

Pasi Tikka

**LUHTITALON
KORJAUSSUUNNITELMA**
Energiasäästön näkökulma

Opinnäytetyö

Rakennustekniikka

2022



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä	Tutkinto	Aika
Pasi Tikka	insinööri (AMK)	Helmikuu 2022
Opinnäytetyön nimi		23 sivua
Luhtitalon korjaussuunnitelma energiasäästön näkökulma		
Toimeksiantaja		
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu		
Ohjaajat		
Anu Kuusela, Valtteri Perälähti		
Tiivistelmä		
<p>Työn tarkoituksena oli tutkia rakennuksen vaipan korjausten vaikutusta rakennuksen energian kulutukseen. Esimerkkirakennuksena tutkimuksessa oli kaukolämmöllä lämmitettävä 1992 valmistunut kolmikerroksinen luhtitalo.</p> <p>Asuintalojen energiankulutus on merkittävä Suomessa, koska vuodenaikakohtaisesti on taloja lämmitettävä 8–10 kuukautta ja Suomen energiasta kuluu talojen lämmitykseen noin 25 %. Lisäksi energianhinta on jatkuvassa nousussa ja energian vähäisempi käyttö säästää myös luonnonvaroja.</p> <p>Tutkimuksen teettäjä halusi tietää, kuinka paljon eri korjaukset maksaisivat ja mikä olisi niiden takaisinmaksuaika energiasäästöllä.</p> <p>Energiasäästöä tutkittiin laskennallisen ja toteutuneiden energiankulutusten avulla. Eri korjausvaihtoehdoille arvioitiin neliöhinnat ja korjausvaihtoehdoille laskettiin takaisinmaksuajat.</p> <p>Tutkimuksen perusteella ovien ja ikkunoiden nykyaikaistaminen maksaa itsensä takaisin kymmenessä vuodessa olettaen, että asennustyö tehdään huolella. Sen sijaan julkisivujen tai katon korjaus ei maksa itseään takaisin oletetun elinkaaren aikana, ellei energianhinta nouse todella rajusti.</p>		
Asiasanat		
korjaussuunnitelma, luhtitalo, energiasäästö		

Author (authors)	Degree	Time
Pasi Tikka	Bachelor of Engineering	February 2022
Thesis Title		23 pages
Repair Plan from point of view of energy saving		
Commissioned by		
South-Eastern Finland University of Applied Sciences		
Supervisor		
Anu Kuusela, Valtteri Perälähti		
Abstract		
<p>The purpose of the work was to investigate the effect of the repair of the building's envelope on a building's energy consumption. The target building was a three-story maisonette using district heating. It was completed in 1992.</p> <p>The energy consumption of residential buildings is significant in Finland, because seasonally, houses have to be heated for 8–10 months and about 25% of Finland's energy is used to heat houses. In addition, energy prices are constantly rising, and lower energy use also saves natural resources.</p> <p>The commissioner of the study wanted to know how much the various repairs would cost and what their payback period would be in terms of energy savings.</p> <p>Energy savings were studied using calculated and actual energy consumption. The price per square meter was estimated for the different repair options and the payback periods were calculated for the repair options.</p> <p>The results indicate that the modernization of doors and windows pays for itself in ten years, assuming that the installation work is done carefully. On the other hand, repairing facades or a roof will not pay for itself over its assumed life cycle unless the price of energy rises sharply.</p>		
Keywords		
repair, maisonette, energy saving		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS	5
2.1	Sisäilman lämpöolosuhteet.....	6
2.2	Vaipparakenteet.....	7
2.3	Energiankulutuksen laskeminen	8
2.4	Rakennusosien lämmönvastus	8
2.5	Korjausrakentamisessa vaadittavat määräykset ja ohjeet	9
2.6	Energiatehokkuuden parantaminen	10
2.7	Investointilaskelmat	11
3	TUTKIMUS	12
3.1	Rakennuksen energiankulutuksen laskenta ja normitus	13
3.2	Korjattujen rakenneosien energiankulutus ja laskennallinen energiansäästö	14
3.3	Investointilaskelmat eli korjauksien takaisinmaksuajat	16
4	TULOKSET, ANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET	18
5	JÄLKISANAT	20
	LÄHTEET	21
	TERMIT	22

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tarkastella 1990-luvulla rakennetun sivukäytävätilan eli *luhtitalon* korjaamisen vaikutusta energian säästöön. Tutkimuksessa on tarkasteltu energian kulutusta, korjattavien julkisivujen vaikutusta energian kulutukseen sekä sitä kautta muodostuviin vuosittaisiin kustannuksiin sekä mahdollisiin säästöihin. Aihe on ajankohtainen ja merkittävä energian tuotantoon liittyvien päästöjen sekä energian hinnan nousun takia. Jotta voimme vähentää energian tuotannossa syntyviä päästöjä, on meidän käytettävä energiaa vähemmän. Suomessa on noin 9 kuukautta vuodessa, jolloin taloja pitää lämmittää, joten energian merkitys asumisessa on huomattava. Suomessa käytettävästä energiasta kuluu talojen lämmittämiseen noin 25 %. Jotta energiaa kuluisi vähemmän lämmittämiseen, olisi lämmöntuotannon oltava hyötysuhteeltaan hyvä ja ennen kaikkea rakenteiden eristyskyky on oltava hyvä sekä ilmatiivis.

