyhtiön näkökulmasta alaspäin, joka voi vaikuttaa merkittävästikin takaisinmaksuaikoihin.


Myöskin aurinkopaneeleiden asennusta kannattaa tulevaisuudessa harkita. Tällä hetkellä Euroopassa on meneillään energiakriisi, jonka myötä sähkön hinta on pomppaamassa melko korkeaksi. Aurinkopaneleilla voidaan saada kiinteistön sähkönkulutuksesta leikattua paljonkin pois vuositasolla, eikä se myöskään ole investointina suurimmasta päästä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli saada taloyhtiön käyttöön raportti, jonka pohjalta he voivat lähteä tekemään päätöksiä mahdollisten investointien suhteen. Mielestäni tässä onnistuttiin, koska raportissa on riittävästi tietoa, jotta voi jo suoraan karsia muutamia toimenpiteitä ulos ja jatkon kannalta miettiä osaa niistä. Investointien hinnat tarkentuvat varmasti siinä vaiheessa, jos taloyhtiö kysyy yrityksiltä urakkatarjouksia. Rakennuksen osalta olisi ollut paljon muuta-kin tutkittavaa, mutta opinnäytetyön laajuuden rajoittamiseksi päädyttiin tarkastelemaan vain kyseisiä toimenpiteitä.

LÄHTEET

1. Jaakkola, T., Lindstedt, T. & Junnonen, J-M. 2010. Energiätehokas asuinkerrostalojen talotekniikkakorjaus. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.
2. Edita Publishing Oy. Säädökset. PDF-dokumentti. 28.12.2017. Saatavissa: <https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/sk20171048.pdf> [viitattu 5.9.2022]
3. Hautamäki, L. 70-luvun kerrostalon peruskorjaus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. 2018. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/153529/Hautamaki_Lauri.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 5.9.2022]
4. Lammi, T. Rakenteiden lisäeristämisen säästövaikutukset. Vaasan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. 2011. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31152/Ont_tuukkal.pdf?sequence=1 [viitattu 5.9.2022]
5. Etelä-Savon Energia. Kaukolämmön tuotehinnasto. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://ese.fi/files/ese/kaukol%C3%A4mm%C3%B6n%20tuotehinnasto%201.1.2022.pdf> [viitattu 5.9.2022]
6. Hotinen, H., Lindberg, R., Kivimäki, C. & Sahlstedt, S. 2020. Korjausrakentamisen kustannuksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.
7. Hotinen, H., Lindberg, R. & Kivimäki, C. 2020. Rakennusosien kustannuksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.
8. BHG Group. Autotallin ovet hinnasto. WWW.dokumentti. Saatavissa: <https://www.taloon.com/autotallinovat> [viitattu 5.9.2022]
9. Alma Media Oyj. Maalämpö taloyhtiöön. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.urakkamaailma.fi/maalampo-taloyhtioissa> [viitattu 5.9.2022]
10. Siikström, T. Asuinkerrostalon keskitetyn ja huoneistokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän hankinta- ja käyttökustannusvertailu. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Insinööri, Talotekniikka. 2018. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/143920/Siikstrom_Tommi.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 5.9.2022]
11. Oomi Oy. Sähkön hinta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://oomi.fi/sahko/sahkosopimukset/> [viitattu 13.2.2023]

