



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Mika Kaalikoski

1990-luvun omakotitalon talotekniikan päivitys 2020-luvulle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

28.02.2021

Tekijä Otsikko	Mika Kaalikoski 1990-luvun omakotitalon talotekniikan päivitys 2020-luvulle
Sivumäärä Aika	42 sivua 28.2.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Seppo Innanen
<p>Insinööritöön tarkoituksena oli selvittää 20–30 vuotta vanhan omakotitalon talotekniikan päivittämistä vastaamaan nykyaikaisia tarpeita ja antaa lukijalle käsitys suomalaisesta pientaloasumisesta. Työssä tarkasteltiin tapoja vaikuttaa pientalon energiankulutukseen parantamalla ilmanvaihtoa, lämmitystä, sekä rakenteita. Tarkoituksena oli myös tarjota omakotitalossa asuvalle tukea mahdollisten korjaushankkeiden suunnitteluun ja aikataulutukseen hyödyntämällä suunnitelmallista talokirjan ylläpitoa.</p> <p>Tarkasteltavina kohteina tässä työssä käytettiin kahta erilaista 90-luvun omakotitaloa. Talo A on esimerkki yksilöllisestä arkkitehdin suunnittelemaasta rakennuksesta, jossa jo alusta saakka panostettiin kestäviin ratkaisuihin. Talo B taas edustaa hyvin tyypillistä puurunkoista elementtitaloa, joka täytti aikansa määräykset, mutta jossa kaikesta huokuu kustannustehokkuus.</p> <p>Tarkasteltaviin kohteisiin tehtiin laskelmat vuotuisesta energiantarpeesta sekä vertailtiin erilaisia energiatehokkuuden parantamistapoja. Muutosten kannattavuutta arvioitiin käyttämällä kaupallista energiatehokkuuslaskenta ohjelmaa sekä omaa kassavirran nykyarvomenetelmään pohjaavaa Excel-laskentaa. Suurin osa tämän työn laskelmista ja parannusehdotuksista keskittyy talo B:n tilanteen parantamiseen.</p> <p>Olenaisina tuloksina selvisi, että parhaiten olemassa olevan rakennuksen energiatehokkuutta parannetaan keskittymällä lämmityksen ja ilmanvaihdon parantamiseen. Rakenteellisten muutosten takaisinmaksuaika osoittautui todella pitkäksi. Esimerkiksi ovien ja ikkunoiden vaihtoa on vaikea perustella pelkällä energiatehokkuudella tai kannattavuuslaskelmalla.</p> <p>Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa, kun talo B:n hakema ELY-keskuksen tukipäätös öljylämmityksestä luopumiseksi saadaan ja päästään tekemään lopullisia päätöksiä lämmitysmuodon vaihtamisesta. Insinööritöössä kohteeseen B tehtyjen Talokirjan ja PTS:n laatiminen auttaa myös varmasti uusien hankkeiden suunnittelussa ja budjetoinnissa. Kun suunniteltujen toimenpiteiden kokonaisvaikutukset ymmärretään paremmin, on helpompi myös priorisoida tulevia toimenpiteitä. Vaikka kiinteistön huolto- ja korjaussuunnitelmat ovat yleensä lähtökohdiltaan teknistaloudellisia, niin muutoksia suunniteltaessa tulisi aina huomioida myös toimenpiteiden vaikutus asumismukavuuteen. Omakotitalon tehtävänä on kuitenkin olla koti.</p>	
Avainsanat	pientalo, talotekniikka, talokirja, energiatehokkuus

Author Title Number of Pages Date	Mika Kaalikoski Updating the Building Services Engineering of 1990s Detached House to 2020s 42 pages 28 February 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC engineering
Instructors	Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to study how the building services systems of a 20 to 30-year-old single family house can be updated to meet modern requirements, as well as to provide an overview of single family living in Finland. Furthermore, the thesis aimed at promoting the knowledge about and usage of the house maintenance book, a tool that supports long term planning and budgeting of house maintenance.</p> <p>The final year project suggested various changes and improvements to the ventilation, heating and structural systems of detached houses. The impacts of the changes were evaluated by comparing the results of energy efficiency and profitability calculations for each case.</p> <p>The results showed that for an existing building, the best energy saving results were achieved by investing in the improvement of the ventilation and heating systems. According to the calculations, the payback time of structural changes was very long. Thus, they were uneconomical investments.</p> <p>The results can be utilized to finalize an ongoing overhaul of the heating system in a house studied in the thesis as well as possible. Moreover, the maintenance book made for the house in the thesis will assist in planning and budgeting future improvements.</p>	
Keywords	detached house, building service systems, energy efficiency, maintenance book

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimusmenetelmät	2
3	1990-luvun pientalorakentaminen	3
3.1	Pientalot ja omakotiasuminen Suomessa	3
3.2	Pientalojen energiakulutuksen muutos	6
4	Talokirja ja huoltojen suunnitelmallisuus	8
4.1	Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje	8
4.2	Talokirjan ja PTS:n käyttö	9
4.2.1	Kunnossapito	9
4.2.2	Kunnossapitotarpeen selvitys	10
4.2.3	Kuntoarvio	10
4.2.4	Kuntotutkimus	13
4.2.5	Huoltokirja	14
4.2.6	Kunnossapitosuunnitelma	15
4.3	Energiatodistus ja E-luku	17
5	Mallitalojen kuvaus	21
5.1	Talo A	21
5.2	Talo B	23
6	Energiatehokkuuden parantaminen talo B:ssä	24
6.1.1	Laskennan lähtötiedot	24
6.1.2	Ilmanvaihdon uusiminen poistoilmapuhaltimesta lämmöntalteenottojärjestelmään	27
6.1.3	Ilmalämpöpumpun lisäys	29
6.1.4	Öljylämmityksestä luopuminen	31
6.1.5	Rakenteellisia muutoksia	35
6.1.6	Hulevesi- ja salaojajärjestelmät	36

7	Sähköisen talotekniikan muutos talo B:ssä	38
8	Pohdinta	39
	Lähteet	41

Lyhenteet

DCF	Diskontattu kassavirta, Discounted cash flow,
E-luku	Energiatehokkuusluku
IFC	Industry Foundation Classes. Tietomalliohjelmistojen yhteinen mallien kuvaustapa.
LTO	Lämmöntalteenotto. Ilmanvaihtolaitteen ominaisuus hyödyntää sisäilman lämpöä tuloilman lämmitykseen
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
PTS	Pitkän tähtäimen suunnitelma
RakMK	Rakentamismääräyskokoelma
RYL	Rakennusalan yleiset laatuvaatimukset
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin.
VILP	Vesi-ilmalämpöpumppu. Lämpöpumppu, joka siirtää ilmasta saadun lämpöenergian lämmityksessä käytettävään veteen

1 Johdanto

Insinööritöiden tavoitteena on selvittää n. 20–30-vuotiaan omakotitalon talotekniikan modernisointia vastaamaan nykypäivän vaatimuksia. Termiä talotekniikka käytetään yleisesti kuvaamaan kiinteistön teknisten järjestelmien ja laitteiden kokonaisuutta. Tässä opinnäytetyössä on aluksi selvitetty yleisesti omakotiasumisen laajuutta ja omakotitalojen energian käyttöä Suomessa sekä potentiaalista korjaustarvetta. Omakotitaloa tarkastellaan tässä työssä kokonaisuutena, jonka keskeisen taloteknisen osan muodostavat LVI-tekniikka ja sähkötekniikka. Rakennustekniikkaa työssä tarkastellaan energiatehokkuuden parantamisen ja mahdollisten korjaustarpeiden ennakkoinnin kannalta.

Omakotitalojen rakentaminen oli vilkkaimmillaan 1980-luvulla, mutta 1990-luvulle tultaessa asuntokupla ja lama hidastivat omakotirakentamisen lähes 60-luvun tasolle. 1990-luvun taloudellisten vaikeuksien seurauksena alettiin kehittämään myös rakentamisen laatua. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto yleistyi, kevytsora- ja kevytbetonirakenteisia rakennuksia alettiin rakentaa ja salaojien ja sadevesien ohjauksen tarpeellisuuteen kiinnitettiin aiempaa enemmän huomiota. Koko Suomi huomioiden meillä on noin 1,1 miljoonaa pientaloa, joista n. 10 % on rakennettu 90-luvun aikana.

Omakotitaloja on monenlaisia eikä yksittäistä, kaiken kattavaa esimerkkitaloa sellaiseenaan kaikeksi ole. Esittelen tässä työssä kaksi erilaista omakotitaloa. Ensimmäinen on arkkitehdin ja asukkaiden yhteistyönä suunniteltu ja rakennettu jo alkuaan vastaamaan hyvin tulevaisuuden vaatimuksiin. Toinen on ns. valmistalo, jossa on lähinnä täytetty aikakautensa normit ja vaatimukset. Tässä opinnäytetyössä on keskitytty soveltamaan muutoksia taloon B eli 90-luvun aikakaudelle tyypilliseen talopakettiesimerkkiin. Tämän opinnäytetyön ajatuksena on myös antaa tukea mahdollisten korjaushankkeiden suunnitteluun ja aikataulutukseen sekä vahvistaa asuntoyhtiö- ja liikekiinteistöjen puolelta tutun kiinteistönpitokirjan hyödyntämistä myös omakotiasumisessa.

Tässä insinöörityössä esitettyjen E-luku- ja kannattavuuslaskelmien tekemiseen on käytetty Timbal Energia -ohjelman opetuskäyttöön tarkoitettua versiota, jolla laskettu energiatodistus perustuu laissa määritettyihin energiatodistustasolainsäädännön asetuksiin ja niissä määritettyihin rakentamismääräyskokoelmiin. Laitteiden ja järjestelmien tekniset

käyttöiät pohjautuvat Rakennustiedon ohjekortteihin sekä omiin kokemuksiin kahden esimerkkitalon osalta.

2 Tutkimusmenetelmät

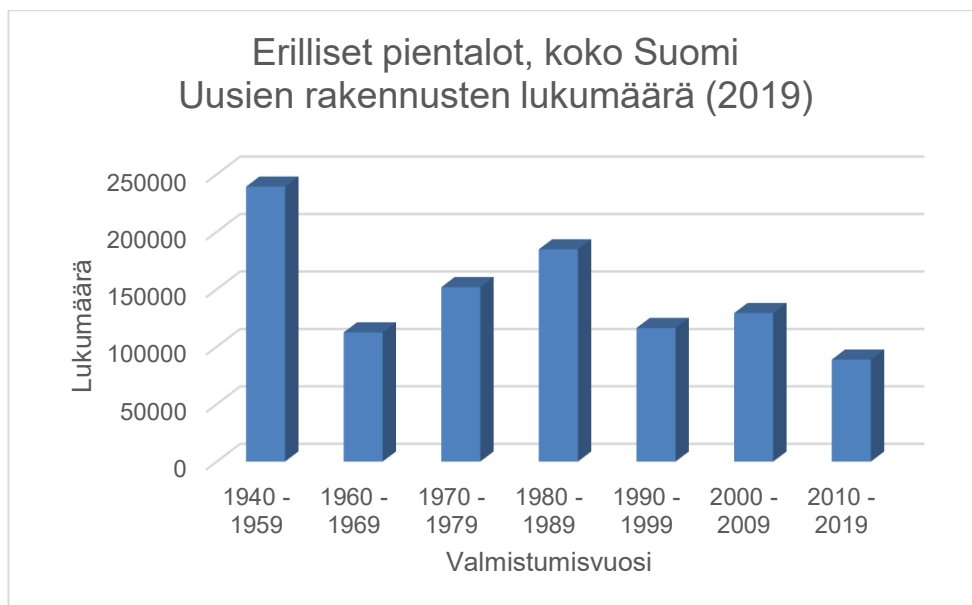
Tutkimusmenetelminä tässä työssä on käytetty energia- ja kannattavuuslaskelmia, jotka pohjautuvat maankäyttö- ja rakennuslakiin, asetuksiin sekä annettuihin viranomais määräyksiin. E-luvun laskennassa on käytetty rakennusten alkuperäisiä rakennus- ja arkkitehtipiirustuksista saatuja tietoja. Talo B:n laskelmat on rakenteiden osalta mallinnettu myös MagiCad Room -ohjelmaa käyttäen. MagiCad Room -mallinnuksella saatiin varmennettua tilojen lämmitysenergiatarpeet ja samaa mallia käytettiin Solibri -ohjelman tilamallin laskentaan. Varsinaiset E-luku- ja energiatarvelaskelmat on tehty käyttäen E-luvun laskentaan tarkoitettua Timbal Energia -ohjelmaa. Rakenteiden U-arvojen varmistuslaskennassa on hyödynnetty sivuston Laskentapalvelut.fi laskureita.

Kannattavuuslaskelmat tehtiin hyödyntäen Timbal Energia -ohjelman tarjoamia ominaisuuksia. Öljylämmityksen vaihdon kannattavuuden laskentaan käytettiin myös kassavirran nykyarvoon (DCF) pohjaavaa Excel -laskentaa, jonka avulla voitiin huomioida myös tarkasteluajan aikana tapahtuvia yksittäisiä kertakustannuseriä. Kustannusten lähtötiedot pohjautuvat jo toteutuneisiin kuluihin ja VILP muutostyön osalta saatuihin tarjouksiin. Energian hintatietoina on käytetty Timbal Energian antamia energian keskihintoja, jotka vastaavat hyvin Tilastokeskuksen julkistamia energian hintatietoja.

3 1990-luvun pientalorakentaminen

3.1 Pientalot ja omakotiasuminen Suomessa

90-luvulla uusien pientalojen rakentaminen oli noin 30 % edellisiä vuosikymmeniä vähäisempää johtuen yleisestä lamasta, mutta siitä huolimatta omakotiasuminen säilytti suosionsa. Tilastokeskuksen mukaan pientalojen asuinpinta-ala kasvoi yhdeksänkymmentäluvulle tultaessa yli 10 prosentilla, kun taas rivi- ja kerrostaloissa keskimääräiset neliöt ovat pysyneet 60-luvulta saakka lähes samoina tai jopa pienentyneet. 90-luvulla kerrostaloasuntojen osuus koko asuntokannasta kuitenkin kasvoi asuntorakentamisen keskityessä kaupunkimaisiin kuntiin. (Kuva 1.) [1]



Kuva 1. Uudet pientalot 1940–2019

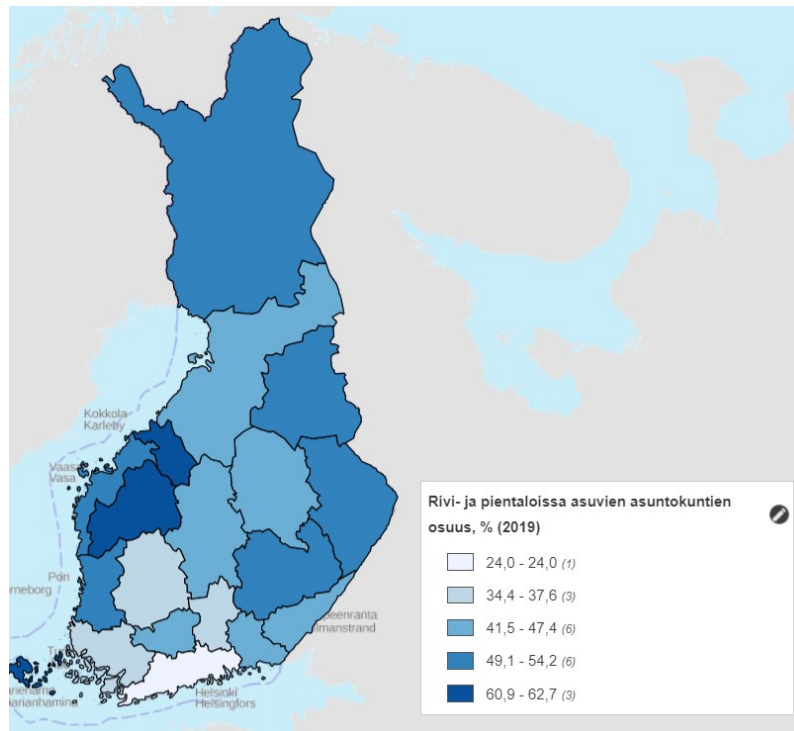
Rakennuslupa edellytetään uuden rakennuksen rakentamisen lisäksi myös rakennuksen rakentamiseen verrattaviin korjaus- ja muutostöihin, rakennuksen laajentamiseen tai sen kerrosalaan laskettavan tilan lisäämiseen. Myös rakennuksen tai sen osan käyttötarkoituksen olennainen muuttaminen edellyttää rakennuslupaa. Rakennuslupa on kunnan rakennusvalvonnan tai ympäristövalvontalautakunnan myöntämä maankäyttö- ja rakennuslain mukainen lupa rakentamiseen.