2 RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS

Energiaa tarvitaan rakennuksissa lähinnä käyttäjistä riippuvien tarpeiden tyydyttämiseen. Energiatehokkuus muodostuu tasapainoilusta teknisten ominaisuuksien, kustannusten, sisäilmaston ja lämpöviihtyvyyden välillä. Energiatehokkuuden parantamisessa on tärkeintä energiaa vaativien tarpeiden tyydyttämisen tehokkuus (RIL 2014, 193). Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan keskitytä järjestelmien tehokkuuteen vaan parantamaan rakennuksen rakenteita peruskorjauksen yhteydessä, jotta kokonaisenergian tarve olisi pienempi.

Vanhojen kaukolämmitteisten asuinkerrostalojen energiankulutusseurannassa käytetään yleisesti lämpöindeksiä, jossa todellisen lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden normeerattu vuosikulutus jaetaan rakennustilavuudella (kWh/m^3). Rakennusten laskennallinen vaipan (ulkoseinien ja katon) ja ilmanvaihdon energiatehokkuus määritetään laskemalla rakennuksille ominaislämpöhäviö (W/K). Tämä koko rakennuksen ominaislämpöhäviö jaetaan esimerkiksi lämmitetyllä nettoalalla, jolloin saadaan vertailukelpoinen rakennuksen kokoon suhteutettu ominaislämpöhäviö ($\text{W/K}\cdot\text{m}^2$). (RIL 2014, 196.)

Rakennuksen lämpöolosuhteiden, ilmanvaihdon, valaistuksen ja sähkölaitevarustuksen laatuaste vaikuttavat energiankulutukseen ja siten myös energiatehokkuuteen. Normaalisti korjauksen yhteydessä laatuastea nostetaan, mikä lisää energiankulutusta. Seurauksena voi olla, ettei lämmön kulutus vähene odotetulla tavalla, koska esimerkiksi ilmanvaihtomäärät kasvavat. (RIL 2014, 197.)

Huonetilojen lämmön tarpeesta osa tulee muualta kuin varsinaisesta lämmityksestä. Näitä lämpökuormia tulee mm. auringosta, sähkölaitteista, ihmisistä, lämpimästä käyttövedestä, saunoista sekä lämmönsiirtoputkista. Suuri osa näistä saadaan hyödyksi lämmityksessä, mutta lämmityskauden ulkopuolella suurin osa menee hukkaan. (RIL 2014, 198.)

Energiatehokkaissa taloissa on tärkeää välttää turhia lämpökuormia, koska ne vaikeuttavat sisälämpötilojen hallintaa ja aiheuttavat energiaa tuhlaavaa jäähtymistä. Hyvin eristetyissä taloissa lämmityskausi lyhenee, jolloin lisälämmöneristyksen tuoma hyöty pienenee, mitä enemmän taloa lisälämmöneristään. (RIL 2014, 199.)

Energiankulutuslaskelmissa otetaan huomioon vain ulkolämpötila sekä lämmitystarveluku. Jos halutaan laskea energiankulutusta tarkemmin, on otettava huomioon myös auringonpaiste, tuuli, viereiset rakennukset sekä puusto. (RIL 2014, 200.)

2.1 Sisäilman lämpöolosuhteet

Sisäilmalämpötilan muutos yhdellä asteella vaikuttaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutukseen noin 5 %. Karkeasti muutoksen voi arvioida keskimääräisestä sisä- ja ulkolämpötilan erosta. Lämmityskaudella keskimääräinen ulkolämpötila on noin 0 °C. Jos oletetaan sisälämpötilaksi 20 °C, yhden asteen lämpötilan muutos aiheuttaa 1/20:n eli 5 %:n muutoksen.

Sisälämpötila pyritään pitämään lämmityskaudella mahdollisimman alhaisena ilman lämpöviihtyvyyden liiallista heikentymistä. Lämpöviihtyvyyteen vaikuttavat voimakkaimmin ympärillä olevien pintojen lämpösäteily, sisäilman lämpö-

tila sekä sisällä liikkuvan ilman nopeus ja lämpötila. Lisäeristämällä rakennuksen vaippaa nostetaan sisäpintojen lämpötilaa, jolloin sisäilman lämpötilaa voidaan vähän laskea lämpöviivyyden huonontumatta.

Lämpöviivyyttä heikentää veto, joka voi syntyä esimerkiksi kylmistä ikkunapinnoista tai liian alhaisesta koneellisen ilmanvaihdon tuloilmasta, seinässä olevasta korvausilmaventtiilistä tai vuotavista ikkunantiivisteistä.

Suunnittelun tavoitteena on vähentää vetohaittoja, jolloin sisälämpötilaa voidaan laskea. Vetohaittoja voidaan pienentää esimerkiksi säätämällä ilmanvaihtoa tai laittamalla ikkunan alle lämmityspatteri. (RIL 2014, 200.)

2.2 Vaipparakenteet

Rakennusmääräysten mukaan rakennusvaipan ja sekä tilojen välisten rakenteiden tulee olla ilmanpitäviä eikä rakennuksen käyttäjille, rakenteille tai energiatehokkuudelle aiheudu merkittäviä haittoja (Siikanen 2014, 39). Korjauskentämisessä koko rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen perustuu hyvin lämmöneristettyihin ja ilmanpitäviin rakenteisiin (Ojanen ym. 2017, 8).

Rakennuksen vaipan energiankulutusta tarkastellessa tulee ottaa huomioon koko rakennuksen ominaislämpöhäviö. Tällöin optimoidaan vaipan osia, vuotoilmanvaihtoa sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa, jotta saadaan aikaan taloudellinen ja toimiva kokonaisuus.