Perusmalli energiaraportti

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
FIN YMa1010/2017Asuinkerrostalo Mallinnus perustuu vesiradiaattorijärjestelmään 70/40 lämpötiloilla, joka liitetty kaukolämmön alakeskukseen. Mallinnus YMa1010/2017 mukainen. -Vuotoilma YMa1010/2017 kohta 4.3.3 ja 2.3.2(tasauslaskennan mukainen vuoto, 5-kerroksinen rakennus) Mallinnusta täydennetty "YMohje ("D5") 2018" arvoilla seuraavasti: -"YMohje ("D5") 2018".1-3.3, rakenteiden väliset kylmäsilat (betoniset rakenteet) -KL-alakeskuksen vuosihyötysuhde ja sähkönkäyttö, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 7.1 (ja 7.2) -Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhde, "YMa ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämpimän käyttöveden häviöt "YMohje ("D5") 2018" kohta 6.3 (ei varaajaa). Kiertojohdon ominaispituus 0,20 m/m2. Kierron ja varastoinnin häviöistä 50 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä. LKV kokonaishäviöistä 45 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä.(Jakojohton häviöistä ei lämpöä hyödyksi) -Lämpimän käyttöveden pumpun sähkönkulutus "YMohje ("D5") 2018" kohdan 6.3.4 mukaisesti (kiertojohdon eristystaso 1,5*D) -Tasauslaskimeen(IDA-tuloste) kaikki lähtötiedot syötetään lämpimien tilojen mukaisilla arvoilla. Käyttäjän tulee itse täydentää ja tarvittaessa myös muuttaa tietoja tasauslaskentatulostukseen. -Halutessaan energiatodistustulosteen(IDA-tuloste) luokan 9 rakennukseen käyttäjä voi valita rakennuksen mallipohjaksi jonkun luokan 1-8 rakennuksista ja muuttaa sitä suunnittelutapausta vastaavaksi. Simuloinnin jälkeen käyttäjä voi sitten muuttaa rakennuksen käyttötarkoituksen luokan IDA-energiatodistustulosteen sivulle 1.		Model floor area	1689.9 m ²
Customer		Model volume	4297.7 m ³
Created by	Iiro Reinikainen	Model ground area	563.3 m ²
Location	Helsinki (Ref 2012)	Model envelope area	2413.9 m ²
Climate file	HKi-Vantaa_Ref_2012	Window/Envelope	5.9 %
Case	As Oy Metsonmökki (perusmalli)	Average U-value	0.7163 W/(m ² K)
Simulated	30.8.2022 22.17.00	Envelope area per Volume	0.5617 m ² /m ³


Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	5 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	3 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	7 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand	Primary energy	
	kWh	kWh/m ²	kW	kWh	kWh/m ²
Valaistus, kiinteistö	12445	7.4	1.42	14934	8.8
Jäähdytys	0	0.0	0.0	0	0.0
LVI sähkö	8728	5.2	1.0	10474	6.2
Total, Facility electric	21173	12.5		25408	15.0
Lämmitys, kaukolämpö	276586	163.7	94.86	138293	81.8
LKV, kaukolämpö	81121	48.0	9.26	40560	24.0
Total, Facility district	357707	211.7		178853	105.8
Total	378880	224.2		204261	120.9
Laitteet, asukas	33179	19.6	3.79	39815	23.6
Total, Tenant electric	33179	19.6		39815	23.6
Grand total	412059	243.8		244076	144.4

Uudet ikkunat ja ovet energiaraportti

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
FIN YMa1010/2017Asuinkerrostalo Mallinnus perustuu vesiradiaattorijärjestelmään 70/40 lämpötiloilla, joka liitetty kaukolämmön alakeskukseen. Mallinnus YMa1010/2017 mukainen. -Vuotoilma YMa1010/2017 kohta 4.3.3 ja 2.3.2(tasauslaskennan mukainen vuoto, 5-kerroksinen rakennus) Mallinnusta täydennetty "YMohje ("D5") 2018" arvoilla seuraavasti: -"YMohje ("D5") 2018" .1-3.3, rakenteiden väliset kylmäsilat (betonisat rakenteet) -KL-alakeskuksen vuosihyötysuhde ja sähkönkäyttö, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 7.1 (ja 7.2) -Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhde, "YMa ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämpimän käyttöveden häviöt "YMohje ("D5") 2018" kohta 6.3 (ei varaajaa). Kiertojohdon ominaispituus 0,20 m/m2. Kierron ja varastoinnin häviöistä 50 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä. LKV kokonaishäviöistä 45 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä.(Jakojohdon häviöistä ei lämpöä hyödyksi) -Lämpimän käyttöveden pumpun sähkönkulutus "YMohje ("D5") 2018" kohdan 6.3.4 mukaisesti (kiertojohdon eristystaso 1,5°D) -Tasauslaskimeen(IDA-tuloste) kaikki lähtötiedot syötetään lämpimien tilojen mukaisilla arvoilla. Käyttäjän tulee itse täydentää ja tarvittaessa myös muuttaa tietoja tasauslaskentatulostukseen. -Halutessaan energiatodistustulosteen(IDA-tuloste) luokan 9 rakennukseen käyttäjä voi valita rakennuksen mallipohjaksi jonkun luokan 1-8 rakennuksista ja muuttaa sitä suunnittelutapausta vastaavaksi. Simuloinnin jälkeen käyttäjä voi sitten muuttaa rakennuksen käyttötarkoituksen luokan IDA-energiatodistustulosteen sivulle 1.		Model floor area	1689.9 m ²
Customer		Model volume	4297.7 m ³
Created by	Iiro Reinikainen	Model ground area	563.3 m ²
Location	Helsinki (Ref 2012)	Model envelope area	2413.9 m ²
Climate file	HKi-Vantaa_Ref_2012	Window/Envelope	5.9 %
Case	As Oy Metsonmökki (uudet ikkunat ja ovet)	Average U-value	0.6735 W/(m ² K)
Simulated	30.8.2022 22.52.49	Envelope area per Volume	0.5617 m ² /m ³


Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	5 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	3 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	7 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand	Primary energy	
	kWh	kWh/m ²	kW	kWh	kWh/m ²
Valaistus, kiinteistö	12445	7.4	1.42	14934	8.8
Jäähdytys	0	0.0	0.0	0	0.0
LVI sähkö	8728	5.2	1.0	10474	6.2
Total, Facility electric	21173	12.5		25408	15.0
Lämmitys, kaukolämpö	264608	156.6	90.48	132304	78.3
LKV, kaukolämpö	81121	48.0	9.26	40560	24.0
Total, Facility district	345729	204.6		172864	102.3
Total	366902	217.1		198272	117.3
Laitteet, asukas	33179	19.6	3.79	39815	23.6
Total, Tenant electric	33179	19.6		39815	23.6
Grand total	400081	236.8		238087	140.9

Yläpohjan lisäeristys energiaraaportti

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
FIN YMa1010/2017Asuinkerrostalo Mallinnus perustuu vesiradiaattorijärjestelmään 70/40 lämpötiloilla, joka liitetty kaukolämmön alakeskukseen. Mallinnus YMa1010/2017 mukainen. -Vuotoilma YMa1010/2017 kohta 4.3.3 ja 2.3.2(tasauslaskennan mukainen vuoto, 5-kerroksinen rakennus) Mallinnusta täydennetty "YMohje ("D5") 2018" arvoilla seuraavasti: -"YMohje ("D5") 2018" .1-3.3, rakenteiden väliset kylmäsiilat (betonisit rakenteet) -KL-alakeskuksen vuosihyötysuhde ja sähkönkäyttö, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 7.1 (ja 7.2) -Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhde, "YMa ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämpimän käyttöveden häviöt "YMohje ("D5") 2018" kohta 6.3 (ei varaajaa). Kiertojohton ominaispituus 0,20 m/m2. Kierron ja varastoinnin häviöistä 50 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä. LKV kokonaishäviöistä 45 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä.(Jakojohton häviöistä ei lämpöä hyödyksi) -Lämpimän käyttöveden pumpun sähkönkulutus "YMohje ("D5") 2018" kohdan 6.3.4 mukaisesti (kiertojohton eristystaso 1,5 ^o D) -Tasauslaskimeen(IDA-tuloste) kaikki lähtötiedot syötetään lämpimien tilojen mukaisilla arvoilla. Käyttäjän tulee itse täydentää ja tarvittaessa myös muuttaa tietoja tasauslaskentatulostukseen. -Halutessaan energiatodistustulosteen(IDA-tuloste) luokan 9 rakennukseen käyttäjä voi valita rakennuksen mallipohjaksi jonkun luokan 1-8 rakennuksista ja muuttaa sitä suunnittelutapausta vastaavaksi. Simuloinnin jälkeen käyttäjä voi sitten muuttaa rakennuksen käyttötarkoituluokan IDA-energiatodistustulosteen sivulle 1.		Model floor area	1689.9 m ²
Customer		Model volume	4297.7 m ³
Created by	Iiro Reinikainen	Model ground area	563.3 m ²
Location	Helsinki (Ref 2012)	Model envelope area	2413.9 m ²
Climate file	HKi-Vantaa_Ref_2012	Window/Envelope	5.9 %
Case	As Oy Metsonmökki (yläpohjan lisäeristys)	Average U-value	0.3513 W/(m ² K)
Simulated	30.8.2022 23.24.00	Envelope area per Volume	0.5617 m ² /m ³


Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	6 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	3 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	7 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand	Primary energy	
	kWh	kWh/m ²	kW	kWh	kWh/m ²
Valaistus, kiinteistö	12445	7.4	1.42	14934	8.8
Jäähdytys	0	0.0	0.0	0	0.0
LVI sähkö	8728	5.2	1.0	10474	6.2
Total, Facility electric	21173	12.5		25408	15.0
Lämmitys, kaukolämpö	193123	114.3	80.11	96561	57.1
LKV, kaukolämpö	81121	48.0	9.26	40560	24.0
Total, Facility district	274244	162.3		137121	81.1
Total	295417	174.8		162529	96.2
Laitteet, asukas	33179	19.6	3.79	39815	23.6
Total, Tenant electric	33179	19.6		39815	23.6
Grand total	328596	194.5		202344	119.7

Maalämpö energiaraaportti

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
FIN YMa1010/2017Asuinkerrostalo Mallinnus perustuu vesiradiaattorijärjestelmään 70/40 lämpötiloilla, joka liitetty kaukolämmön alakeskukseen. Mallinnus YMa1010/2017 mukainen. -Vuotoilma YMa1010/2017 kohta 4.3.3 ja 2.3.2(tasauslaskennan mukainen vuoto, 5-kerroksinen rakennus) Mallinnusta täydennetty "YMohje ("D5") 2018" arvoilla seuraavasti: -"YMohje ("D5") 2018" .1-3.3, rakenteiden väliset kylmäsiilat (betoniset rakenteet) -KL-alakeskuksen vuosihyötysuhde ja sähkönkäyttö, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 7.1 (ja 7.2) -Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhde, "YMa ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämpimän käyttöveden häviöt "YMohje ("D5") 2018" kohta 6.3 (ei varaajaa). Kiertojohton ominaispituus 0,20 m/m ² . Kierron ja varastoinnin häviöistä 50 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä. LKV kokonaishäviöistä 45 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä.(Jakojohton häviöistä ei lämpöä hyödyksi) -Lämpimän käyttöveden pumpun sähkönkulutus "YMohje ("D5") 2018" kohdan 6.3.4 mukaisesti (kiertojohton eristystaso 1,5 ⁴ D) -Tasauslaskimeen(IDA-tuloste) kaikki lähtötiedot syötetään lämpimien tilojen mukaisilla arvoilla. Käyttäjän tulee itse täydentää ja tarvittaessa myös muuttaa tietoja tasauslaskentatulostukseen. -Halutessaan energiatodistustulosteen(IDA-tuloste) luokan 9 rakennukseen käyttäjä voi valita rakennuksen mallipohjaksi jonkun luokan 1-8 rakennuksista ja muuttaa sitä suunnittelutapausta vastaavaksi. Simuloinnin jälkeen käyttäjä voi sitten muuttaa rakennuksen käyttötarkoituksiluokan IDA-energiatodistustulosteen sivulle 1.		Model floor area	1689.9 m ²
Customer		Model volume	4297.7 m ³
Created by	Iiro Reinikainen	Model ground area	563.3 m ²
Location	Helsinki (Ref 2012)	Model envelope area	2413.9 m ²
Climate file	HKi-Vantaa_Ref_2012	Window/Envelope	5.9 %
Case	As Oy Metsonmökki (maalämpö)	Average U-value	0.7163 W/(m ² K)
Simulated	4.9.2022 17.46.36	Envelope area per Volume	0.5617 m ² /m ³


Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	5 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	3 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	7 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand	Primary energy	
	kWh	kWh/m ²	kW	kWh	kWh/m ²
Valaistus, kiinteistö	12445	7.4	1.42	14934	8.8
Jäähdytys	0	0.0	0.0	0	0.0
LVI sähkö	8728	5.2	1.0	10474	6.2
Sähkölämmitys, kiinteistö	107315	63.5	36.81	128778	76.2
LKV, sähkölämmitys	34214	20.3	3.91	41057	24.3
Total, Facility electric	162702	96.3		195243	115.5
Total	162702	96.3		195243	115.5
Laitteet, asukas	33179	19.6	3.79	39815	23.6
Total, Tenant electric	33179	19.6		39815	23.6
Grand total	195881	115.9		235058	139.1