Taulukko 1. Pientalojen rakennuslupien määrät eri vuosikymmenillä

Myönnettyt rakennusluvut, Pientalot 1990–2020 (kpl)	
1990-1999	141147
2000-2009	183566
2010-2019	120340
2020-	7840

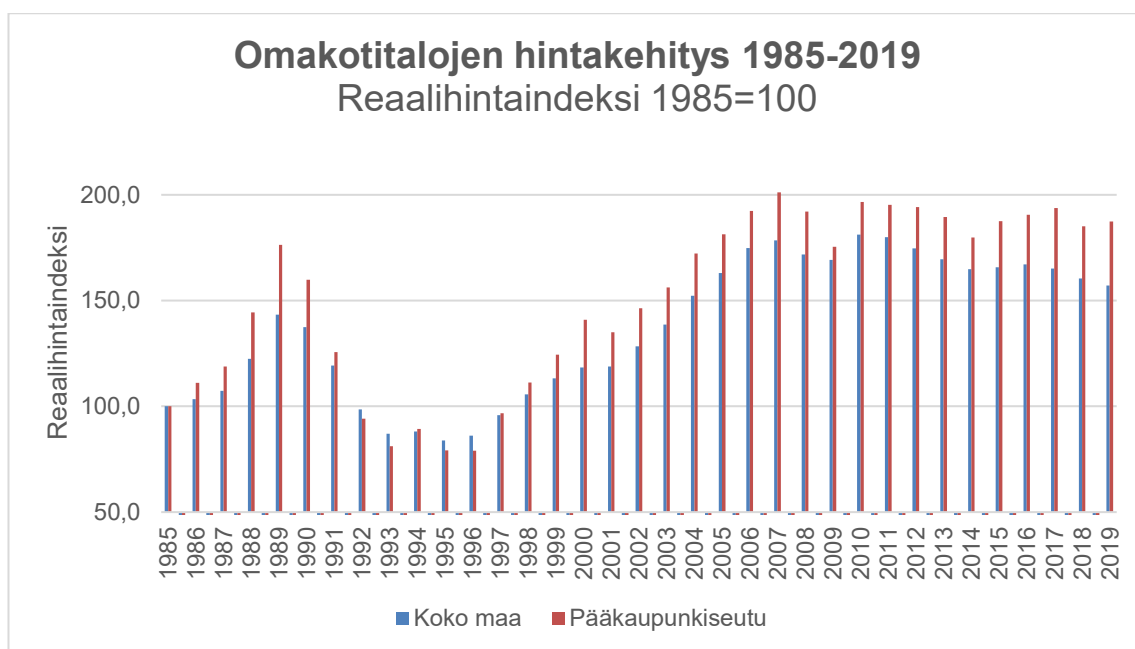
Myönnettyjen rakennuslupien määrä (taulukko 1) on vuosittain n.20–30 % suurempi verrattuna uusien asuntojen määrään, josta näkyy selvästi myös jatkuva korjausrakentaminen. [2]

Kuva 2 näyttää pientaloasumisen nykytilanteen, jossa suurten kaupunkien alueita lukuun ottamatta edelleen noin puolet kaikista asutokunnista elää pien- tai rivitaloissa. [3]



Kuva 2. Pientalo asumisen osuus vuonna 2019 [3]

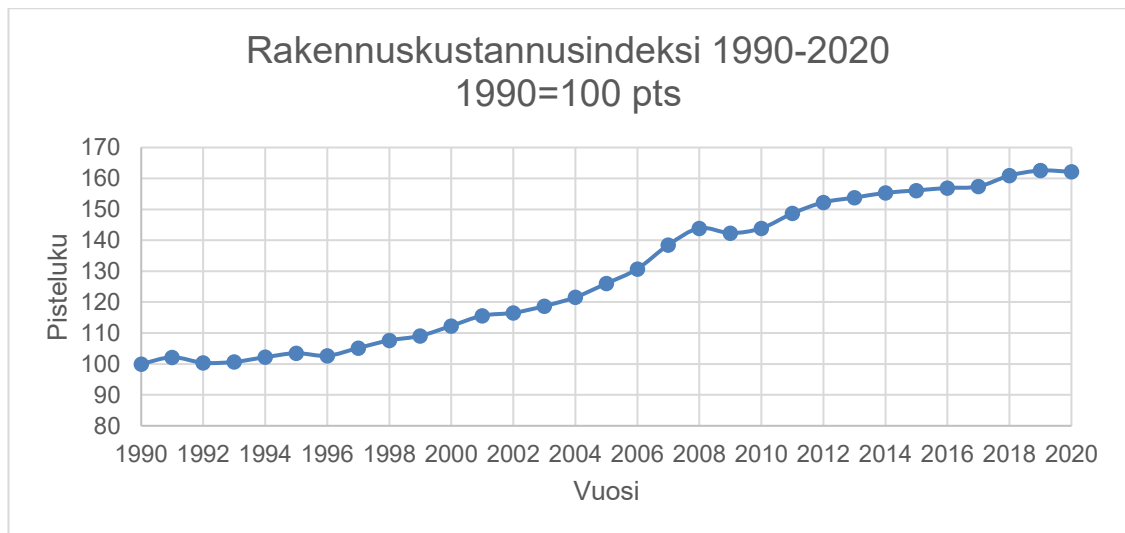
90-luvulla vaikuttanut lama heijastui vahvasti myös pientalojen hintoihin. Muutamassa vuodessa pientalojen hinnat romahtivat kymmeniä prosentteja aiemmasta tasosta.



Kuva 3. Omakotitalojen hintakehitys 1985–2019

Reaalihintaindeksi kuvassa 3 kertoo reaalisien hintojen muutoksen indeksin perusajan-kohtaan (1985) verrattuna. Reaalihintaindeksi muodostuu jakamalla nimellishintaindeksin pisteluku vastaavan ajankohdan ja vastaavan perusvuoden kuluttajahintaindeksin pisteluvulla. [4]

Rakennuskustannukset pysyivät kuitenkin lähes koko 90-luvun hyvin tasaisena lähellä 80-luvun rakennusbuumin tasoa, ja vuosikymmenen lopulla taloustilanteen parantuessa myös rakennushintaindeksi lähti nousuun (kuva 4). 90-luvun puolivälissä rakentamisen hinta oli siis todellisuudessa hyvin korkea verrattuna asuntojen hintojen kehitykseen, joka oli vähintäänkin epävarmaa. [5] Tämä omakotitalojen hintakehityksen ja rakentamisen reaalihintojen ristiriitainen tilanne lienee osaltaan vaikuttanut kustannusten optimointiin monilla omakotirakentajilla.



Kuva 4. Rakennuskustannukset 1990–2020 [5]

3.2 Pientalojen energiakulutuksen muutos

Rakennusten energiatehokkuutta on parannettu 1970-luvun energiakriisien jälkeen erityisesti uudisrakentamisen rakentamismääräysten kautta. Lämmitysenergian keskikulutusta on näillä toimilla saatu laskettua merkittävästi. Vielä 1960-luvulla valmistuneiden rakennusten keskikulutus oli 240 kWh/m² mutta nyt 2010-luvulla valmistuneiden rakennusten keskikulutus on vain kolmannes tästä, 85 kWh/m². [6]

Taulukko 2. Lämmitysenergian keskikulutus eri-ikäisissä omakoti- ja paritaloissa (tilat, ilmanvaihto, käyttövesi, lämmitysjärjestelmien sähkö) [6]

Vuosi	-1959	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-09	2010-19
Lämmitysenergian keskikulutus kWh/m ²	225	240	220	190	175	145	85

Tietolähde Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys, VTT & SYKE

Lämmitysenergian kulutuksesta noin 50 % muodostuu rakenteiden läpi tapahtuvista johtumishäviöistä, 30 % käytetään korvausilman lämmittämiseen ja 20 % menee lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Lisäksi kokonaisenergiankulutukseen kuuluu myös asunnoissa käytetty sähkö.

Pientaloissa käytettävän energian tuottotavat ovat muuttuneet ympäristöystävällisempään suuntaan siirryttäessä öljylämmityksestä kohti uusiutuvien energiamuotojen

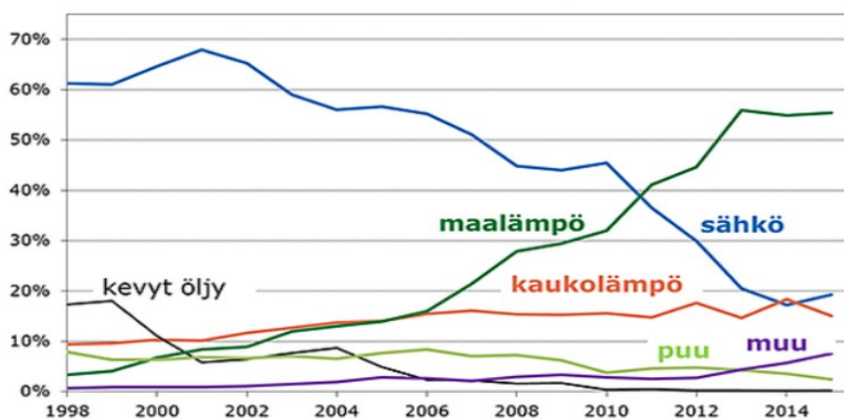
käyttöä. Öljyä käytti 70- ja 80-luvuilla vielä lähes 40 % pientaloista, kun nykyään osuus on pienentynyt 22 prosenttiin. (Taulukko 3.)

Taulukko 3. Rakennuksen polttoaine, kokonaistilanne (2019)

KOKO MAA	Erilliset pientalot (lkm.)	Lämmitysmuodon osuus %
Yhteensä	1152489	100
Kauko- tai aluelämpö	67173	6 %
Öljy, kaasu	249887	22 %
Sähkö	495757	43 %
Kivihiili	6276	1 %
Puu, turve	259500	23 %
Maalämpö	51564	4 %
Muu, tuntematon	22332	2 %

Öljylämmityksen osuus pienenee kuitenkin jatkuvasti asuntokannan kehittyessä, uusista rakennettavista kohteista enää hyvin harva valitsee öljylämmitystä. Tähän luonnollisesti vaikuttaa 2016 tehty lakimuutos, jonka mukaan uusi rakennus on suunniteltava ja rakennettava lähes nollaenergiarakennukseksi. [7] Kuvasta 5 näkyy selvästi maalämmön suosion nousu uudisrakentamisessa varsin korkeista perustamiskustannuksista huolimatta, mutta esim. vesi-ilmalämpöpumpun vaikutusta ei tilastoissa vielä näy.

Lämmitystapojen markkinaosuudet uudisrakennuksissa, erilliset pientalot



Kuva 5. Uusien pientalojen lämmitysmuodon valinta

4 Talokirja ja huoltojen suunnitelmallisuus

4.1 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje

Jokaista kiinteistöä koskee samat luonnonlait, aika vaikuttaa materiaalien ominaisuuksiin ja käyttö aiheuttaa kulumista. Tästä yksinkertaisesta syystä jokaista kiinteistöä on ylläpidettävä huolloin ja korjauksin, suurin tai pienin. Jotta kiinteistöistä huolehdittaisiin asianmukaisesti, ovat lainlaatijatkin ottaneet asiaan kantaa ja esimerkiksi asuinkiinteistöjen osalta maankäyttö ja rakennuslaki edellyttää:

”Rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se jatkuvasti täyttää terveellisuuden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset eikä aiheuta ympäristöhaittaa tai rumenna ympäristöä.” (MRL 166 § Rakennuksen kunnossapito)

Yleisesti kiinteistön ylläpitoa pitäisi aina ohjata suunnitelma siitä, miten kiinteistöä ylläpidetään ja mitä siltä halutaan. Julkisten ja kaupallisten kiinteistöjen osalta puhutaan kiinteistöstrategiasta. Kiinteistöstrategia on rakennuksen suunniteltua elinkaaren hallintaa, jossa tulee huomioida asukkaiden asumisviihtyvyyteen vaikuttavat tekijät sekä arvioida tekniset ja taloudelliset edellytykset, joilla omistajalla on mahdollisuus saavuttaa suunnitellut tavoitteet. Asunto-osaakeyhtiön kannalta tämä tarkoittaa yhtiökokouksessa hyväksyttyä päätöstä siitä, miten rakennusta käytetään, miten rahoitus hoidetaan ja miten kiinteistöä tullaan ylläpitämään. Strategiaan valitut asiat ohjaavat taloyhtiön päätöksiä laadittaessa kunnossapito- ja korjausohjelmia. Suunnitelmat laaditaan yleensä tietylle aikavälille, ja niitä tulee päivittää tarpeen mukaan. Strategian tarkistus on suositeltavaa tehdä esim. kuntoarvion päivityksen yhteydessä.

Tätä kiinteistöalan ammattilaisten käyttämää ajatusmallia pitäisi mielestäni soveltaa laajemmin myös omakoti asumiseen. Omakotitalo on tyypillisesti ihmisten elämän kallein yksittäinen investointi, josta kannattaisi pitää hyvää huolta. Hyvään talonpitotapaan yritetään ohjata myös tammikuussa 2013 voimaan tulleessa maankäyttö- ja rakennuslain pykälässä 117 i §, jossa veloitetaan jokainen rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaamaan siitä, että rakennukselle, jota käytetään pysyvään asumiseen, laaditaan käyttö- ja huolto-ohje. Käyttö- ja huolto-ohjeen tulee sisältää rakennuksen ominaisuudet, sekä rakennuksen ja sen rakennusosien ja laitteiden suunniteltu käyttöikä huomioon ottaen tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaista käyttöä varten. Kun olemassa olevaa rakennuskantaa korjataan, on otettava huomioon, että käyttö- ja huolto-ohje on laadittava

myös rakennuksen korjaus- ja muutostyössä silloin, kun toimenpide edellyttää rakennuslupaa. [8]

Uudisrakennuksessa tällainen huoltokirja toimitetaan yleensä rakentajan toimesta, mutta olemassa olevalle talolle sen laadintaan on tehty useita valmiita pohjia. Osa on maksullisia, mutta mm. ympäristöministeriö on laatinut valmiin pientalon huoltokirjan, jonka voi ladata maksutta ympäristöministeriön verkkopalvelusta.

4.2 Talokirjan ja PTS:n käyttö

4.2.1 Kunnossapito

Jokainen rakennus kohtaa elinkaarensa aikana erilaisia korjauksia. Pääsääntöisesti kiinteistöissä suoritettavat korjaukset jaotellaan seuraavasti

Vuosikorjaukset

- Seuraavana vuonna tehtävät korjaukset täsmällisine ajoituksineen ja kustannusarvioineen sekä rahoitusperusteineen.

Ennakoimattomat korjaukset

- Äkillisten ja satunnaisesti tapahtuvien rikkoutumis- ja vikatapahtumien korjauksia. Tällöin on tärkeää estää lisävahinkojen syntyminen.

Muutos- ja korjaustyöt, peruskorjaukset sekä kehittämishankkeet

- Muutostyö voi kohdistua esim. lämmitysjärjestelmään kokonaisuutena tai rakenteisiin, kuten eristeisiin, tai vesi-, viemäri-, sähkö- yms. johtoihin tai kanaviin.

Voidaan siis sanoa, että kunnossapidolla on tarkoitus varmistaa rakennusten ja sen teknisten järjestelmien toiminta uusimalla tai korjaamalla. [8]

4.2.2 Kunnossapitotarpeen selvitys

Jotta kiinteistön omistaja voisi kunnolla ylläpitää kiinteistön kuntoa suunnitellulla tavalla, pitää kiinteistön kunnan olla selvillä. Alle 10 vuotta vanhoissa pienikiinteistöissä huoltokirja ja esimerkiksi itse tehty katselmus saattavat riittää kunnossapitotarveselvityksen pohjaksi. Asiantuntijoiden laatima laajempi kuntoarvio tai selvitys voi olla tarpeen, mikäli oma asiantuntemus ei riitä tai aiempaa selvitystä rakennuksen kunnosta ei ole.