Ominaislämpöhäviön avulla voidaan laskea rakennuksen lämpöhäviöitä eri ulkolämpötiloilla sekä arvioida energiankulutusjakaumaa. Todellisuudessa maanvaraisen alapohjan alla maa ei reagoi kovin nopeasti lämpötilojen vaihteluun, joten todellinen lämpöhäviö ei täysin vastaa laskennallista lämpöhäviötä. Ulkoseinien massiivisuus vaikuttaa erityisesti betonirakenteisissa taloissa siten, että auringon lämpö sitoutuu ulkoseinään ja vähentää lämpövirtaa sisältä ulos. Lämpö siirtyy viiveellä ulkopinnalta sisäpinnalle ja ulkopinta jäähtyy yön aikana, jolloin päivällä paistanut aurinko lämmittää sisätiloja vasta yöllä. Lisäksi ikkunoista sisään paistanut auringon lämpösäteily sitoutuu betonisiin alapohjiin sekä välipohjiin ja lämpö vapautuu näistä ilman viilennyttyä. Suurin

hyöty auringon lämmöstä saadaan, jos sisälämpötila saa nousta päivällä yli tavoitelämpötilan sekä laskea yöllä alle tavoitelämpötilan. Vaikutus saattaa olla jopa 5–10 % lämmitysenergian kulutuksesta. (RIL 2014, 201–203.)

2.3 Energiankulutuksen laskeminen

Kuntoarvion yhteydessä kerätään esimerkiksi kolmen edellisen vuoden ajalta rakennuksen lämmitysenergian, kiinteistösähkön ja käyttöveden kulutukset. Lämmitysenergian kulutus normitetaan vastaamaan paikkakunnan normaali-vuoden lämmitystarvelukua. Normitus esitetään ohjeessa Lämmitystarveluku (RTS 2019). Paikkakunnan normaalivuoden lämmitystarveluvut saa esimerkiksi Ilmatieteen laitokselta.

Luotettavia johtopäätöksiä kiinteistön energiataloudellisesta kunnosta ei voi tehdä pelkästään kulutustietoja vertaamalla. Energiankulutukseen vaikuttavat mm. rakennuksen koko, muoto, rakenteet, rakennusosat, tekniset järjestelmät, kiinteistönhoito ja tilojen käyttö (RTS 2019, 7–8).

2.4 Rakennusosien lämmönvastus

Kirjallisuudessa lämmönläpäisykerroin määritellään seuraavasti: ”Lämmönläpäisykertoimella U [$W/(m^2K)$] tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen” (Siikanen 2014, 50).

Lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan kaavalla (1) seuraavasti:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

jossa U = rakennusosan lämmönläpäisykerroin [$W/(m^2K)$]
 R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus [m^2K/W]

Lämpö voi johtua usean ainekerroksen läpi rakennusosan sisällä. Ainekerrosten paksuus ja lämmönjohtavuus voivat poiketa toisistaan. Yksittäisen ainekerroksen lämmönvastus (R) lasketaan ainekerroksen paksuuden (d) ja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon (λ) avulla kaavalla (2) seuraavasti:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (2)$$

jossa R = ainekerroksen lämmönvastus [m²K/W]
 d = ainekerroksen paksuus [m]
 λ = ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo [W/(mK)].

Rakennusosan lämpövirran suuntaan peräkkäisten ainekerrosten kokonaislämmönvastus (R_{τ}) lasketaan kaavalla (3) seuraavasti:

$$R_{\tau} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_{se} \quad (3)$$

jossa R_{τ} = rakennusosan kokonaislämmönvastus [m²K/W]
 R_{si} = sisäpuolen pintavastus [m²K/W]
 $R_1, R_2, \dots R_n$ = rakennusosan ainekerrosten 1,2, ... n lämmönvastukset [m²K/W]
 R_{se} = ulkopuolen pintavastus [m²K/W]

Jokaisen yksittäisen peräkkäisen ainekerroksen lämmönvastus ($R_1, R_2, \dots R_n$) lasketaan ainekerroksen paksuutta ja lämmönjohtavuutta käyttäen kaavasta (2) ja sijoitetaan kaavaan (3) (Siikanen 2014, 51).

2.5 Korjausrakentamisessa vaadittavat määräykset ja ohjeet

Uudisrakentamisessa rakennusosakohtaiset U-arvon vertailuarvovaatimukset Ympäristöministeriön uusimman asetuksen (1010/2017) mukaan ovat seuraavat:

- (lämmöneristetyille) seinille 0,17 W/m²K
- yläpohjalle ja ulkoilmaan rajoituvalle alapohjalle 0,09 W/m²K
- ryömintätilaan rajoituvalle alapohjalle 0,17 W/m²K
- maata vasten olevalle rakennusosalle 0,16 W/m²K
- sekä ikkunoille ja oville 1,0 W/m²K.

Korjausrakentaminen ja rakenteiden lämmöneristystason parantaminen ei ole käytännössä mahdollista kaikkien rakenteiden osalta. Siksi on sitäkin tärkeämpää pitää tavoitteena hyvää energiatehokkuutta niissä korjauksissa, joissa tämä on mahdollista. Ympäristöministeriön asetuksen (4/2013) 4. §:n mukaan korjausrakentamisessa riittää, että lämmöneristystaso paranee 50 % tai saavuttaa uuden rakennuksen arvon.