Ilmanvaihto energiaraportti

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
FIN YMa1010/2017Asuinkerrostalo Mallinnus perustuu vesiradiaattorijärjestelmään 70/40 lämpötiloilla, joka liitetty kaukolämmön alakeskukseen. Mallinnus YMa1010/2017 mukainen. -Vuotoilma YMa1010/2017 kohta 4.3.3 ja 2.3.2(tasauslaskennan mukainen vuoto, 5-kerroksinen rakennus) Mallinnusta täydennetty "YMohje ("D5") 2018" arvoilla seuraavasti: -"YMohje ("D5") 2018".1-3.3, rakenteiden väliset kylmäsilat (betonisat rakenteet) -KL-alakeskuksen vuosihyötysuhde ja sähkönkäyttö, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 7.1 (ja 7.2) -Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhde, "YMa ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, "YMohje ("D5") 2018" taulukko 6.1 -Lämpimän käyttöveden häviöt "YMohje ("D5") 2018" kohta 6.3 (ei varaajaa). Kiertojohdon ominaispituus 0,20 m/m2. Kierron ja varastoinnin häviöistä 50 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä. LKV kokonaishäviöistä 45 % lasketaan hyödyksi tilojen lämmityksessä.(Jakojohtoon häviöistä ei lämpöä hyödyksi) -Lämpimän käyttöveden pumpun sähkönkulutus "YMohje ("D5") 2018" kohdan 6.3.4 mukaisesti (kiertojohtoon eristystaso 1,5 [°] D) -Tasauslaskimeen(IDA-tuloste) kaikki lähtötiedot syötetään lämpimien tilojen mukaisilla arvoilla. Käyttäjän tulee itse täydentää ja tarvittaessa myös muuttaa tietoja tasauslaskentatulostukseen. -Halutessaan energiatodistustulosteen(IDA-tuloste) luokan 9 rakennukseen käyttäjä voi valita rakennuksen mallipohjaksi jonkun luokan 1-8 rakennuksista ja muuttaa sitä suunnittelutapausta vastaavaksi. Simuloinnin jälkeen käyttäjä voi sitten muuttaa rakennuksen käyttötarkoituksen luokan IDA-energiatodistustulosteen sivulle 1.		Model floor area	1689.9 m ²
Customer		Model volume	4297.7 m ³
Created by	Iiro Reinikainen	Model ground area	563.3 m ²
Location	Helsinki (Ref 2012)	Model envelope area	2413.9 m ²
Climate file	HKi-Vantaa_Ref_2012	Window/Envelope	5.9 %
Case	As Oy Metsonmökki (ilmanvaihto)	Average U-value	0.7163 W/(m ² K)
Simulated	31.8.2022 0.17.58	Envelope area per Volume	0.5617 m ² /m ³

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	16 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	7 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	9 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand	Primary energy	
	kWh	kWh/m ²	kW	kWh	kWh/m ²
Valaistus, kiinteistö	12445	7.4	1.42	14934	8.8
Jäähdytys	0	0.0	0.0	0	0.0
LVI sähkö	5806	3.4	0.66	6967	4.1
Total, Facility electric	18251	10.8		21901	13.0
Lämmitys, kaukolämpö	219754	130.0	76.88	109877	65.0
LKV, kaukolämpö	81121	48.0	9.26	40560	24.0
Total, Facility district	300875	178.0		150437	89.0
Total	319126	188.8		172338	102.0
Laitteet, asukas	33179	19.6	3.79	39815	23.6
Total, Tenant electric	33179	19.6		39815	23.6
Grand total	352305	208.5		212153	125.5

AS OY METSONMÖKKI LASKELMAT

	Lämmitys Energian kulutus (kWh)	erotus (kWh)	säästö (e/vuosi)
Perusmalli	412059		
Uudet ikkunat ja ovet	400081	11978	860
Yläpohjan lisäeristys	328596	83463	5990
Maalämpö	195881	216178	10837
Ilmanvaihto	352305	59754	4289

	määrä (kpl)	purku €	uudet €	yhteensä €
Ikkunat	31	738	9873	10611
Ovet	6	121	6345	6466
				17078
Takaisinmaksuaika			19,9	vuotta

	määrä (m ²)	Yläpohjan lisärakenteet €	Lisä- eriste €	Yhteensä €
Yläpohjan lisäeristys	563	17847	5360	23207
Takaisinmaksuaika			3,9	vuotta

	yhteensä €
Maalämpö	250000
Takaisinmaksuaika	23,1 vuotta

	IV-koneet (kpl)	Huoneistokohtainen €	Yleiset tilat €	Yhteensä €
Ilmanvaihto	21+2	94500	15000	109500
Takaisinmaksuaika			25,5	vuotta