Yleensä kunnossapitotoimenpiteiden kustannusten selvittäminen edellyttää urakkatarjouksia ja työlästä selvitystyötä, mutta karkeakin kustannusarvion tekeminen antaa paremman kuvan tulevista korjaustarpeista. Kunnossapitotarveselvityksen tarkoitus on ohjata pitkäjänteiseen ja suunnitelmalliseen kiinteistönhoitoon ja toimia pohjana korjauspäätöksiä tehtäessä.

4.2.3 Kuntoarvio

Ammattimainen asiantuntijoiden laatima laaja kuntoarvio antaa kokonaiskuvan kiinteistön kunnosta, tulevista korjaustarpeista, niiden ajankohdista ja kustannuksista. Kiinteistön kuntoarvion tavoitteena on lähtötietojen hankinta kunnossapitosuunnittelun pohjaksi. Kuntoarviolla selvitetään rakennuksen ja sen rakennusosien ja teknisten järjestelmien kunto, sekä merkittävimmät korjaus- ja lisätutkimustarpeet. Asiantuntijan laatimassa kuntoarviossa esitetään kymmenen vuoden ajanjaksolle kunnossapitosuunnitelmaehdotus (PTS-ehdotus), jossa eritellään vuosittain tehtävät korjaus- ja kunnossapitotoimenpiteet ja niiden laadintahetken mukaiset kustannusarviot.

Kuntoarvio perustuu pääosin aistinvaraisiin havaintoihin, ainetta rikkomattomin menetelmin ja mittauksin. Koko kiinteistön kattavan kuntoarvion voi myös tehdä työryhmä, johon kuuluu rakennus-, LVIA- ja sähkö- sekä tietoteknisten järjestelmien asiantuntijat. Kuntoarvioita suorittaville asiantuntijoille on asetettu eritasoisia pätevyysvaatimuksia, ja heillä tulee olla tehtävän laadun ja vaativuuden edellyttämä pätevyys, koulutus, kokemus ja ammattitaito. Tutkinnoista ja pätevyysvaatimuksista vastaavat mm. Kiinteistöalan koulutussäätiö, VTT, SETI ja FISE.

Kuntoarviossa, joka tehdään aistinvaraisesti ja rakenteita rikkomatta, ei pystytä havaitsemaan piileviä vaurioita, joten kuntoarvioijat voivat tarvittaessa suositella tarkempia kuntotutkimuksia, jos jonkin osa-alueen kunto ja korjaustarve sitä vaatii.

Kuntoarviossa arvioidaan seuraavia osa-alueita:

- kiinteistön turvallisuutta ja terveellisyttä koskevat havainnot
- rakennusosien ja järjestelmien merkittävimmät vahinkoriskit
- rakennusosien ja järjestelmien korjaustarpeet lyhyellä aikavälillä ja korjausten kiireellisyysjärjestys
- kiireellistä korjausta vaativat viat
- laajat uusimis- ja parannustarpeet
- aluerakenteet, rakennustekniikka ja kiinteistön tilat
- LVI-järjestelmät ja automaatio
- sähkö-, tele ja tietojärjestelmät
- energiatalous ja veden käyttö tilaajan luovuttamien asiakirjojen perusteella
- kiinteistössä esiintyneet ongelmat käyttäjäkyselyn avulla
- sisäolot, turvallisuus, terveellisyys ja ympäristövaikutukset
- viranomaistarkastusten tilanne tilaajan luovuttamien asiakirjojen perusteella
- kiinteistönhoidon kehitystarpeet
- kiinteistön yleinen tila verrattuna vastaaviin kiinteistöihin.

Kuntoarvion laadinnassa noudatetaan ohjekortissa RT 103003 Asuinkiinteistön kuntoarvio, Kuntoarvioijan ohje esitettyä nimikkeistöä ja menettelyä. Kuntoarviossa annetaan pääjärjestelmänimikkeille kuntoluokat, jotka kuvaavat päänimikkeen kuntoa. Kuntoluokka määräytyy seuraavasti: Kuntoluokka on arvio tarkastettavan kohteen kunnosta ja kuvaa kunnossapitosuunnitelmaehdotuksessa esitetyn rakennusosan tai teknisen järjestelmän ja korjaustarpeen kiireellisyyttä. [9]

Kuntoluokkakriteerit

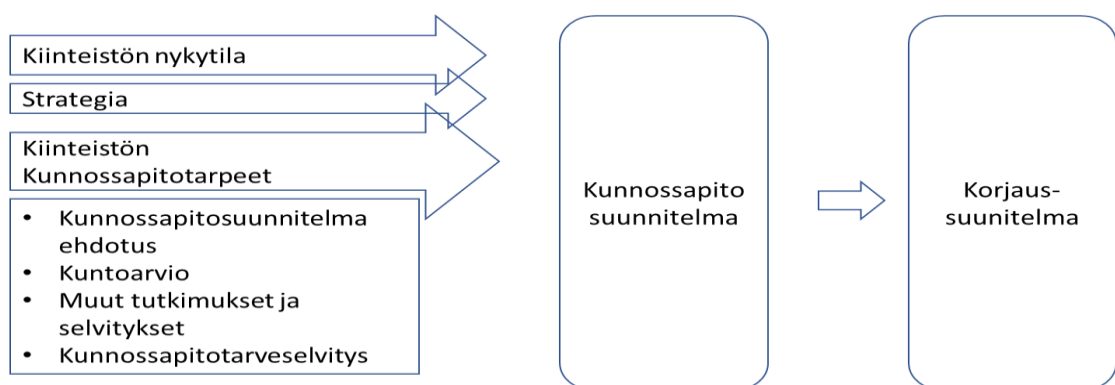
Kuntoluokitusohjeita (taulukko 4) luetaan ylhäältä alaspäin eli luokasta 5 kohti luokkaa 1. Luokan kaikkien kriteerien on toteuduttava. Jos kaikki eivät toteudu, luokkaa pudotetaan yhdellä.

Taulukko 4. Kuntoluokitus on 5-portainen:

Kuntoluokka	Kuvaus
5 uusi	ei toimenpiteitä seuraavan 10 vuoden kuluessa
4 hyvä	kevyt huoltokorjaus 6...10 vuoden kuluessa
3 tyydyttävä	kevyt huoltokorjaus 1...5 vuoden kuluessa tai peruskorjaus 6...10 vuoden kuluessa
2 välttävä	peruskorjaus 1...5 vuoden kuluessa tai uusiminen 6...10 vuoden kuluessa
1 heikko	uusitaan 1...5 vuoden kuluessa

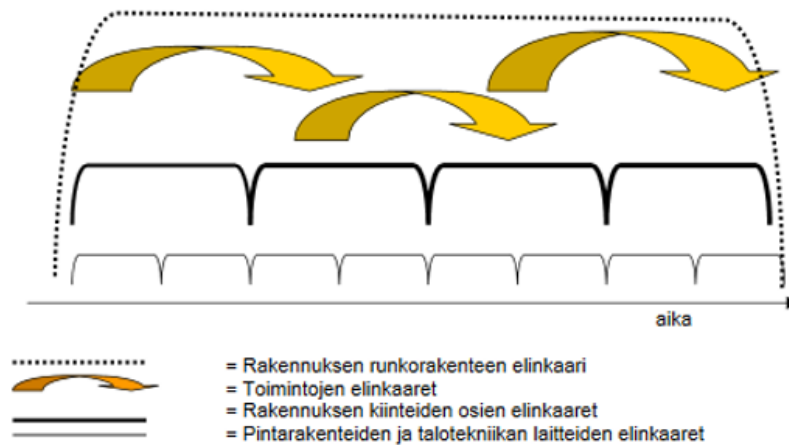
Oleellisena osana kuntoarviota on siis selvittää asioiden tärkeysjärjestys. Tärkeimpänä on huomioitava turvallisuuden ja terveellisuuden vaikuttavat seikat, seuraavaksi korjauskustannuksiltaan merkittävimmät rakennusosien vauriot. Oleellisia ovat myös vauriot, jotka aiheuttavat pahentuessaan merkittäviä vahinko- ja kustannusriskejä. Kun kuntoarviossa havaitaan tarve jonkin alueen kuntotutkimuksesta, omistaja voi teettää asiantuntijalla kuntotutkimuksen. Kuntotutkimusta voidaan tarvita myös selvitetessä jonkin yksittäisen osa-alueen, esimerkiksi julkisivun tai lämmitysjärjestelmän jäljellä olevaa elinkaarta tai kuntoa. Kuntoarvioraportti on yksi osa kunnossapitosuunnitelman lähtökohdista, ja kunnossapitosuunnitelma taas toimii korjausohjelman lähtökohtana.

Korjaus -ohjelma on tietyn aikavälin suunnitelma, jossa otetaan teknisten ja taloudellisten näkökulmien lisäksi huomioon kiinteistön käyttäjien ja omistajien tarpeet sekä tulevat muutokset (kuva 6). Korjausohjelman lähtötietona on tavanomaisesti kiinteistön kunnossapitosuunnitelma. [10]



Kuva 6. Korjaussuunnitelman laadinta

Jos talo- tai huoltokirja on käytössä, myös sitä tulee käyttää tukena laadittaessa kunnossapitosuunnitelmaa. Pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelman (PTS) avulla voidaan korjaushankkeet ajoittaa koko kiinteistön elinkaaren ajalle.



Kuva 7. Rakennuksen elinkaari

Aivan kuten ammattimaisessa kiinteistöhuollossa myös omakotitalossa kunnossapitosuunnitelmaa pitäisi päivittää säännöllisesti esim. kevyempien kuntokatselmusten avulla. Kuntokatselmus muistuttaa kuntoarviota, mutta se on suppeampi ja sen tekee yksi asiantuntija. Kuntokatselmuksessa päivitetään kuntoarvio ajan tasalle. Säännöllisten kuntokatselmusten etuna on, että niiden ansiosta kiinteistön kunnossapitosuunnitelma ja korjaushjelma ovat aina ajan tasalla. Jos omakotitalon omistaja tai asukas pääsee kerran osallistumaan kuntoarvion tekemiseen, uskon, että kevyt vuosittainen katselmus kiinteistön kunnosta onnistuu huoltokirjan avulla myös omatoimisesti. [11]

4.2.4 Kuntotutkimus

Kuntotutkimus voi olla tarpeen, kun esim. kuntoarviossa tehty aistinvarainen tarkastus ei riitä tai kun korjaussuunnittelua varten tarvitaan tarkempaa tutkimusta eri korjausmenetelmien suunnitelmien lähtötiedoiksi. Kuntotutkimuksen tarkoitus on selvittää rakennusosan tai laitteiston kunto, vaurioiden laajuus, vaurion aiheutumisen syyt, korjausmenetelmät ja korjausajankohdat.

Kuntotutkimukseen kuuluu

- piirustuksiin yms. asiakirjoihin tutustuminen
- ainetta rikkovien menetelmien käyttö, paikalla tehtävät mittaukset ja koestukset
- rakenteiden ja putkistojen kuvaukset ja tähystykset, näytepalojen ja näytteiden otto sekä niiden laboratoriotutkimukset.

Kuntotutkimuksesta tehdään raportti, jossa kuvataan vaurioiden laajuus ja syyt. Se sisältää lisäksi ehdotuksen vaihtoehtoisista korjaustavoista sekä usein alustavan arvion korjaustoimenpiteiden kustannuksista. Kuntotutkimuksen tekee kulloiseenkin tutkimukseen pätevöitynyt asiantuntija. [12]

4.2.5 Huoltokirja

Huoltokirja on kiinteistökohtainen asiakirjakokonaisuus, joka sisältää kiinteistön perustiedot kiinteistön elinkaaren hallinnasta sekä tiedot kiinteistön hoidosta ja kunnossapidosta. Huoltokirjassa on siis koottuna yhteen tarvittavat tiedot rakennuksen käyttöä ja kunnossapitoa varten koko kiinteistön elinkaarta ajatellen. Huoltokirja on siis uusille kiinteistöille vuonna 2013 voimaan astuneen lain vaatima dokumentti, joka laaditaan uusille kiinteistöille suunnittelu- ja rakentamisprosessin yhteydessä. Jo olemassa olevan kiinteistön huoltokirjan laadintavaiheessa kerätään kaikki kiinteistöstä saatava tieto, määritetään ja ajoitetaan huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet. Kiinteistöä tulee myös käyttää ja ylläpitää huoltokirjan ohjeistuksen mukaan. Huoltokirjan ylläpidosta omakotikiinteistössä vastaa tyypillisesti kiinteistön omistaja. [13]

Pientalon huoltokirjan pääkohdat ovat

- kiinteistön perus- ja yhteystiedot
- saatavilla olevat piirustukset ja rakennusselostukset
- tarkastusten ja huoltojen ohjelmat sekä tavoitearvot (huoltotaulukot)
- käyttöikätaavoitteet ja arvioidut kunnossapitojaksot
- korjauspäiväkirja ja vuosikulutusten seuranta
- asiakirjaluettelo, johon kootaan kiinteistön muita rakentamiseen liittyviä asiakirjoja esim. rasitetodistuksia ja muita sopimuksia

- arkisto, johon kannattaa lisätä myös muita kiinteistöön liittyviä dokumentteja käytetyistä materiaaleista, maalien ja tapettien tyypeistä sekä tuoteselosteita ja takuutodistuksia.

4.2.6 Kunnossapitosuunnitelma


Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma eli PTS antaa kokonaiskuvan kiinteistön kunnosta, tulevista korjaustarpeista, niiden ajankohdista ja kustannuksista. Kunnossapitosuunnitelman tarkoituksena on taata, että jatkuva kunnossapito ja hankemuotoiset korjaukset toteutetaan oikeassa järjestyksessä siten, ettei hankkeita ajaudu päällekkäin ja etteivät asumiskustannukset edes hetkellisesti kasva kohtuuttomiksi. PTS:n kustannusennusteet ovat suuntaa antavia ennusteita ja tarkoitettu kunnossapitosuunnittelun ja budjetoinnin lähtötiedoiksi. Kustannusarviot tarkentuvat myöhemmin hankesuunnittelu-, suunnittelu- ja tarjousvaiheessa, kun toimenpiteiden laajuus ja sisältö tarkentuvat.

Kunnossapitosuunnitelma laaditaan kuntoarvion PTS-ehdotuksen ja mahdollisten lisätutkimusten ja -selvitysten perusteella. Siinä esitetään seuraavien kymmenen vuoden aikana tarvittavat kunnossapito- ja korjaustyöt kustannuksineen. Nykyisen ohjeen mukaan kunnossapitosuunnitelman tulisi arvioida alustavasti 10 vuoden jaksolla tehtäväksi tulevia laajuudeltaan ja kustannuksiltaan merkittäviä korjauksia. [14]

Esimerkkinä taulukossa 5 on esitetty Rakennustieto Oy:n mallin mukaan talolle B tehty kunnossapitosuunnitelma, jossa on hyödynnetty käyttöikälaskimella (kuva 8) tehtyä arviota tulevista korjaustarpeista huomioiden jo aiemmin tehdyt korjaukset.

Taulukko 5. PTS-suunnitelma [15]

Kunnossapitosuunnitelma (PTS)											
Toimenpide	Korjaustapa	1	4				5				
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Sauna ja KHH remontti	Saunan ja kodinhoitohuoneen pintojen ja kalusteiden uusiminen		15 000								
Ilma-Vesilämpöpumppu	Öljylämmityksen vaihto VIPL järjestelmään	9 000									
Julkisivu	ulko-ovien kunnostus ja maalaus	500									
	Etu ja taka sisääkäyntien laatoitus	1000									
Perusmuurin kunnostus	Seinustan ja perusmuurin puhdistus, laastipaikkaukset ja tasoitukset, maalaus käsittelyt			1 500							
Vesikatto	Sadevesikourujen ja syöksytörvien uusiminen							3 500			
Lämmitysverkoston kunnostus	Lämmitysverkoston pumppujen ja venttiilien kunnostus ja säätö				500						
Ilmanvaihto	Putkiston nuohous			350							
Sähkökeskuksen uusinta	Sähkökeskusten kunnon tarkastus ja tarvittavien osien uusinta							500			



LVI

KIINTEISTÖN RAKENNUSOSILLE JA TALOTEKNIIKALLE

Lue ensin käyttöohjeet. Tallenna sitten taulukko koneellesi ja muokkaa se kiinteistöillesi sopivaksi. Lukittujen solujen suojaus on auki salasanalla rati.