Hyvä lämmöneristystaso ei aiheuta kosteusongelmia tai lisää niiden esiintymistä korjausrakentamisessa, kun korjauksen suunnittelussa ja toteutuksessa otetaan huomioon olemassa olevan rakenteen lähtötilanne ja sen edellyttämät korjaukset. Korjausrakentamisessa haasteena on olemassa olevan rakennuksen tilanteen riittävän hyvä tunteminen. Tämä edellyttää muun muassa aiemmin tehtyjen korjausten ja muutosten sekä niiden vaikutusten kartoitusta rakennuksen toiminnan kannalta. (Ympäristöministeriö 2017.)

2.6 Energiatehokkuuden parantaminen

Rakennuksia korjataan niissä esiintyvien toiminnallisten puutteiden, vikojen tai vaurioiden takia. Ensimmäiseksi on selvitettävä vaurio ja vaurioon johtanut syy. Kun tunnemme viat ja niiden aiheuttamat vauriot, voimme suunnitella niiden korjausta sekä samalla voidaan suunnitella rakenteiden energiatehokkuuden parantamista. Pelkällä lisäeristyksellä ja uusitulla pintaverhouksella ei poisteta rakenteessa esiintyviä ongelmia. Jotta uusittu rakenne toimii kosteusteknisesti turvallisesti, on esimerkiksi yläpohjan riittävä ilma- ja höyrytiiviyys sekä yläpohjaontelon tuulettuvuus varmistettava valitsemalla tarkoituksenmukaiset korjaus- ja lisäeristämistavat.

Joissain korjaukset, joita on tehty yhteen rakennusosaan, voivat heikentää muiden rakennusosien, järjestelmien tai koko rakennuksen toimintaa, joten korjausten vaikutukset rakennuksen toimintaan kokonaisuutena on selvitettävä heti hankkeen alussa. Erityisesti on varmistettava ilmanvaihdon riittävyys korjauksen jälkeen. Kaikissa korjauksissa on arvioitava niiden vaikutukset rakennuksen toimintaan kokonaisuutena sekä muiden rakenneosien ja järjestelmien tuleviin korjauksiin.

Huolimatta korjausrakentamisen haasteista, korjauksissa pitäisi pyrkiä mahdollisimman energiatehokkaaseen lopputulokseen. Kun on selvitetty rakennuksen haasteet ja korjaustarpeet, on melko helppoa parantaa rakennuksen energiatehokkuutta samassa yhteydessä. Korjaamalla rakenteet riittävän energiatehokkaiksi, voidaan koko rakennuksen energiatehokkuutta parantaa helposti. Esimerkiksi uusitun julkisivun käyttöikä voi olla 50–100 vuotta, ja hyvällä lämmönpitävyydellä se säästää lämmitysenergiaa koko käyttöikänsä.

Energiatehokkuutta voidaan parantaa rakennusteknisesti esimerkiksi julkisivun, ylä- ja alapohjan lisälämmöneristämällä tai ikkunoiden ja ulko-ovien uusimisella. Tapauskohtaisesti on arvioitava toimenpiteiden kannattavuus ja suunniteltava huolellisesti huomioiden mm. rakenteiden senhetkinen kunto. Rakennuksen vaipan lisälämmöneristäminen ja Ikkunoiden uusiminen vaikuttavat aina rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimintaan sekä lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän säätöihin. (Ojanen ym. 2017, 8–9.)

2.7 Investointilaskelmat

Kirjallisuuden mukaan investointi määritellään seuraavasti: ”Investointeina pidetään menoja, jotka rahamäärältään ovat suuria ja joissa tulon odotusaika on pitkä” (Uusi-Rauva ym. 1993, 178). Näin ollen rakennuksen korjaamista tai perusparantamista voidaan pitää investointina, jossa tulo on vuosittainen energiansäästö.

Investointilaskelmien avulla vertaillaan eri vaihtoehtoja, selvitetään kannattavuutta sekä rahoituksen tarvetta, joten energiansäästön vaikutusta korjauksen kustannukseen ja rahoitustarpeeseen voidaan laskea investointilaskelmilla.

Takaisinmaksuajan menetelmä on yksinkertainen menetelmä, jossa ei huomioida korkoa ja sopii käytettäväksi, kun tuottojen kertymistä pitkällä tähtäyksellä on vaikea ennakoida. (Uusi-Rauva ym. 1993, 190–191.) Koska eri vuosien energiankulutus vaihtelee, niin joka vuosi ei saada samaa säästöä ja lisäksi energianhinnan korotukset vaihtelevat vuosittain. Tästä syystä mielestäni mikään korkoon perustuva laskentamenetelmä ei sovi tähän tutkimukseen. Energian hinnan nousua voi ennakoida jotenkin, mutta sään ennustaminen ei onnistu luotettavasti edes paria päivää pidemmälle. Emme tiedä, onko tulevaisuudessa erityisen kylmiä vai lämpimiä talvia ja tämä vaikuttaa suoraan energian kulutukseen. Lämpiminä talvina tarvitaan vähemmän lämmittämistä eli vähemmän energiaa, ja kylminä talvina on lämmitettävä rakennuksia enemmän, joten tarvitaan enemmän energiaa. Myös kylmät kesät lisäävät energian kulutusta.

3 TUTKIMUS

Tutkimus tehtiin lähdetietojen ja omien laskelmien pohjalta. Lähdetietoina käytettiin rakennuksen alkuperäisten piirustusten skannauksia, Granlund Saimaa Oy:n tekemiä kuntoraportteja sekä energiankulutustietoja vuosilta 2018, 2019 sekä 2020. Energiankulutustiedoissa oli kaukolämmön kulutus, sähköenergian kulutus sekä kylmän käyttöveden kulutus. Laskelmat tehtiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla.

Tutkimus aloitettiin perehtymällä piirustuksiin sekä jo tehtyihin kuntotutkimuksiin. Kuntotutkimusten perusteella kiireellisin korjauskohde on rakennuksen katto (Niemimuukko 2020). Omia kuntotutkimuksia en pitänyt tarpeellisena, koska tehtävänä ei ollut suunnitella korjauksia eikä niiden kiireellisyyttä. Piirustuksista laskettiin rakennusosien pinta-alat ja rakennusten tilavuudet (taulukko 1).

Taulukko 1. Rakennusten kerrosalat ja tilavuudet (1)

kerrosalat ja tilavuudet

asuinrakennus	2801,5 m ²	8940 m ³
huoltorakennus	146,0 m ²	440 m ³
pihavarasto (kylmä)	120,0 m ²	400 m ³
lämpimät tilat	2947,5 m ²	9380 m ³

Rakennuksen piirustuksista laskettujen pinta-alojen ja U-arvojen sekä rakennuskuvien perusteella laskettiin rakennusosien lämpöhäviöt (taulukko 2) käyttäen apuna rakennusfysiikan opintojaksolla tehtyä Excel-laskentataulukkoa. Ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöt saatiin rakentamisajankohdan lämmöneristysnormeista.

Taulukko 2. Rakennusosien pinta-alat, U-arvot ja ominaislämpöhäviöt (2)

	pinta-ala	U-arvo W/(m ² K)	Ominais- lämpöhä- viö W/K	% koko- nais- pinta- alasta
alapohja	810 m ²	0,32	259,2	18 %
yläpohja	857 m ²	0,54	462,8	19 %
luhtikäytäväseinä	953 m ²	0,30	285,9	21 %
päätyseinät	442 m ²	0,27	119,3	10 %
parvekeseinät	940 m ²	0,27	253,8	21 %
ikkunat	172 m ²	2,7	464,4	4 %
ulko-ovet	141 m ²	2,1	296,1	3 %
parvekeovet	121 m ²	2,1	254,1	3 %
yhteensä	4436 m ²			100 %
julkisivut	2769 m ²			62 %

Taulukosta (2) näkee muun muassa ikkunoiden ominaislämpöhäviön olevan samaa tasoa kuin yläpohjan, vaikka ikkunoiden pinta-ala on vain noin 1/5 yläpohjan pinta-alasta.

3.1 Rakennuksen energiankulutuksen laskenta ja normitus

Rakennuksen todellisesta kaukolämmön kulutuksesta vähennettiin lämpimän veden osuus sillä oletuksella, että vedenkulutuksesta lämmintä vettä on 40 % ja vesi lämmitetään lämpötilasta +5 °C lämpötilaan +55 °C. Tällöin vedenlämmityksen vaatima energiankulutus on 58 kWh/m³. Lämpimän veden kulutukseksi laskettiin vuosien 2018–2020 keskiarvoksi 22,3 kWh/m², joka on asuinkerrostalojen vuosikulutuksen alarajoilla (Ojanen ym. 2017, 17). Rakennuksen suhteellisen pieni vedenkulutus johtuu siitä, että asukkaat ovat yliopiston opiskelijoita sekä tutkijoita ja osa heistä ei asu kohteessa kesäaikoina. Rakennuksen eri rakenneosille (seinät, yläpohja eli katto, alapohja, ikkunat sekä ovet) laskettujen lämpöhäviöiden ja säätietojen perusteella jokaiselle rakenneosalle laskettiin energiankulutus. Rakennuksen kokonaisenergian kulutukseksi saatiin 122 kWh/m², joka on sinänsä hyvä tuon ajan taloksi (Ojanen ym. 2017, 17).

Taulukko 3. Rakennusosien energiankulutus (3)

Rakennusosa	pinta- ala [m ²]	U-arvo [W/(m ² K)]	Ominaislämpöhäviö [W/K]	Vuodessa läpimenevä energia [MWh]
alapohja	810	0,32	259	29
yläpohja	857	0,54	463	51
luhtikäytävä	953	0,30	286	32
päädyt	442	0,27	119	13
parvekeseinät	940	0,27	254	28
ikkunat	172	2,70	464	51
ulko-ovet	141	2,10	296	33
parvekeovet	121	2,10	254	28

Jotta rakennuksen energiankulutukset vuosilta 2018, 2019 sekä 2020 olisivat vertailukelpoisia keskenään, ne normitettiin. Normitus laskettiin Motivan ohjeen mukaan käyttäen Ilmatieteen laitokselta saatujen vuosien 1971–2000 kuukausikeskilämpötiloja sekä kuukausikohtaisia lämmitystarvelukuja. Lopuksi todellisista sekä normitetuista energiankulutuksista laskettiin keskiarvot.

3.2 Korjattujen rakenneosien energiankulutus ja laskennallinen energiansäästö

Rakennusosille laskettiin energiankulutus nykyisten lämmöneristysnormien mukaan sekä laskettiin laskennallinen energiansäästö (taulukko 4) verrattuna rakennusosien nykyiseen laskennalliseen energiankulutukseen.