Värikoodit

- hyvä

- välttävä

- huono

Toimenpiteet

- hyvä: ei toimenpiteitä

- välttävä: uusiminen PTS:ään

- huono: uusiminen ajankohtaista

Vuosi

2021

Tänään on

21/02/2021 16.38

Rakennusvuosi

1998

PERUSTIEDOT

Kiinteistö

Osoite

Laatija

Päivämäärä

Laite tai järjestelmä

Märkätilat

Sotaorvontie 3 B

Mika Kaalikoski

Asennus-
vuosi

Arvioitu
käyttöikä
v

Jäljellä olevat
käyttövuodet
v

Kunto

Huomautuksia

1998

15

-8

TALOTEKNIikka

Lämmitysjärjestelmät

Kupariputket sisätiloissa (ei kosketuksessa betoniin)

Kupariputket sisätiloissa (kosketuksessa betoniin)

Muoviputket

Pumput

Linjasäätöventtiilit

Linjasulkuventtiilit

Patteriventtiilit

Moottoriventtiilin toimilaite

Putkistovarusteet (lämpömittarit, lianerottimet jne.)

Ilmalämmityskoneet

Öljysäiliöt, muovia, sisätiloissa

Öljypolttimet, kevytöljy

Yhdistelmäkattilat

Ilmalämpöpumppu

1998

1998

1998

1998

1998

1998

2015

1998

1998

1998

2011

1998

2018

50

40

50

20

30

30

20

15

20

25

50

15

30

15

27

17

27

-3

7

7

14

-8

-3

19

27

5

7

12

Lattialämmityspotket,
enimmäiskäyttölämpötila 60 °C

Lattialämmityksen venttiilit uusittu
2015

LTO kone asennettu 2015

ILP asennus 10/2018

Vesi- ja viemärijärjestelmät

Pumput

1998

25

2

Kuva 8. Esimerkki Rakennustiedon käyttöikälaskimesta [16]

Ympäristöministeriön laatimassa pientalon huoltokirjassa on samaan tapaan annettu keskimääräiset käyttöiät ja kirjaan on laadittu niiden perusteella erillinen taulukko PTS-

suunnitelman tekemiseksi. Pientalon huoltokirjassa on myös erillisenä kokonaisuutena huoltosuunnitelma, jonka voi helposti toteuttaa myös vastaavan käyttöikälaskimen avulla. (Kuva 9.)

6 Keskimääräiset käyttöiät ja kunnossapitajakset

Laite tai järjestelmä	Tekninen käyttöikä	Tarkastusväli	Kunnossapitajakso v, (kk)	Käyttöönottovuosi	Käyttöikää jäljellä, v
TONTTI					
Salaojakaivot ja putket	40–50	2	5		
Bitumiset päällysteet, kuten asfaltti	20	2	5–12		
Sora- ja kivituhkapäällysteet	R	1	tasaus vuosittain		
Betoniset pihakiveykset	25	4–10	2		
Lipputanko, kuivatus- ja pölytystelineet	40	1	10		
Leikkivarusteet	15	1	5		
Aidat ja tukimuurit	30–50	2–5	10		

Kuva 9. Esimerkki ympäristöministeriön Pientalon huoltokirjan käyttöikälaskimesta

4.3 Energiatodistus ja E-luku

Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013 edellyttää energiatodistuksen hankkimista kaikkiin rakennuksiin, joissa käytetään energiaa rakennuksen tilojen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi. Energiatodistus on voimassa 10 vuotta kerrallaan ja se on uusittava, ennen kuin edellisen todistuksen voimassaolo päättyy. Todistus on lain mukaan myös oltava nähtävillä asunnon myynnin tai vuokrauksen yhteydessä. Suomen säädöskokoelma 1048/2017 edellyttää, että energiatodistuksen laatijalla tulee olla käytettävissään laskentamenetelmän edellyttämä laskentatyökalu E-luvun laskentaan [17]. Timbal Energia on yleisesti käytössä oleva energiatodistuksen laskentaan käytetty ohjelma, ja kaikki tässä opinnäytetyössä esitetyt E-luvun laskennan tulokset perustuvat Timbal Energia -ohjelman opetuskäyttöön tarkoitettulla ohjelmalla tehtyihin laskelmiin RakMK:n ohjeen mukaisesti.

Energiatodistus perustuu kokonaisvaltaiseen energialaskentaan, jossa huomioidaan rakennuksen rakenteiden ja järjestelmien ominaisuudet. Energiatodistuksen tarkoitus on mahdollistaa erilaisten ja eri paikoissa sijaitsevien rakennusten vertailun, joka ei ole riippuvainen rakennuksen käyttäjistä vaan perustuu rakennuksen ominaisuuksiin. Rakennukset luokitellaan energiatehokkuuden vertailuluvun mukaan

energiatohokkuusluokkiin. Energiatodistuksessa rakennuksen energiatohokkuus ilmaistaan tunnuksella A–G. Pientalojen energiatohokkuuden kehitystä kuvaa Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen suunnitelmaa varten laaditussa katsauksessa oleva selvitys energialuokkajakaumista eri vuosikymmenillä. 1990-luvulla rakennetuista omakoti- ja paritaloista 81 % kuului vielä luokkiin D tai E. Rakentamismääräysten tiukentuessa uudet 2010-luvulla rakennetut rakennukset ja myös vanhemmat korjatut rakennukset kuuluvat nyt yleisesti energialuokkiin A, B ja C. Koko omakotitalo- ja paritalokannasta näitä on kuitenkin vain 26 prosenttia. (Taulukko 6.) [6]

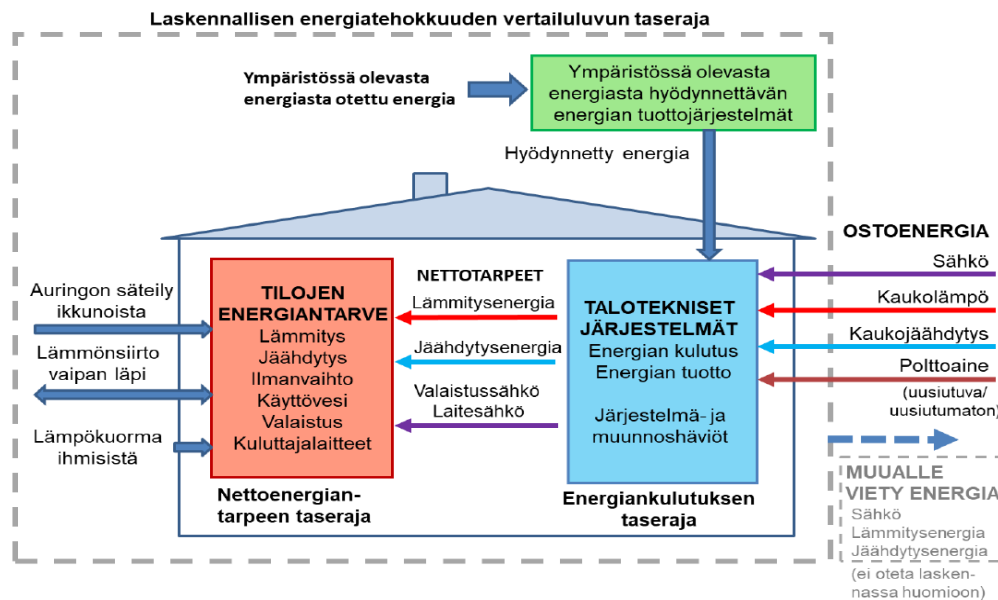
Taulukko 6. Omakotitalojen ja paritalojen energialuokkajakaumat vuosikymmenittäin todistusten lukumääristä laskettuna. Tilanne kesäkuussa 2019.

Indikaattori energialuokat	-1959	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-09	2010-19	Kaikki rakennukset
A	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	14 %	1 %
B	3 %	4 %	5 %	6 %	4 %	16 %	80 %	12 %
C	8 %	10 %	16 %	15 %	15 %	27 %	4 %	13 %
D	32 %	25 %	27 %	45 %	53 %	48 %	1 %	35 %
E	45 %	41 %	43 %	33 %	28 %	8 %	0 %	31 %
F	8 %	13 %	6 %	1 %	0 %	0 %	0 %	4 %
G	4 %	6 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %
Yhteensä	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Kerrosalaosuudet	26 %	8 %	13 %	18 %	12 %	14 %	9 %	100 %
Tietolähteet	Energiatodistusrekisteri, 2018 lainsäädännön mukaiset energiatodistukset, ARA Rakennukset ja kesämökit, Tilastokeskus Rakennus- ja asuntotuotanto, Tilastokeskus							

E-luku kuvaa siis rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta. E-luku saadaan jakamalla rakennuksen laskennallinen, vuotuinen, energiamuotokertoimella painotettu energiankulutus lämmitetyllä nettopinta-alalla. Luokittelu määräytyy rakennuksen käyttötarkoitukseluokan mukaan. (Taulukko 7.)

Taulukko 7. E-luku, pienet asuinrakennukset $50 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$ [17]

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



Kuva 10. E-luvun muodostuminen ja taserajat [17]

E-lukua laskettaessa tulee huomioida kaikki energiankulutus rakennuksessa: lämmitys, ilmanvaihto, valaistus, käyttöveden lämmitys ja laitteiden sähköntarve (kuva 10). E-luku lasketaan Suomen säädöskokoelman 1010/2017 antaman kaavan mukaan kuvaamaan erilaisten polttoaineiden ja sähkön käyttöä rakennuksessa.

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{kaukolämpösähkö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{kaukojäähdytys}} + \sum_i f_{\text{polttoaine},i} Q_{\text{polttoaine},i} + f_{\text{sähkö}} W_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}}$$

jossa

E	rakennuksen energialuku, kWh/(m ² a)
Q _{kaukolämpö}	kaukolämmön kulutus, kWh/a
Q _{kaukojäähdytys}	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
Q _{polttoaine,i}	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
W _{sähkö}	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/a
f _{kaukolämpö}	kaukolämmön energiamuodon kerroin, –
f _{kaukojäähdytys}	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin, –
f _{polttoaine,i}	polttoaineen i energiamuodon kerroin, –
f _{sähkö}	sähkön energiamuodon kerroin, –
A _{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ²

Laskennassa käytettävät energiamuotojen kertoimet määritellään asetuksessa (788/2017) rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimista. Laskennassa käytettävät energiamuotojen kertoimien lukuarvot ovat:

- 1) sähkö 1,20
- 2) kaukolämpö 0,50
- 3) kaukojäähdytys 0,28
- 4) fossiiliset polttoaineet 1,00
- 5) rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,50.

Sähkön kulutuksen laskennassa on otettu huomioon vähennykset rakennukseen kuuluvalla laitteistolla esim. ilmalämpöpumpulla tai aurinkoenergiakeräimellä ympäristöstä otetusta energiasta siltä osin, kuin se on käytetty rakennuksessa energiankulutuksen kattamiseen. Rakennuksen lämmitysenergian tarve lasketaan johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämpenemisestä huonelämpötilaan. Rakennuksen lämpöhäviö on rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö [18]. Kuten aiemmin todettiin, lämmitysenergian kulutuksesta noin 50 % muodostuu rakenteiden läpi tapahtuvista johtumishäviöistä. Energiatehokkuuden kannalta tärkeintä on siis rakenteiden lämmöneristävyys, lämmön varastoituminen sekä ilman- ja tuulenpitävyys. Taulukosta 8 nähdään rakennusten rakenteiden lämmöneristystä kuvaavan U-arvon vuosien aikana jatkuvasti kiristynyt vaatimustaso. [19, s.11].

Taulukko 8. Lämpimien tilojen U-arvojen muutos rakentamismääräyksissä

Rakennusosa	-1968	1969-	1976-	1978-	1985-	2003-	2008-	2010-	2012-
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	0,02	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	2,20	2,20	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,00	1,00
Ikkuna	2,80	2,80	2,10	2,10	2,10	1,40	1,40	1,00	1,00

Lämmitysenergian tarpeesta on laskennassa vähennettävä auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus. Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarvetta laskettaessa on huomioitava ilman lämmittäminen huoneen suunniteltuun tuloilman lämpötilaan ja mahdollinen lämmitystarve ennen lämmöntalteenottoa. Ympäristöministeriö julkaisee E-luvun laskentaan liittyvät ohjeet julkaisussaan ”Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta”. Säännökset löytyvät Suomen säädöskokoelmasta 1010/2017 - Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta [24].

5 Mallitalojen kuvaus

5.1 Talo A

Yksi esimerkki 90-luvun lopun rakentamisesta on lämpöeristetyistä betoniharkoista paikan päällä rakennettu harjakattoinen rakennus, jossa yläpohjan eristys on tehty suoraan kattorakenteeseen. Tässä kohteessa lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpö ja lämmönjakotapana koko rakennuksessa lattialämmitys. Kohteeseen tehtiin heti rakennusvaiheessa myös LTO-järjestelmä sekä valittiin laadukkaat ovet ja ikkunat.

Tämäntyyppiseen rakennukseen, joka alitti jo rakennusvuonna nykyisen E-lukuvaatimuksen, on haastavaa tehdä kustannustehokkaita rakenteellisia energiatehokkuuden parannustoimenpiteitä. Eristyksiä voisi toki parantaa, mutta se edellyttäisi laajaa rakenteiden purkua yläpohjassa tai vastaavasti sisäseinien eristyspaksuuden lisäämistä esim. uretaanilevyillä. Ovien tai ikkunoiden vaihto ei myöskään tässä kohteessa tuota kustannustehokasta energiansäästöä. Ovien ja ikkunoiden muutosten takaisinmaksuajaksi tuli simuloinneissa yli 40 vuotta. (Kuva 11.)

Kaukolämpöjärjestelmän vaihto esim. maalämpöön tai vesi-ilmalämpöpumppuun on toki mahdollista, mutta ei sekään kovin kannattavaa. Ilmalämpöpumpun lisääminen kaukolämmön rinnalle paransi E-lukua laskelmien mukaan n. 10 prosenttia ja maksaa itsensä lämmityskäytössä takaisin noin kahdeksassa vuodessa. Suurin hyöty ilmalämpöpumpusta lienee kuitenkin asumismukavuuden paraneminen, kun tilaan saadaan kesällä viilennystä. Tätä mukavuusviilennyksen vaatimaa energian käyttöä ei huomioitu takaisinmaksulaskelmissa. (Kuva 12.)