Taulukko 4. Rakennusosien laskennallinen säästö nykyisillä lämmöneristysnormeilla (4)

Rakennusosa	pinta- ala [m ²]	U-arvo [W/(m ² K)]	Ominaislämpöhäviö [W/K]	Laskennallinen säästö [MWh]	Säästö-% kokonaissääs- töstä
alapohja	810	0,16	130	14	12 %
yläpohja	857	0,09	77	9	7 %
luhtikäytävä	953	0,17	162	18	16 %
päädyt	442	0,17	75	8	7 %
parvekesei- nät	940	0,17	160	18	15 %
ikkunat	172	1,00	172	19	17 %
ulko-ovet	141	1,00	141	16	14 %
parvekeovet	121	1,00	121	13	12 %

Laskennallinen energian säästö kerrottiin arvioidulla energianhinnalla 150 €/MWh, jolloin saatiin laskennallinen yhden vuoden energiansäästö euroissa (taulukko 5). Laskelmat koottiin yhteen taulukkoon.

Taulukko 5. Rakennusosien laskennallinen vuosisäästö euroina energianhinnan ollessa 150 €/MWh (5)

rakenneosa	energiansäästö / vuosi [MWh]	säästö	
		€ / vuosi	€/m ² /vuosi
alapohja	14	2152	2,7
yläpohja	43	6403	7,5
luhtikäytävä	14	2057	2,2
päädyt	5	734	1,7
parvekeseinät	10	1561	1,7
ikkunat	32	4855	28,2
ulko-ovet	17	2575	18,3
parvekeovet	15	2210	18,3
kerrosala	150	22546	8,0
energianhinta		150 €/MWh	

Taulukosta (5) nähdään, että esimerkiksi ikkunoiden vaihtaminen nykyaikaisiin säästää energiaa 32 MWh vuodessa, joka on 4855 euroa vuodessa, kun energianhinta on 150 €/MWh. Päätyseinien korjaaminen vastaamaan nykyisiä lämmöneristysmääräyksiä säästää vain 734 euroa vuodessa. Viimeisestä sarakkeesta nähdään säästö laskettuna rakennusosan pinta-alalle. Ikkunoiden uusiminen säästää vuodessa 28,2 euroa ikkunaneliometriä kohden. Koko rakennuksen korjaaminen säästäisi 22500 euroa vuodessa.

Toinen laskentakierros tehtiin energianhinnalla 200 €/MWh, jolloin saatiin laskennallinen yhden vuoden energiansäästö euroissa (taulukko 6).

Taulukko 6. Rakennusosien laskennallinen vuosisäästö euroina energianhinnan ollessa 200 €/MWh (6)

rakenneosa	energiansäästö / vuosi [MWh]	säästö € / vuosi	€/m ² /vuosi
alapohja	14	2869	3,5
yläpohja	43	8537	10,0
luhtikäytävä	14	2743	2,9
päädyt	5	978	2,2
parvekeseinät	10	2081	2,2
ikkunat	32	6473	37,6
ulko-ovet	17	3434	24,4
parvekeovet	15	2947	24,4
kerrosala	150	30062	10,7
energianhinta		200 €/MWh	

Energianhinnan ollessa korkeampi säästöjä tulee enemmän. Energiansäästöistä laskettiin vielä keskiarvot todellisen sekä normitetun kulutuksen mukaan. Näitä keskiarvoja käytettiin jatkolaskelmissa.

3.3 Investointilaskelmat eli korjausten takaisinmaksuajat

Jotta korjausinvestoinnille saadaan laskettua takaisinmaksuajat, on arvioitava korjausten hinnat. Helpointa on käyttää neliöhintoja eli euroja korjattavan rakennusosan pinta-alaa kohden. Tutkimukseen valittiin 100 euroa / rakennusosan neliometri (taulukko 7) sekä 200 euroa / rakennusosan neliometri, joilla saadaan ovet ja ikkunat uusittua sekä rakennuksen vaippaan tehtyä pieniä korjauksia. Nämä pienet korjaukset eivät todennäköisesti kuitenkaan säästä niin paljoa energiaa, kuin laskelmat olettavat, koska ne ovat lähinnä yläpitokorjauksia sekä elinkaarensa päässä olevien osien vaihtoa uusiin, eikä tällä investoinnilla saa esimerkiksi julkisivun lisäeristystä tehtyä.

Suurempia korjauksia varten valittiin 1000 euroa / rakennusosan neliometri, jolla korjataan rakennusosat kunnolla, sekä 2400 euroa / kerrosalan neliometri, jolla uusitaan koko rakennus.

Taulukon alin rivi ”kerrosala” tarkoittaa korjausten hintaa kerrosalaa kohden. Muut rivit tarkoittavat esimerkiksi alapohjan korjausta 100 euroa alapohjan neliometrille, jolloin takaisinmaksuaika olisi 27 vuotta, ja 200 euron korjaushinta alapohjan neliometrille maksaisi itsensä takaisin 54 vuodessa edellyttäen, että alapohjan lämmönvastus olisi nykymääräysten mukainen korjauksen jälkeen. Rakennuksen uudelleen rakentaminen maksaisi itsensä takaisin 282 vuodessa, kun energian hinta on 150 €/MWh.

Taulukko 7. Rakennusosien korjauksen takaisinmaksuajat, kun energian hinta on 150 €/MWh (7)

korjauseurot /rakenneosan m ²	100 €	200 €	500 €	1 000 €	2 400 €
rakenneosa	takaisinmaksuaika vuosina				
alapohja	27	54	135	271	
yläpohja	33	66	166	331	
luhtikäytävä	26	52	130	260	
päädyt	26	52	130	260	
parvekeseinät	26	52	130	260	
ikkunat	4	8	19	38	
ulko-ovet	4	9	21	43	
parvekeovet	4	9	21	43	
kerrosala	12	24	59	118	282
energian hinta	150 €/MWh				

Rakennuksen korjauksien takaisinmaksuajoista laskettiin toinen taulukko, jossa käytettiin energianhintana 200 €/MWh.

Taulukko 8. Rakennusosien korjauksien takaisinmaksuajat, kun energianhinta on 200 €/MWh (8)

korjauseurot /rakenneosan m ²	100 €	200 €	500 €	1 000 €	2 400 €
rakenneosa	takaisinmaksuaika vuosina				
alapohja	20	41	101	203	
yläpohja	25	50	124	249	
luhtikäytävä	20	39	98	195	
päädyt	20	39	98	195	
parvekeseinät	20	39	98	195	
ikkunat	3	6	14	28	
ulko-ovet	3	6	16	32	
parvekeovet	3	6	16	32	
kerrosala	9	18	44	88	212
energian hinta	200 €/MWh				

Taulukkoja (7) ja (8) vertailemalla huomaamme takaisinmaksuaikojen lyhentyvän huomattavasti.

4 TULOKSET, ANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulosten analysointia vaikeuttaa rakennustarvikkeiden sekä energian hinnan nousu. Rakennustarvikkeiden hinta voi olla puolen vuoden päästä useita kymmeniä prosentteja suurempi, samoin energian hinta. Korjaaminen tapahtuu puolesta vuodesta vuoteen suunnitteluajankohdasta, ja siinä ajassa voi rakennustarvikkeiden hinta nousta paljonkin, kuten nähtiin vuonna 2021. Lisäksi energian hinnan arviointia vaikeuttavat erilaiset sopimukset, sekä se, onko kyseessä pitkäaikainen kiinteähintainen sopimus vai perustuuko hinnoittelu niin sanotusti päivän hintaan. Kaukolämmön hinnoittelu riippuu suurimmasta vesivirrasta, jolloin talven kulutuksen huippupiikin mukaan hinnoitellaan koko vuosi. Lisäksi investointien tarkempi laskenta vaatisi energiatekniikan osaamista sekä lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän uudelleen mitoitusta, jotta tulevaisuuden energiankulutus voitaisiin laskea tarkemmin. Tulokset on laskettu olettaen energianhinnan olevan 150 €/MWh sekä 200 €/MWh, ja uudet säästölukemat saa helposti muuttamalla taulukon energian hinnan arvoa. Toinen vaihtoehto olisi ollut käyttää jotain laskentaohjelmistoa apuna, mutta koin kuitenkin mielekkäämpänä tehdä laskelmia Excelillä.

Laskennan perusteella ikkunoiden ja ovien vaihtaminen nykyaikaisiin olisi kannattava investointi 4–10 vuoden aikana, mutta julkisivujen ja yläpohjan korjaaminen ei tuo riittävää säästöä, jotta investointi maksaisi itsensä takaisin energiansäästönä alle 50 vuodessa eli julkisivun tai yläpohjan oletetun elinkaaren aikana. Julkisivut ja erityisesti katto ovat tulleet käyttöikänsä päähän, ja ne on korjattava joka tapauksessa lähivuosina. Tosin sadan tai kahden sadan euron neliöhinnalla ei niin suuria korjauksia tehdä, jotta energiansäästöä tulisi riittävästi. Taulukon oletus on, että korjauksen jälkeen rakenteen lämmönvastus vastaa nykyisiä uuden rakennuksen arvoja ja aivan pienissä investoinneissa ei rakenteen lämmönvastus parane niin paljoa.

Yläpohjasta osa on luhtikäytävän päällä, jolloin sen osan lämmöneristyksellä ei ole merkitystä lämmityskustannuksiin, koska luhtikäytävien sivut ovat avonaisia ja luhtikäytävä on ilman lämmitystä. Yläpohjan korjaamisen kustannusvaikutus tulee yläpohjan koko pinta-alalle, mutta vain osa yläpohjasta säästää energiaa.

Kun rakennusta korjataan vastaamaan nykyaikaa, usein myös uusitaan lämmitys-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmät, jotka saattavat kuluttaa enemmän energiaa kuin aiemmin, joten energiansäästö jää pienemmäksi, kuin tässä on laskettu. Ilmanvaihtoa on parannettava ilmavirtojen lisäyksellä, joka syö osan energiansäästöstä. Ilmanvaihtoon sekä lämmitykseen ei tässä tutkimuksessa otettu kantaa enempää, koska ala ei kuulu tutkimuksen tekijän ydinosaamiseen ja tutkimuksesta olisi näin tullut myös aivan liian laaja. Energiansäästöä pienentää myös paremman eristyksen tuoma lyhyempi lämmityskausi, jolloin rakennuksen lämpökuormia voidaan käyttää paremmin hyödyksi. Valaisimien uusiminen vähemmän energiaa kuluttaviksi pienentää valaisimista tulevia lämpökuormia ja tämä poisjäävä lämmitysvaikutus pitää korvata varsinaisella lämmityksellä. Lisäksi rakenteiden parempi lämmöneristävyys saattaa tarkoittaa jäähdytystarvetta lämpiminä ajanjaksoina, mikä taas lisää energian kulutusta.

Loppupäätelmänä todetaan, että rakenteiden korjaamisella tai uusimisella ei saada niin paljoa säästöjä asuinkerrostalossa, että korjaamisesta saatavilla säästöillä voitaisiin maksaa korjaamisen kulut kiinteistön oletettuna käyttöai-

kana. Vain ovien ja ikkunoiden uusiminen on tuottava investointi, tosin edellyttäen että asennustyö tehdään kunnolla ja liittymät julkisivuun ja muihin rakenteisiin ovat tiiviit ja ilmanpitävät.