Simulointiskenaarioiden tulosten yhteenveto

Kohde: Kaalikoski, , 00000, (I)

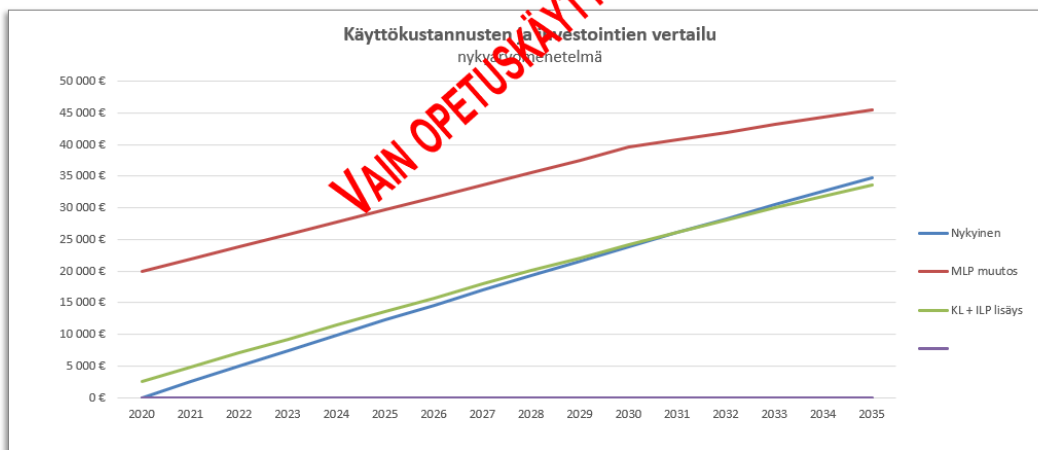
Laskenta skenaario	Osto- ja kokonais-energian-kulutus, kWh/vuosi	Osto- ja kokonais-energian kustannus	CO ₂ päästöt, kg CO ₂ /a	E-luku ja E-luokka	Vuosittaiset käyttö- ja huolto-kustannukset, €/vuosi	Investointi	Energian säästö, kWh/vuosi	Kustannusten säästö, €/vuosi	Takaisin-maksuaika, vuotta
Nykyinen rakennus	23693	2 169 €	4225	B (128)	520 €	-	-	-	-
1. MLP muutos	11693	1 430 €	2206	B (113)	50 €	20 000 €	12000	1 209 €	23
2. KL + ILP lisäys	19385	1 847 €	3458	B (115)	520 €	2 500 €	4308	321 €	8
					0 €				

Copyright © Timbal Palvelut Oy

Kuva 11. Talo A, simulointien yhteenveto

Simulointi skenaarioiden kannattavuuden vertailu

Laskentaparametrit		Rahoitus ja korko parametrit		Tallenna skenaarioiden kustannukset
Tarkastelujakso, vuosia	15	Rahan arvon muutuskorko	2 %	
Tarkastelujakson ensimmäinen vuosi	2020	Investoinnin korko (Tiedot sivulla asetettu arvo: 3%)	3 %	Investointilaskennassa käytetään annuiteettimenetelmää
Lämpöenergian vuotuinen hinnanmuutos	1 %	Investoinnin takaisinmaksuaika, vuosia	10	
Sähköenergian vuotuinen hinnanmuutos	1 %			
Kustannukset		Nykyinen	MLP muutos	KL + ILP lisäys
Käyttökustannukset		2 042 €/a	1 303 €/a	1 721 €/a
Vuosittaiset maksut		470 €/a	0 €/a	470 €/a
Vuosittaiset huoltokustannukset		50 €/a	50 €/a	50 €/a
Investointikustannukset			20 000 €	2 500 €
Vuosittaiset kustannussäästöt			1 209 €/a	321 €/a
Lämpöenergian keskihinta		85,0 €/MWh	130,0 €/MWh	85,0 €/MWh
Sähköenergian hinta		130 €/MWh	130 €/MWh	130 €/MWh
Tarkastelujakson käyttökustannukset yht.		40 670 €	21 731 €	35 498 €
Tarkastelujakson käyttökust. nykyarvo yht.		34 735 €	18 550 €	30 321 €
Käyttökust. nykyarvo ja investointi yht.		34 735 €	45 428 €	33 681 €
Investointi kannattavaksi			vuonna 2043	vuonna 2028
Sisäinen korkokanta			-9,6 %	3,6 %



Copyright © Timbal Palvelut Oy

Kuva 12. Lämmitysmuodon vaihdon simulointi

Tässä kohteessa myös sähköistä talotekniikkaa ajateltiin alusta asti tulevaisuutta silmällä pitäen, kaikki sähkö- ja teleasennukset tehtiin putkittamalla, jolloin kaapeleiden vaihdot tai lisäykset ovat mahdollisia.

Silloinen datamaailma oli huomattavan erilainen ja perustui puhelinlinjojen 4-johdinjärjestelmään sekä koaksiaalikaapeliin, mutta näitä kaapelointeja on mahdollista tässä kohteessa uusia kohtuullisen edullisesti tai hyödyntää nykyisiä langattomia ratkaisuja. Rakennuksessa huomioitiin jo rakentaessa myös märkätiloissa tulevat määräysten muutokset, kun rakentamismääräyskokoelman uusittuihin määräyksiin ja ohjeisiin kuuluva RakMK C2 astui voimaan loppuvuodesta 1998. Nyt nämä ensimmäiset RakMK C2:n ohjeiden mukaisesti rakennetut märkätilat alkavat kuitenkin olla käyttöikänsä päässä, ja niidenkin uusimiseen tulee PTS-suunnitelmissa jo varautua.

5.2 Talo B

Talo B (kuva 13) on vuonna 1998 valmistunut pienelementeistä rakennettu talopaketti, jossa edullinen hinta lienee aikanaan ollut suurin kriteeri tehdyille ratkaisuille. Talo on yksikerroksinen, maanvaraiselle laatalle perustettu puurunkoinen rakennus. Lämmityksessä on rakennusvaiheessa päädytty ns. kaksoispesäkattilaan, jossa öljyn lisäksi voidaan polttaa puuta. Puun polttoa varten järjestelmään on lisätty ylimääräinen 300-litrainen vesivaraaja. Lämmönjako on toteutettu vesikiertoisella lattialämmityksellä. Ilmanvaihto toteutettiin alun perin liesituulettimesta käsin ohjattavalla poistoilmapuhaltimella ja tuloilma otettiin suoraan ulkoa raitisilmaventtiilien kautta. Talossa on käyttöullakko, josta näkyy koko välipohjan eristys sekä yläpohjan rakenteet.



Kuva 13. Talo B, julkisivu ja takaosa

Sauna- ja märkätilat rakennuksessa ovat edelleen alkuperäiset, joten vain suihkunurkkauksessa on laatoituksen alla varsinainen massamainen vedeneriste ja muualla on käytetty pelkkää kosteussivelyä. Vesieristysten käyttöikä on siten vaihteleva märkätilojen eri osissa. Pelkän kosteussivelyn ja laatoituksen ennakoitu käyttöikä on ohjeen mukaan 15 vuotta, joten kosteusvaurion riski varsinkin näissä osissa on jo otettava huomioon. Vesi- johdot ovat alkuperäiset suojaputkiin asennetut PEX-putket, joiden pitäisi kestää vielä lähes 30 vuotta. Hanat ja WC-kalusteet on uusittu keittiön ja WC:n remonttien yhteydessä ja suihkuhanoista toinen on jouduttu uusimaan n. 4 vuotta sitten. Sähkö- ja telekaapeloinnit on tehty asennuskaapeleilla ilman putkitusta suoraan pintalevyn ja eristeen väliin. Tämä asennustapa on ollut edullinen ja nopea, mutta jälkikäteen tehtävät muutokset ovat hyvin hankalia. Aiemmin asennettuja 4-johtimisia telekaapelointeja ei nykyisissä järjestelmissä pysty hyödyntämään lainkaan.

6 Energiatehokkuuden parantaminen talo B:ssä

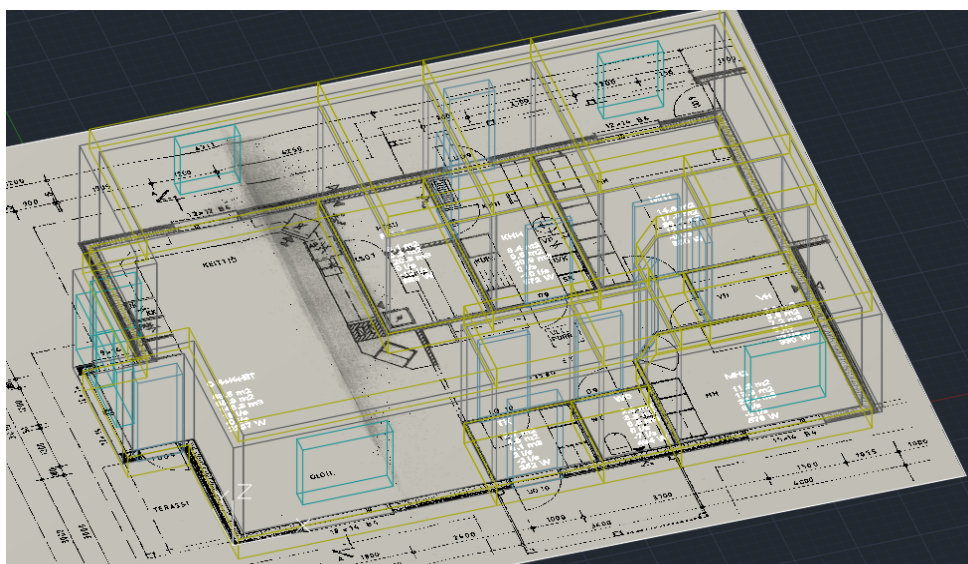
6.1.1 Laskennan lähtötiedot

Tässä opinnäytetyössä E-luvun laskennassa käytettävät lähtöarvot on laskettu kahdella eri tavalla. Yksi opinnäytetyön tarkoituksista on soveltaa opittuja menetelmiä käytännössä, ja tässä lähtöarvojen laskennassa on käytetty hyväksi erilaisia saatavilla olevia menetelmiä. Vertailuarvoina ja tulosten varmistamisen vuoksi talojen energiantarpeet ja lämpöhäviöt on laskettu Excelillä ympäristöministeriön rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaoppaan mukaan. Toisessa laskentatavassa hyödynnetään MagiCad -ohjelman Room-toimintoa, jolla alkuperäisestä skannatun pohjakuvan päälle piirrettiin malli talosta, sen seinistä, ikkunoista ja ovista sekä kaikki rakenteelliset tiedot rakennuspiirustuksista. Kun Room-ohjelmaan lisätään myös rakennuksen ilmanvaihtotiedot, antaa ohjelma valmiit laskelmat. Esimerkissä (taulukko 9) on esitetty yhden tilan laskelmat Room-ohjelmalla. Mallinnuksen lisäetuna pelkkään Excel-laskentaan verrattuna on valmiin mallin tuoma visuaalisuus. Mallia voi vapaasti myös muokata esim. eristepaksuuksien tai lämpötilojen osalta ja siten havainnollistaa muutosten vaikutuksia. Visuaalisen mallin käyttö vähentää myös ns. inhimillisten virheiden määrää. Kuvasta (kuva 14) näkee heti, jos esimerkiksi ovi tai ikkuna puuttuu. Energiatehokkuusasetuksen 13 §:n mukaan yhden käyttötarkoituksen rakennuksen E-luvun laskennassa voidaan

koko rakennus laskea yhtenä laskentavyöhykkeenä. E-luvun laskenta kohteeseen on siis tehty yhtenä vyöhykkeenä, vaikka mallinnuksessa onkin huomioitu eri tilat.

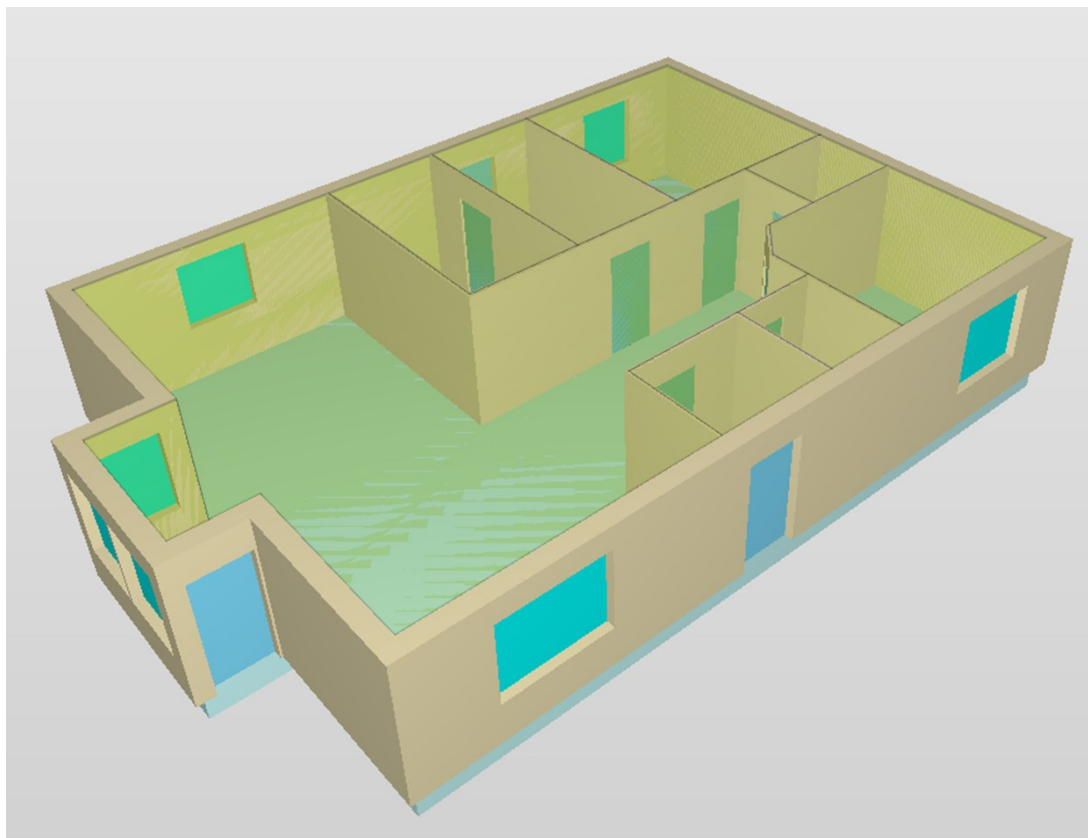
Taulukko 9. Esimerkkitilan MagiCad Room -laskelma

Room:					
User code:	OH+K+ET				
Type	User code	Area [m2]	U [W/m2K]	dT [C]	Q [W]
Exterior wall	US_300	10.00	0.25	47.00.00	117
Exterior wall	US_300	8.08	0.25	47.00.00	104
Exterior wall	US_300	1.09	0.25	47.00.00	23
Exterior wall	US_300	3.05	0.25	47.00.00	41
Exterior wall	US_300	1.03	0.25	47.00.00	15
Exterior wall	US_300	7.05	0.25	47.00.00	88
Exterior wall	US_300	10.04	0.25	47.00.00	122
Exterior window	I1	1.04	1.40	47.00.00	95
Exterior window	I1	1.03	1.40	47.00.00	83
Exterior window	I1	1.07	1.40	47.00.00	111
Exterior window	I1	1.07	1.40	47.00.00	111
Exterior window	I1	2.05	1.40	47.00.00	166
Exterior door	LUO09	1.08	1.40	47.00.00	118
Roof Slab	YP1	62.06.00	0.16	47.00.00	471
Floor Slab	AP1	62.06.00	0.25	16.00	251
Structural heat loss					----- 1914
		Value		dT [°C]	Q [W]
Supply airflow heat loss (T-sup => T-sph)		18 [l/s]		3.00	65
Extract/transfer air heat loss		0 [l/s]		47.00.00	0
Leak heat loss		0.14 [1/h]		47.00.00	319
Total ventilation heat loss in the room:					----- 383
					=====
Total heat loss					2297



Kuva 14. MagiCad Room -mallinnus vanhan pohjakuvan päälle

Kun mallinnus on kerran piirretty, voi tätä mallia hyödyntää myös muissa ohjelmissa. Valmis malli on siirretty IFC-tiedostona tietomallien hallintaan tarkoitettuun Solibri Anywhere -ohjelmaan (kuva 15). IFC-tiedosto tarkoittaa avointa tiedonsiirtomuotoa, jolla malleja voidaan siirtää yhteensopivasta ohjelmistosta toiseen. Solibrista saa helposti esille esim. tilamallin kaikkien komponenttien mittatiedot. Valmista IFC -mallia voisi hyödyntää tarvittaessa myös muissa ohjelmissa, dynaamista laskentamallia hyödyntävällä IDA ICE -ohjelmalla saisi helposti simuloitua esimerkiksi rakennuksen vuotuisen jäähdytystarpeen.



Kuva 15. Mallikuva Solibri -ohjelman tilamallista

Taulukossa 10 on esitetty Solibri -ohjelmasta saatavaa tietoa mallinnetuista tiloista ja rakenteista. Mallin avulla on helppo tarkastaa energialaskennassa tarvittavat mitat ja vaikka ilmansuunnat.

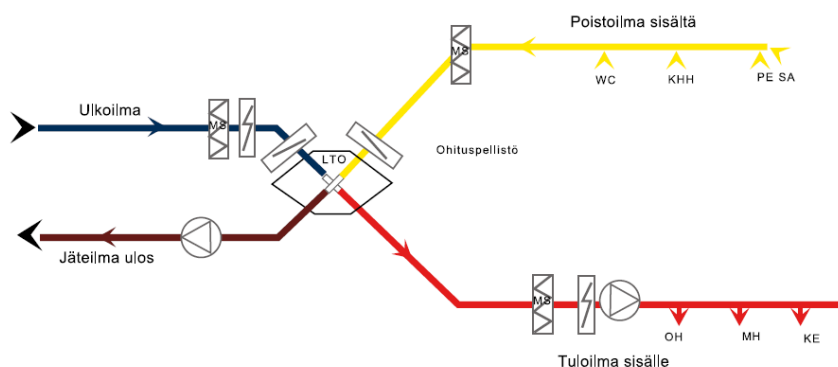
Taulukko 10. Solibrin tilamallin laskentaesimerkki

Rakennusosa	Tyyppi	Pinta-ala (netto)	Pituus	Karmien pituus	Piiri	Tilavuus
1221 Alapohjalaatat	AP1	120,29			46,26	60,15
1236 Yläpohjat	YP1	120,29			46,26	60,15
1241 Ulkoseinät	US_300	1,28	1,22			0,377
1241 Ulkoseinät	US_300	1,95	1,28			0,583
1241 Ulkoseinät	US_300	4,24	3,04			1,05
1241 Ulkoseinät	US_300	7,49	3			2,25
1241 Ulkoseinät	US_300	8,81	3,53			2,64
1241 Ulkoseinät	US_300	23,9	9,56			6,95
1241 Ulkoseinät	US_300	25,76	12,95			7,5
1241 Ulkoseinät	US_300	27,28	12,88			7,96
1242 Ikkunat	I1	1,26	luode	4,6		0
1242 Ikkunat	I1	1,44	luode	4,8		0
1242 Ikkunat	I1	1,68	luode	5,2		0
1242 Ikkunat	I1	1,68	lounas	5,2		0
1242 Ikkunat	I1	1,68	lounas	5,2		0
1242 Ikkunat	I1	2,1	kaakko	5,8		0
1242 Ikkunat	I1	2,52	kaakko	6,4		0
1243 Ulko-ovet	UO1	2		5		0
1311 Väliseinät	VS 01	0,73	0,933			0,055
1311 Väliseinät	VS 01	2,17	1,51			0,184
1311 Väliseinät	VS 01	3,33	2,05			0,283
1311 Väliseinät	VS 01	4,47	1,79			0,38
1311 Väliseinät	VS 01	4,68	1,87			0,389
1311 Väliseinät	VS 01	5,42	3,69			0,452
1311 Väliseinät	VS 01	6,52	2,61			0,55
1311 Väliseinät	VS 01	7,15	3,58			0,608
1311 Väliseinät	VS 01	7,65	3,06			0,646
1311 Väliseinät	VS 01	10,41	4,16			0,885
1311 Väliseinät	VS_100	5,26	2,1			0,513
1311 Väliseinät	VS_100	8,62	4,17			0,862
1311 Väliseinät	VS_100	10,42	4,17			1,03
1315 Väliovet	LUO09	1,8		4,9		0
1315 Väliovet	LUO09	1,8		4,9		0
1315 Väliovet	VO1000	2		5		0
1315 Väliovet	VO800	1,6		4,8		0
1315 Väliovet	VO800	1,6		4,8		0
1315 Väliovet	VO900	1,8		4,9		0
1315 Väliovet	VO900	1,8		4,9		0
1315 Väliovet	VO900	1,8		4,9		0
1315 Väliovet	VO900	1,8		4,9		0

6.1.2 Ilmanvaihdon uusiminen poistoilmapuhaltimesta lämmöntalteenottojärjestelmään

Talossa oli alun perin huippuimurilla toteutettu koneellinen poistoilmanvaihto, jossa tuuloilma johdettiin rakennukseen viiden halkaisijaltaan 80 mm:n venttiilin kautta. Ainut tuuloilman suodatus oli venttiilissä oleva karkeasuodattimen pala. Alkuperäisen IV-suunnitelman mukaan poistoilman määrä rakennuksessa oli 0,046 m³/s ja poistoilmakoneen SFP-luku 1,5 kW/(m³/s). Puhaltimen tehon ohjauksena oli manuaalinen kytkin, jossa oli muutama eri valinta puhaltimen kierrosnopeuksille. Ilmanvaihtojärjestelmä uusittiin

asentamalla uusi vastavirtalevylämmönsiirtimellä varustettu lämmöntalteenottolaite. Ilmanvaihdon kanavoinneissa hyödynnettiin olemassa olevia poistoilmakanavia, joiden lisäksi rakennettiin tarvittavat uudet kanavat ja äänenvaimentimet. (Kuva 16.) Ilmanvaihdon uusimisen yhteydessä myös ilmamäärät mitoitettiin vastaamaan uusien sisäilma-suositusten mukaisia arvoja, jolloin tasapainotettu ilmavirta tulolle ja poistolle on nyt 0,060 m³/s. Valmistajan ilmoittama IV-koneen LTO-hyötysuhde on nyt 78 % ja SFP 1,1 kW/(m³/s).



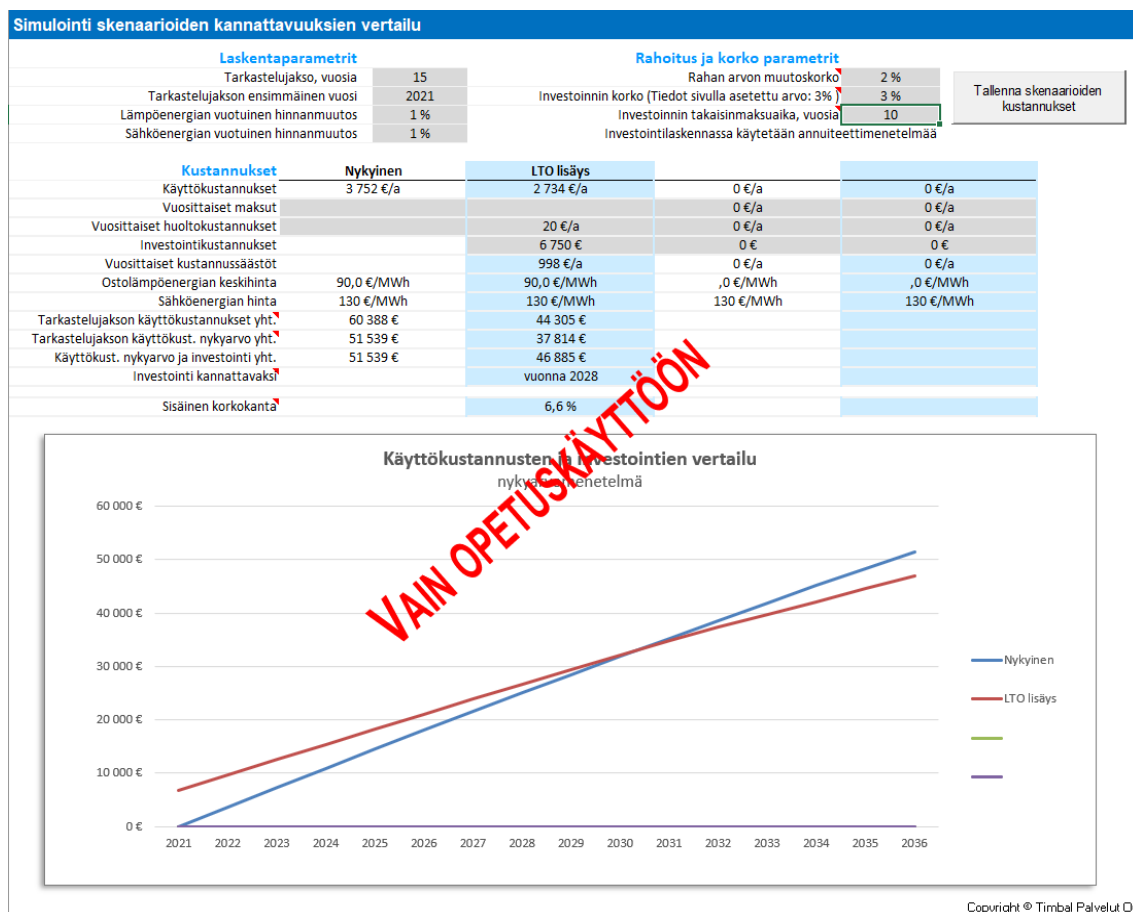
Kuva 16. Ilmanvaihtolaitteen toimintaperiaate.

LTO-kone paransi rakennuksen osto- ja kokonaisenergiankulutusta lähes 28 %, ja vuotuinen säästö alkuperäisiin energiakustannuksiin on hieman alle 1 000 €/vuosi. Takaisinmaksuajaksi saatiin 7 vuotta annetuilla rahoitustiedoilla. (Kuvat 17 ja 18.) Ilmanvaihdon muutoksella oli myös suuri vaikutus asumismukavuuteen. Ilman laatu parani suodatus-ten ansiosta. Asunnon aiempi ”ominaistuuksu” hävisi kokonaan, ja ilmanvaihtotentti-leistä tulleen vedon aiheuttamat ongelmat poistuivat. Myös takan käyttö helpottui oleelli-sesti LTO-koneessa olevan takkatoiminnon ansiosta.

Simulointiskenaarioiden tulosten yhteenveto									
Kohde: Kaalikoski, Talo B B, 00000, ()									
Laskenta skenaario	Osto- ja kokonais-energian-kulutus, kWh/vuosi	Osto- ja kokonais-energian-kustannus	CO ₂ päästöt, kg CO ₂ /a	E-luku ja E-luokka	Vuosittaiset käyttö- ja huolto-kustannukset, €/vuosi	Investointi	Energian säästö, kWh/vuosi	Kustannusten säästö, €/vuosi	Takaisin-maksu-aika, vuotta
Nykyinen rakennus	41758	3 878 €	10536	E (366)	0 €	-	-	-	-
1. LTO lisäys	30345	2 860 €	7478	E (266)	20 €	6 750 €	11413	998 €	7
					0 €				
					0 €				

Copyright © Timbal Palvelut Oy

Kuva 17. LTO-koneen lisäyksen vaikutus



Kuva 18. LTO-koneen kannattavuuden vertailu

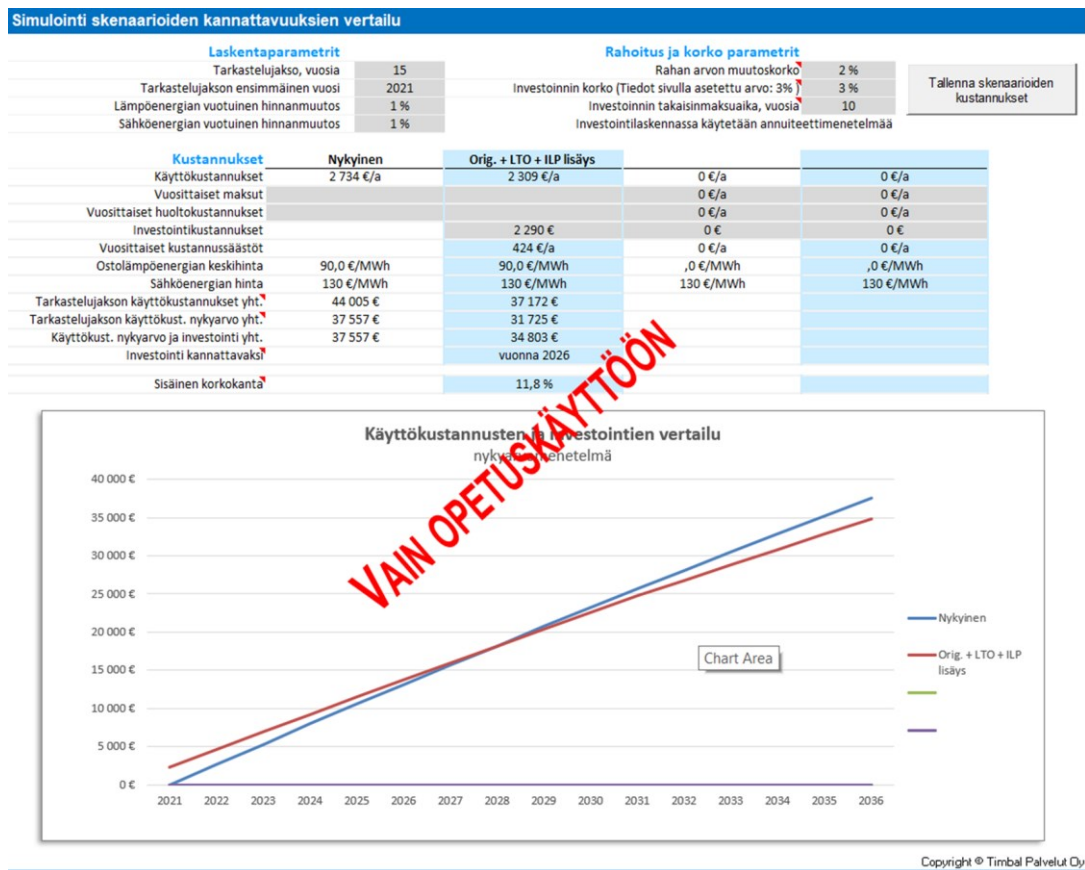
6.1.3 Ilmalämpöpumpun lisäys

Taloon B päätettiin hankkia vuonna 2018 ilmalämpöpumppu parantamaan sisäilmastoa kesähelteillä. Ensimmäinen talvi ilmalämpöpumpun asennuksen jälkeen oli poikkeuksellisen lämmin, joten öljyn kulutus oli melko vähäistä. Vaikka pumpun tuomaa säästöä ei heti havaittu öljylaskuissa, niin vaikutus asuinmukavuuteen oli selvästi havaittavissa. Ilmalämpöpumpun puhaltaman lämpimän ilman kierto tasoitti koko asunnon lämpötiloja ja lämpökerrostumia. Lattialämmityksen termostaattiohjauksessa olevat keskipiirit ovat ilmalämpöpumpun ansiosta nyt lähes koko talven kiinni, ja lämmityksessä selvittää pelkillä ikkunapiirien kierroilla. Ilmalämpöpumpun asennuksen jälkeen osto- ja kokonaisenergian kulutus on pienentynyt lähes 40 % alkuperäisestä ja asumiskustannuksissa säästyy taas yli 400 € vuodessa. Hankinnan takaisinmaksuaika on noin 5 vuotta, joka jo sinänsä on kannattava investointi. Asumismukavuuden parantuminen sekä helteillä, että pakkasilla on kuitenkin ollut ilmalämpöpumpun tuntuvin etu. (Kuvat 19 ja 20.)

Simulointiskenaarioiden tulosten yhteenveto									
Kohde: Kaalikoski, Talo B B, 00000, ()									
Laskenta skenaario	Osto- ja kokonais-energian-kulutus, kWh/vuosi	Osto- ja kokonais-energian-kustannus	CO ₂ päästöt, kg CO ₂ /a	E-luku ja E-luokka	Vuosittaiset käyttö- ja huolto-kustannukset, €/vuosi	Investointi	Energian säästö, kWh/vuosi	Kustannusten säästö, €/vuosi	Takaisin-maksuaika, vuotta
Nykyinen rakennus	30345	2 860 €	7478	E (266)	0 €	-	-	-	-
1. Orig. + LTO + ILP lisäys	25185	2 436 €	6053	D (223)	0 €	2 290 €	5160	424 €	5
					0 €				
					0 €				

Copyright © Timbal Palvelut Oy

Kuva 19. Ilmalämpöpumpun asennuksen vaikutukset



Kuva 20. Ilmalämpöpumpun kannattavuuden vertailu

6.1.4 Öljylämmityksestä luopuminen

Nykyinen hallitus päätti vauhdittaa öljylämmityksen vaihtamista ympäristöystävällisempiin lämmitysmuotoihin ja budjetoitua vuosille 2020–2021 yhteensä lähes 40 miljoonan euron tukipaketin ympärivuotisessa asuinkäytössä olevien pientalojen omistajille öljylämmitysjärjestelmän korvaamiseen muilla lämmitysmuodoilla. Valtion tuki on haettavissa ELY-keskuksen kautta tehtävällä hakemuksella hankkeille, jotka toteutetaan 1.6.2020 jälkeen. Avustusta voidaan myöntää 4 000 euroa, kun öljylämmityksestä siirrytään kaukolämpöön, maalämpöpumppuun tai ilma-vesilämpöpumppuun, tai 2 500 euroa, kun siirrytään muihin lämmitysjärjestelmiin. [20]

Uutta lämmitysmuotoa harkittaessa talo B:ssä päädyttiin alustavasti hankintahinnaltaan huomattavasti edullisempaan vesi-ilmalämpöpumppuun maalämmön sijasta. Vaikka maalämpöpumpulla päästään hieman parempaan lämmöntuoton vuosihyötysuhteeseen, olivat perustamiskustannukset tarjousten perusteella noin 35 % VILP-järjestelmää kalliimmat. Vesi-ilmalämpöpumppujärjestelmiin kuuluu varajärjestelmänä vesivaraajan sähkölämmitin, ja nykyisiin VILP-järjestelmiin on mahdollista liittää myöhemmin myös aurinkosähköjärjestelmä.