Rakennuksella on ikää jo 30 vuotta ja perusparannus on tulossa ajankohdaiseksi. Korjauksia miettiessä kannattaa pitää mielessä energiatehokkuus ja suunnitella korjaukset kokonaisuutena. Rakennuksen korjaaminen energiatehokkaaksi riippuu paljon myös toteutuksesta, jotta rakenteet saadaan tiiviiksi ja ilmanpitäviksi.

Jatkotutkimuksen aiheena voisi olla erilaisten korjausten tarkempi suunnittelu kokonaisuutena, mukaan lukien lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmien mitoitus ja niiden vaikutus energiankulutukseen.

5 JÄLKISANAT

Projekti oli mielenkiintoinen mutta laaja, joten jouduin supistamaan tutkimusta moneen kertaan. Tämä tutkimus tuotti ainakin itselleni työkalun, jolla voi laskea energiankulutusta rakenneosittain sekä korjausten tuomaa laskennallista säästöä.

Energianhinta on näinä päivinä rajussa nousussa, mutta rakennustarvikkeiden hinnannousu on tasaantunut, joten pidemmän aikavälin laskelmien teko on todella haastavaa.

Rakennuksen kunnostaminen ja ylläpito on moniammatillista yhteistyötä, koska pienentyneen energiantarpeen myötä rakennuksen lämmittämiseen riittävät pienemmät tehot. Tosin ilmanvaihdon parantaminen syö energiansäästöä ja energiatehokkuuden parantaminen pitää nähdä kokonaisvaltaisesti eikä vain optimoida yhtä osatekijää.

LÄHTEET

RIL 2014. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry (2014). RIL 255-1-2014 Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki 2014.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I. 1993. Teollisuustalous. Toinen painos. Tammer-Paino. Tampere.

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovellukset. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Ojanen, T., Nykänen, E., Hemmilä, K. 2017. Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Opas.

RTS. 2019. Rakennustietosäätiö RTS. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. RT 103003. Ohjekortti.

Niemimuukko J. 2020. Laserkatu 3 Kuntotutkimus. Granlund Saimaa Oy. Lappeenranta.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017

TERMIT

energiakatselmus	systemaattinen rakennuksen lämpö- ja sähköenergian kulutuksen ja käytön tarkastus. Energiakatselmuksen ohjeistaa Motiva.
energiatehokkuus	energian tehokasta käyttöä ja kasvihuonekaasujen vähentämistä kustannustehokkaalla tavalla.
ilmanvaihto	rakennuksen sisäilman vaihtamista ulkoilmaan ja ilman puhdistamista.
korjausrakentaminen	toimintaa, jolla rakennuksen tai sen osien kuntoa ylläpidetään tai parannetaan vastaamaan käyttötarkoitusta.
kuntoarvio	aistinvarainen systemaattisen toimintamallin mukaan tehty tarkastus, jonka tavoitteena on rakennuksen kunnan ja tulevan korjaustarpeen arviointi.
kuntotutkimus	mittauksiin ja mm. laboratoriotutkimuksiin perustuva kunnan selvitystapa. Kuntotutkimuksen perusteella saadaan tarkka tieto tutkittavan kohteen kunnosta, vaurion syistä ja laajuudesta sekä mahdollisista kunnostus tai uusimisvaihtoehdoista. Tärkeimmille kuntotutkimuksille on laadittu ohjeet.
käyttöaika	aikaväli vuosina, jona kohdetta käytetään. Rakennusosan, laitteen tai järjestelmän käyttöaika on aika, jona se täyttää sille asetetut vaatimukset käytön, kestävyys-, ajanmukaisuuden ja taloudellisuuden suhteen.
luhtitalo	lähinnä pienasuntoja sisältäviä sivukäytävätaloja on rakennettu 1970-luvulta lähtien.

lämmönjohtavuus	(λ = lamda) ilmoittaa lämpömäärän, joka siirtyy sekunnissa neliömetrin ja metrin paksuisen homogeenisen ainekerroksen läpi, kun pintojen välinen lämpötilaero on 1°C tai 1K.
lämmön johtuminen	lämmön siirtymistä aineen sisällä.
lämmitystarveluku	korjaa toteutuneita lämmitysenergiankuluksia, jotta voidaan verrata toisiinsa saman rakennuksen eri kuukausien tai vuosien kulutuksia tai eri osissa maata olevien rakennusten kulutuksia. Lämmitystarveluvun käyttö rakennuksen lämmitysenergian tarpeen laskemisessa perustuu siihen, että rakennuksen energiankulutus on likipitään verrannollinen sen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen kunkin kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus.
perusparannus	korjausrakentaminen, jolla rakennus muutetaan entistä paremmin tarkoitukseensa soveltuvaksi.
rakennusosa	rakennuksen osa, esimerkiksi yläpohja eli katto.
riskirakenne	rakenne, joka on altis vaurioitumiselle.
suunniteltu käyttöikä	rakenteelle määritelty käyttöikä, jonka rakenne kestää.
takaisinmaksuaika	aika vuosina, jonka jälkeen investoinnin tuottamat hyödyt tai säästöt ovat yhtä suuret kuin investoinnin kustannukset.
U-arvo	rakenteen lämmönläpäisy. Arvo perustuu rakenteen eri rakenneosien lämmönläpäisykertoimeen.