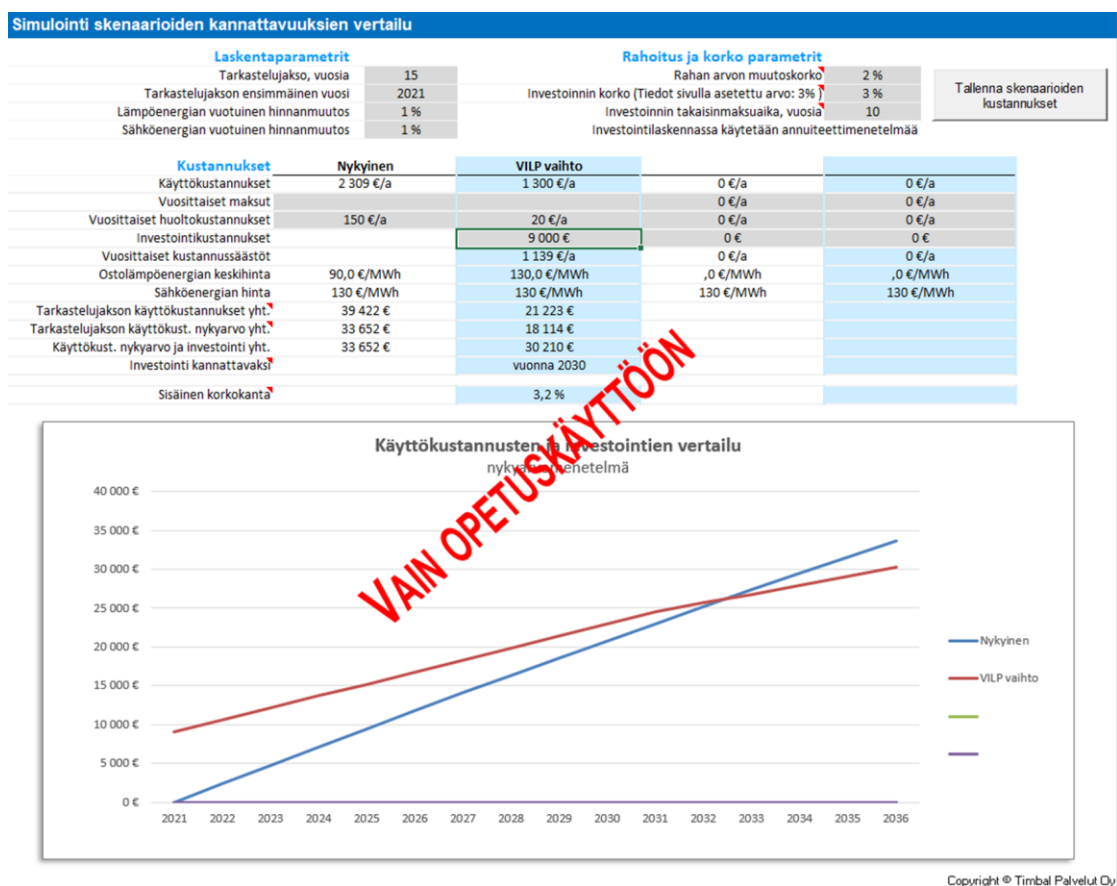
Rakennuksen nykyinen tilanne on kuvassa 21 huomioitu todellisen rakennustason mukaan, jossa on jo tehty aiemmat LTO-konemuutokset ja asennettu ilmalämpöpumppu. Näillä muutoksilla E-luku on jo parantunut alkuperäisestä E (366) luokasta luokkaan D (223) ja vuotuinen energiakulutus on pienentynyt alkuperäisestä n. 40 %. Kun öljylämmitys vaihdetaan pois ja vesi-ilmalämpöpumppujärjestelmä sen tilalle, osto- ja kokonaisenergiankulutus pienenee vielä n. 50 % lisää. Vuosittaisiin käyttö ja huoltokustannuksiin on laskettu nykyisen öljypolttimen vuosihuollot ja uudelle järjestelmälle yksi isompi huolto jyvitettyä 10 vuodelle. Uuden järjestelmän investointihinta perustuu saatuihin tarjouksiin, joista on vähennetty valtion tuki. Hintaan on huomioitu myös vanhan öljylämmitysjärjestelmän poisto.

Simulointiskenaarioiden tulosten yhteenvedo									
Kohde: Kaalikoski, Talo B B, 00000, (I)									
Laskenta skenaario	Osto- ja kokonais-energian-kulutus, kWh/vuosi	Osto- ja kokonais-energian kustannus	CO ₂ päästöt, kg CO ₂ /a	E-luku ja E-luokka	Vuosittaiset käyttö- ja huolto-kustannukset, €/vuosi	Investointi	Energian säästö, kWh/vuosi	Kustannusten säästö, €/vuosi	Takaisin-maksuaika, vuotta
Nykyinen rakennus	25185	2 436 €	6053	D (223)	150 €	-	-	-	-
1. VILP vaihto	11665	1 426 €	2200	B (113)	20 €	9 000 €	13520	1 139 €	9
					0 €				
					0 €				

Copyright © Timbal Palvelut Oy

Kuva 21. VILP-järjestelmän muutos

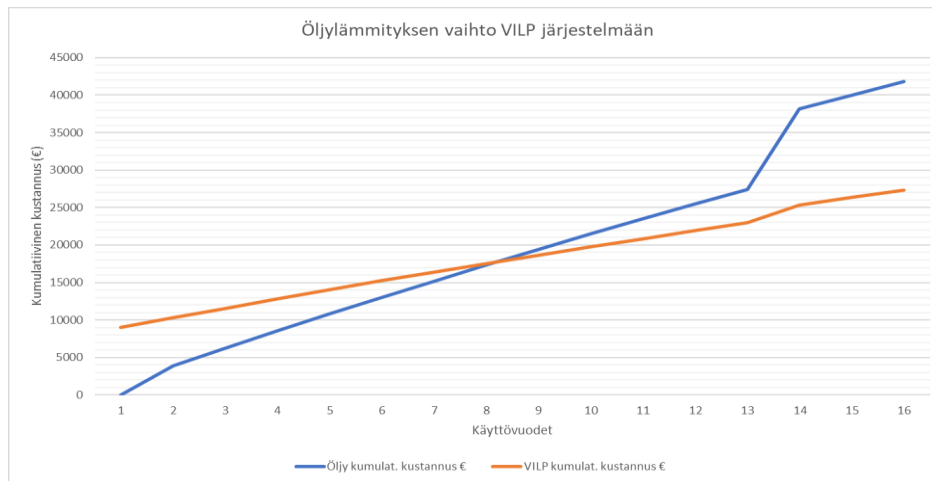
Timbal Energia -ohjelmalla tehty laskelma järjestelmän takaisinmaksuajasta ja investoinnin kannattavuudesta näkyy kuvassa 22. Timbal-laskentatyökalusta puuttuu kuitenkin mahdollisuus lisätä yksittäisiä tarkastelujakson aikana tehtäviä korjaus- tai lisäinvestointi kuluja. Kulut on toki mahdollista huomioida jyvittämällä kulut tasaisesti koko tarkasteluajalle.



Copyright © Timbal Palvelut Oy

Kuva 22. Lämmitysjärjestelmän vaihdon kannattavuus

Vertailulaskelma takaisinmaksuajasta on tehty samat lähtöarvot huomioiden, mutta lisämuuttujina on huomioitu kohteen todellinen tilanne [21]. Vaikka öljykattilalla on käyttöikää jäljellä ehkä 10 vuotta, öljypolttimen uusinta on huollon tekemän arvion mukaan tehtävä 1–2 vuoden kuluessa. Kun nämä kustannukset otetaan huomioon, tulee VILP-investointi kannattavaksi noin vuotta aiemmin (taulukko 11). Vertailulaskennassa on myös huomioitu koko nykyisen järjestelmän uusinta 13 vuoden kuluttua, mutta ilman nyt saatavaa muutostukea. VILP-järjestelmälle on myös budjetoitu mahdollinen suurempi korjaus 13 vuoden kohdalle korjaustarpeen arvion ollessa 10–15 vuotta. (Kuva 23.)



Kuva 23. Lämmitysjärjestelmän vaihdon kannattavuuden kuvaaja

Taulukko 11. Lämmitysjärjestelmän vaihdon laskenta

		VILP	Öljy							
Energia kustannus		1426	2436	€/a						
Reaalinen korko		3,0 %	3,0 %	%						
Energiahinnan korko		1,0 %	1,0 %	%						
huoltokulu		20,0	150,0	€/a						

	Tarkastelu vuosi	Hankinta Hint	huolto	korjaus	energia kustannus €/a	Kustannukset yht €/a	Diskonttauskerroin	Diskonttaus kustannus €/a	VILP kumulat. kustannus €	Vuosi
VILP-järjestelmä	0	9000				9000	1	9000	9000	2021
	1		20		1440	1460	0,97	1418	10418	2022
	2		20		1455	1475	0,94	1390	11808	2023
	3		20		1469	1489	0,92	1363	13171	2024
	4		20		1484	1504	0,89	1336	14507	2025
	5		20		1499	1519	0,86	1310	15817	2026
	6		20		1514	1534	0,84	1284	17101	2027
	7		20		1529	1549	0,81	1259	18361	2028
	8		20		1544	1564	0,79	1235	19595	2029
	9		20		1560	1580	0,77	1211	20806	2030
	10		20		1575	1595	0,74	1187	21993	2031
	11		20		1591	1611	0,72	1164	23157	2032
	12		20		1607	1627	0,70	1141	24298	2033
	13		20	2000	1623	3643	0,68	2481	26779	2034
	14		20		1639	1659	0,66	1097	27875	2035
	15		20		1656	1676	0,64	1075	28951	2036

	Tarkastelu vuosi	Hankinta Hint	huolto	korjaus	energia kustannus €/a	Kustannukset yht €/a	Diskonttauskerroin	Diskonttaus kustannus €/a	Öljy kumulat. kustannus €	Vuosi
Öljylämmitys-järjestelmä	0	0				0	1	0	0	2021
	1		150	1500	2 460	4110	0,97	3991	3991	2022
	2		150		2 485	2635	0,94	2484	6474	2023
	3		150		2 510	2660	0,92	2434	8908	2024
	4		150		2 535	2685	0,89	2386	11294	2025
	5		150		2 560	2710	0,86	2338	13632	2026
	6		150		2 586	2736	0,84	2291	15923	2027
	7		150		2 612	2762	0,81	2246	18169	2028
	8		150		2 638	2788	0,79	2201	20369	2029
	9		150		2 664	2814	0,77	2157	22526	2030
	10		150		2 691	2841	0,74	2114	24640	2031
	11		150		2 718	2868	0,72	2072	26712	2032
	12		150		2 745	2895	0,70	2030	28742	2033
	13		150	13000	2 772	15922	0,68	10842	39585	2034
	14		150		2 800	2950	0,66	1950	41535	2035
	15		150		2 828	2978	0,64	1912	43447	2036

Laskelmista näkyy investoinnin takaisinmaksuaika, joka on 9 000 eurolla n. 8–9 vuotta riippuen laskennassa huomioitavista tekijöistä. Ilman valtion nyt tarjolla olevaa 4 000 euron tukea takaisinmaksuajaksi tulisi yli 14 vuotta. Lisäksi investoinnin sisäinen korkokanta putoaisi -3,5 %:iin, jolloin investoinnin kannattavuus seuraavan 15 vuoden tarkastelujakson aikana olisi hyvin marginaalinen, ellei öljyn hinta muutu oleellisesti nykyistä kalliimmaksi.

Taulukko 12. Talotekniikan muutosten vaikutus

Laskenta skenaario talo-B muutokset	Osto- ja kokonaisenergian kulutus kWh/vuosi	CO ₂ päästöt, kg CO ₂ /vuosi	E-luokka ja E-luku	Osto- ja kokonais energian kulutuksen muutos alkuperäiseen
Alkuperäinen rakennus	41758	10536	E (366)	0,0 %
LTO-koneen lisäys	30345	7478	E (266)	27,3 %
ILP- lisäys	25185	6053	D (223)	39,7 %
lopullinen rakennus, LTO+ILP+VILP	11665	2200	B (113)	72,1 %

Vaikka lämmitysmuodon vaihdolla on muitakin positiivisia vaikutuksia esim. kiinteistön aiheuttamiin CO₂-päästöihin tai aleneviin huoltokuluihin, ohjaa raha tämänkin kiinteistön ylläpitoa. Tämä valtion 4 000 euron avustus on talo B:n lämmitysmuodon vaihdon suunnittelun kannalta liikkeellepaneva kannustin. Ilman tätä tukea jatkettaisiin vähintään seuraavat 10–15 vuotta öljylämmityksellä ja jo tehdyillä LTO- ja ILP- muutoksilla. Ainoana suunnitelmallisena investointina tulisi öljypolttimen uusiminen muutaman vuoden kuluessa.

6.1.5 Rakenteellisia muutoksia

Vaikka lämpöhäviöiden osuus on suuri rakennuksen energiankulutuksessa, on olemassa olevan rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen rakenteiden osalta vähintäänkin haasteellista. Jos talossa on maanvarainen betonilattia ja siinä vesikiertoinen lattialämmitys, ei alapohjalle ole ainakaan kustannustehokkaita parannusmahdollisuuksia olemassa. Jokainen rakennus on siis arvioitava omana kokonaisuutenaan, kun energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä suunnitellaan.

Esimerkkitalossa B tehtyjen simulointien perusteella 90-luvulla tehtyjä kolmikerroksisia ikkunoita tai alkuperäisiä ovia ei ehjänä kannata vaihtaa, takaisinmaksuajaksi näille muutoksille tuli reilusti yli 40 vuotta nykyisellä tilanteella. Jos muutoksia suunniteltaisiin VILP-asennuksen jälkeen, ei ovien ja ikkunoiden muutoksella saavuteta yli 550 kWh/a säästöä ja tuolloin takaisinmaksuaika on yli 70 vuotta. Yläpohjan lisäeristystä sen sijaan kannattaa jo harkita, 200 mm:n lisäeristeellä lämmöneristys paranisi U-arvosta 0,16 W/m²K uuden rakennuksen suunnitteluarvoon 0,09 W/m²K [22]. Tämänkin muutoksen takaisinmaksuaika nykyisessä tilanteessa on lähes 15 vuotta, ja jos energialuokka paranee VILP-muutoksella B (115) tasolle, lisäeristyskin on kyseenalainen investointi lähes 60

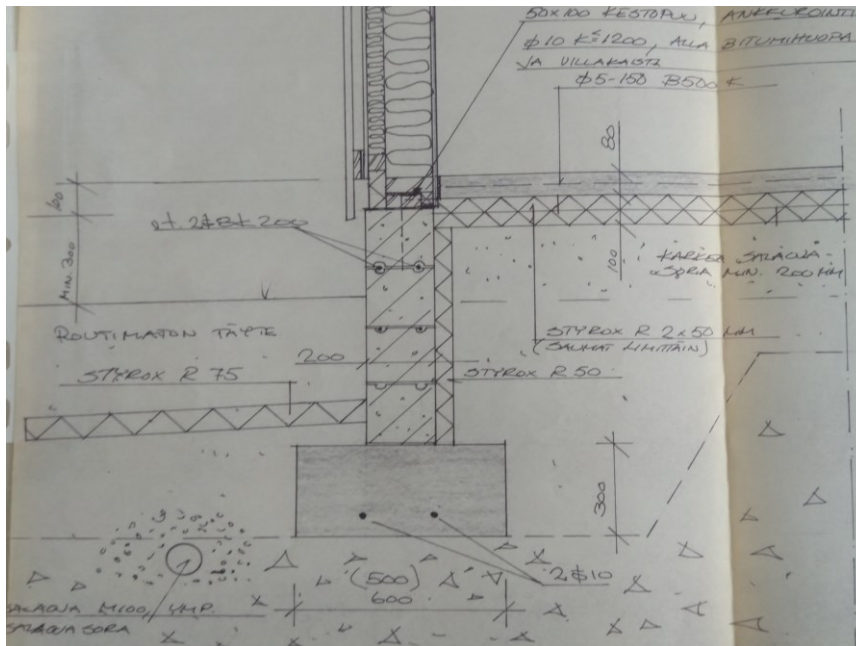
vuoden takaisinmaksuajalla. Johtopäätöksenä rakenteellisten muutosten simuloinnista voi sanoa, että ehjää olemassa olevaa rakennetta kannattaa huoltaa ja pitää kunnossa, eikä tehdä ainakaan harkitsemattomia uusimisia. Mikäli rakenne on vaurioitunut, kannattaa korjauksen yhteydessä luonnollisesti huomioida myös energiatehokkuuden parantaminen.

6.1.6 Hulevesi- ja salaojajärjestelmät

Ympäristöministeriön antamat rakennusten kosteusteknistä toimivuutta koskevat määräykset ja ohjeet (C2) uusittiin vuonna 1998, ja uudet määräykset korvasivat vuodelta 1975 olevat määräykset. Uutta C2-ohjetta sovellettiin kuitenkin vasta 1.9.1999 rakennuslupansa saaneisiin rakennuksiin, eli käytännössä koko 90-luvun rakennuskanta on tehty vanhan C2-ohjeistuksen mukaan. Rakennuksen kosteustekniset vaatimukset ulkopuolisten vesien osalta oli vanhassa (1975) C2:ssa katettu muutamalla lauseella, joissa määrätään, että rakenteiden on estettävä maahan valuvien pintavesien haitallinen tunkeutuminen rakenteisiin ja rakennuksen sisälle. Rakennus oli salaojitettava tarvittaessa siten, ettei rakennuksen alapuolelle muodostu vapaata vedenpintaa. Myöskään vuonna 1987 voimaan astunut D1:n määräys kiinteistöjen vesi ja viemärlaitteistoista ei anna varsinaisia määräyksiä salaojista. D1 vuodelta 1987 määrää kuitenkin, että salaojavedet on johdettava pois siten, ettei niistä aiheudu haittaa kiinteistön jäte- ja sadevesilaitteistolle. Määräysten ja ohjeiden puutteellisuus salli varsin vapaan toiminnan hule- ja sadevesien käsittelyssä, joten ennen vuoden 1998 C2:n kosteusmääräyksiä asennetuissa salaojissa on todennäköisesti puutteita.

Tämän opinnäytetyön molemmat esimerkkitalot ovat 90-luvun lopulla valmistuneita, joten vuoden -98 C2-ohjeistus oli jo tiedossa ja sen mukaan on suunniteltu molemmissa taloissa ulkoisten vesikuormien käsittely. Talossa A antura on kaupungin hulevesijärjestelmän viemäroinnin padotuskorkeuden alapuolella. Kiinteistölle rakennettiin rauhoituskaivo, johon johdetaan sekä salaojien että sadevesikaivojen vedet. Rauhoituskaivosta vedet pumpataan kaupungin hulevesijärjestelmään, josta kyseisen katuosuuden päässä vedet johdetaan avo-ojaan. Koska salaojat ovat padotuskorkeuden alapuolella, rauhoituskaivo varustettiin padotusventtiiliin lisäksi kahdella pumpulla ja hälytysjärjestelmällä tulvariskin välttämiseksi.

Talo B on salaoja- ja hulevesijärjestelmän suhteen huomattavasti yksinkertaisempi. Talon hulevesijärjestelmässä sadevedet imeytetään tontilla maaperään. Sadevesikaivojen purku on toteutettu reiällisellä salaojaputkella, jolla vesi johdetaan maan alla tontin laidoilla oleviin imeytyskaivoihin. Käytännössä järjestelmä toimii suunnitellusti ns. normisaateella, mutta kovalla rankkasateella järjestelmän imeytiskyky ei ole riittävä ja vesi tulvii sadevesikaivoista yli. Tulvimista pyritään estämään pitämällä säännöllisellä huollolla purkuputkisto mahdollisimman puhtaana lietteestä ja tulvimisen aiheuttamia vahinkoja pyritään estämään ohjaamalla vedenkulkua pintamaan rakenteilla ja muotoilulla. Salaojien toteutus on tehty kuvan 24 mukaan ja rakennusta kiertävät putket on yhdistetty tarkas- tускаivojen kautta purkuputkiin, joilla myös salaojavedet imeytetään maastoon. Huleve- sijärjestelmän toimivuutta ja pitkäikäisyyttä parantaa myös käyttäjien toimenpiteet. Sok- kelin vierustalle on tehty sorakaista, jolla varmistetaan pintavesien hyvä imeytyminen ja huolehditaan, ettei istutuksia tule liian lähelle talon sokkeliä.



Kuva 24. Talo B:n salaojitus toteutus

7 Sähköisen talotekniikan muutos talo B:ssä

Sähkön osalta talotekniikka on kehittynyt kolmessa vuosikymmenessä melkoisin harppauksin, ja vaikka kotitalouksissa sähköä käytetään aina vain useammissa kohteissa, samaan aikaan myös laitteiden energiatehokkuus on parantunut. Esimerkiksi valaistukseen käytettävä energia on pudonnut LED valaisimien yleistyessä huomasti. Ennen keittiön katossa oli 6 kappaletta 50 W:n halogeenilamppuja, nyt siellä on 6 kappaletta 5 W:n LED-lamppua. LED-valaistusta käyttämällä päästään siis lähes kymmenesosan kulutukseen aiempaan verrattuna.

Kuluttajien tietoisuutta koneiden ja laitteiden energiakulutuksen määrästä pyritään parantamaan laitteille laadittavilla energiamerkeillä. Energiamerkki kertoo laitekohtaista tuotetietoa. Laitteen energiatehokkuus ilmaistaan laiteryhmän mukaan energialuokalla D - A+++. Vuosikulutus ilmaistaan kilowattitunteina. Energiamerkissä voi olla myös laiteryhmäkohtaista teknistä tietoa, kuten pesu- tai kuivaustulos tai vaikka tietoa laitteen äänitasosta [23]. Kiinteistön energiatehokkuutta on nykyään mahdollista parantaa myös esim. aurinkosähköjärjestelmällä. Paikallisesti tuotettua aurinkosähköä voidaan hyödyntää monin eri tavoin. Vaikka aurinkoenergian tuotto on suurinta keskipäivällä ja kulutus yleensä samaan aikaan kaikkein vähäisintä, voidaan auringosta saatava hyötyenergia käyttää vaikkapa vesivaraajan lämmitykseen tai sähköauton lataukseen. Näin energiaa varaamalla päästään tasaamaan tuoton ja kulutuksen huippuja. Osa paikallisista energiayhtiöistä myös ostaa yksityisiltä aurinkopaneelien päivällä tuottaman ylimääräisen energian, joka syötetään energiayhtiön verkkoon. Näin aurinkopaneelien tuottama energia saadaan täysimääräisesti hyödynnettyä.

Talotekniikan eri osa-alueista tietotekniikan muutos on kenties kaikkein suurinta. 90-luvulla suurin osa kotitalouksista sai datayhteytensä puhelinliittymän kautta ISDN-moodeilla, jossa silloiset datasiirtonopeudet olivat muutaman sadan kilobitin luokkaa. Vuosikymmenen lopulla aikansa huippua edusti kaapeli-TV:n liittymän kautta saatava datayhteys 10 Mbit/s, joka omakotitaloissa oli vielä hyvin harvinainen. Datan käyttö rajoittui tuolloin vielä pitkälti koti-PC:n käyttöön, ja vasta 2000-luvun loppupuolella markkinoilla yleistyivät etäluettavat mittalaitteet, joista on esimerkkinä GPRS-datayhteyttä hyödyntävä kaukolämmön etäluenta. Nykyään esimerkiksi kaikki uudet sähkömittarit ovat etäluettavia, ja moniin pientaloihinkin asennetaan jo omia valvontakeskuksia, joiden kautta kaikkea talon energiankulutusta voidaan valvoa ja ohjata. Haasteena vanhemmissa taloissa

on kunnollisen kaapeloinnin puute. Pientaloissa lyhyet etäisyydet mahdollistavat kuitenkin helposti toteutettavan langattoman lähiverkon hyödyntämisen. Langaton WLAN-ominaisuus on lähes kaikissa uusissa laitteissa, esim. taloon B asennettua ilmalämpöpumpua voidaan ohjata langattomasti web-käyttöliittymän kautta. Myös monet talojen turvallisuutta parantavat laitteet hyödyntävät langattomia lähiverkkoja. Taloihin asennettavia vartiointijärjestelmiä voidaan ovi- ja murtovalvontajärjestelmien lisäksi hyödyntää monin tavoin. Järjestelmiin on mahdollista liittää langattomia paloilmittimia, pistorasioita tai vaikka vuodonilmaisimia vesivahinkojen minimoimiseksi. Langattomia WLAN-verkkoja hyödyntäen saadaan siis myös vanhempaan omakotitaloon hyvinkin edullisesti rakennettua turvallinen ja toimiva dataverkko. Mikäli taloon ei ole saatavilla kiinteätä valokuitua tai esim. VDSL-yhteyttä, voidaan runkoverkkoliittymä toteuttaa nykyään myös langattomasti hyödyntäen kaupallisia LTE- tai 5G-verkkoja.

8 Pohdinta

Kaikkiin kiinteistöihin pätee ainakin yksi yhteinen tekijä: aika. Ajan hammas nakertaa jo kaista kiinteistöä sisältä ja ulkoa. Tässä taistelussa ainoa todellinen ase on raha. Omakotitalon omistajan tärkein kiinteistönhoidollinen tavoite pitäisi olla pitää huolta omaisuudesta. Yleisesti ajatellen tämän voisi olettaa johtavan suunnitelmalliseen kiinteistöjen kunnossapitoon, jolloin hyvällä suunnittelulla varmistetaan oikea-aikaiset huollot, varaudutaan tuleviin peruskorjauksiin ja investoinnit budjetoidaan järkevällä tavalla.

Asuinkiinteistöjen puolella ylläpidon haasteet näkyvät mielestäni selvemmin kuin toimitilakiinteistöissä. Omistajat koostuvat yleensä talon asukkaista, kiinteistönpidon kannalta maallikoista, joilla on todellisuudessa suuri vastuu usein itselleen oudoista asioista. Omistajilla voi olla hyvinkin erilaisia näkemyksiä esimerkiksi halutusta laatutasosta huollon ja kunnossapidon suhteen. Perushuollot, kuten ikkunoiden korjaukset tai vaikka huoltomaalaukset, voidaan nähdä hyvinkin eri tavalla tarpeellisina. Rakennusten ylläpidon kannalta tärkein tekijä on kuitenkin siis aina raha. Huono huoltotoimenpiteiden suunnittelu ja budjetointi voi aiheuttaa kustannusten kasaantumista. Pahimmassa tapauksessa tästä seuraa, että asukkaat eivät enää tee tai teetä omia remonttejaan ajallaan, mikä vuorostaan johtaa kunnossapidon heikkenemiseen ja aikanaan talojen rapautumiseen. Maankäyttö- ja rakennuslaki kuitenkin velvoittaa omistajan huolehtimaan omaisuudestaan ja pitämään sen turvallisena käyttä. Pitäisi korjata kaiteet, pitää huolta piha-

alueiden kunnosta ja modernisoida datayhteydet. Hyvä pientaloasuja huolehtii kiinteistön ylläpidosta pitämällä kiinteistönhallinnan ”hanskassa” hyvällä suunnittelulla, varmista-
malla että talossa on ajan tasalla oleva huoltokirja, PTS-suunnitelmat ja tarvittavat kor-
jaussuunnitelmat budjetteineen. Suomessa on yli miljoona pientaloa, joihin on sidottu
valtava määrä kansallista pääomaa, ja tästä omaisuudesta olisi hyvä huolehtia kunnolla.

Kaikkea ei kuitenkaan voi, tai ainakaan pitäisi, laskea rahassa. Asumismukavuudelle on
vaikea laskea hintaa, vaikka esim. ilmanvaihtokoneelle se voidaan monelta kantilta mää-
ritellä. Monet kiinteistöön kohdistuvat hankinnat perustellaan pelkillä kustannuslaskel-
milla ja takaisinmaksuajoilla, vaikka todellisuudessa tuntuvin hyöty on suoraan asumis-
mukavuudessa. Hyvä sisäilmasto, jossa on mukavasti lämmintä sekä puhdasta ilmaa,
on varmasti hintansa väärti. Kiinteistön hyvä ylläpito auttaa myös säilyttämään omaisuu-
den jälleenmyyntiarvoa. Hyvä kunto ja pienemmät asumiskulut ovat varmasti myynti-
valtti, kun taloa myydään. Nykyaikana monet korostavat myös ympäristöarvojen merki-
tystä ja arvostavat taloon tehtävien muutosten vaikutuksia pieneneviin hiilidioksidipääs-
töihin sekä uusiutuvien energiamuotojen käytön lisäämiseen. Talotekniikan parantami-
nen ei siis ole pelkkää kustannusten hallintaa, vaan myös hyvä keino parantaa omaa
elämisen laatua.

Lähteet

- 1 Suomen virallinen tilasto (SVT): Asunnot ja asuinolot. 2019. Verkkoaineisto. Helsinki. Tilastokeskus. <<http://www.stat.fi/til/asas/2019/01/index.html>> Luettu 15.1.2021
- 2 Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennus- ja asuntotuotanto. Verkkoaineisto. Helsinki. Tilastokeskus. <<http://www.stat.fi/til/ras/index.html>> Luettu 15.1.2021
- 3 Paikkatietoikkuna. 2021. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?lang=fi>> Luettu 19.1.2021
- 4 Suomen virallinen tilasto (SVT): Vanhojen omakotitalojen hintaindeksi 1985=100, ketjutetut sarjat, vuosittain, 1985–2019. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__kihi__vv/statfin_kihi_pxt_11jn.px/> Luettu 22.1.2021
- 5 Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennuskustannusindeksi talotyypeittäin 1990=100, 1990–2020. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__hin__rki__vv/statfin_rki_pxt_11nz.px/> Luettu 22.1.2021
- 6 Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/korjausrakentamisen-strategia>> Luettu 23.1.2021
- 7 Lämmitys. 2020. Verkkoaineisto. Energiatehokas koti. <https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys> Luettu 19.1.2021
- 8 Kiinteistönpitokirja Ennen RakMK A4:n voimaantuloa rakennettu kiinteistö (KP2). Marraskuu 2016. KH 90-00657. Rakennustietosäätiö.
- 9 Asuinkiinteistön Kuntoarvio, Kuntoarvioijan ohje. Helmikuu 2019. RT-103003. Rakennustietosäätiö
- 10 Kiinteistön Kuntoarvio, Kuntoluokan määräytyminen. Syyskuu 2019. RT-103098. Rakennustietosäätiö.
- 11 Asuntoyhtiön korjaushankkeen kulku. Elokuu 2010. KH 90-00466. Rakennustietosäätiö.
- 12 LVV-kuntotutkimus, Tilaajan ohje. Lokakuu 2014. RT 18-11165. Rakennustietosäätiö.

- 13 Pientalon huoltokirja. 2008. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö.
<https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Pientalot/Suunnitelmallinen_talompito/Pientalon_huoltokirja> Luettu 20.1.2021
- 14 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. Kesäkuu 2008. KH 90-00400. Rakennustietosäätiö
- 15 Asuinkiinteistön kunnossapitosuunnitelman laatiminen. Huhtikuu 2018. RT 18-11295. Rakennustietosäätiö.
- 16 Käyttöikälaskin, Rakennusosien ja talotekniikan kunnan määrittely. 2009. Rakennustieto Oy
- 17 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Suomen säädöskokoelma 1048/2017. Säännökset huhtikuu 2018. RT RakMK-21764. Rakennustieto Oy.
- 18 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, Ohjeet 2018. Säännöskortti helmikuu 2020. RT RakMK-103174. Rakennustieto Oy
- 19 Nieminen, Jyri; Virta, Jari. 2016. Rakennusten lisälämmöneristäminen. E-kirja. Kiinteistöalan kustannus Oy ja ympäristöministeriö.
- 20 Avustus pientalon öljylämmityksestä luopumiseksi. Verkkoaineisto. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. <<https://www.ely-keskus.fi/oljylammituksen-vaihtajalle>> Luettu 15.12.2020
- 21 Heikkinen, Lauri. 2020. Investointien kannattavuuslaskenta. Luentomoniste. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 22 U-arvojen laskenta. Verkkoaineisto. D.O.F. tech Oy ja Saint-Gobain Finland Oy. <<https://www.laskentapalvelut.fi/kirjauduttu.php>> Luettu 11.2.2021
- 23 Energiamerkintä. 2020. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/kestava_kuluttaminen_ja_hankinnat/energiamerkinta> Päivitetty 4.12.2020. Luettu 22.2.2021
- 24 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Suomen säädöskokoelma 1010/2017. Säännökset huhtikuu 2018. RT RakMK-21763. Rakennustieto Oy.