Energiavirasto

16.06.2020

RAPORTTI

CH191732.002

Lämmityksen ja jäähdytyksen käyttäjäkohtainen mittaaminen ja kustannusten jakaminen

GRANLUND CONSULTING OY
MALMINKAARI 21, PL 59
00701 HELSINKI

PUHELIN 010 759 2000
ETUNIMI.SUKUNIMI@GRANLUND.FI
WWW.GRANLUND.FI

Y-TUNNUS 2654080-6
KOTIPAIKKA HELSINKI

Sisällysluettelo

1 SELVITYSTEHTÄVÄ JA TAUSTAA 5
1.1 Energiatehokkuusdirektiivin uusi 9b artikla 5
1.2 Selvitystehtävän tavoitteet 5
1.3 Huoneistokohtaiset energiamittarit ja laskutusmenettelyt Suomessa 6
1.4 Ohjausryhmä 6
2 ENERGIAN KULUTUS 7
2.1 Johdanto 7
2.2 Mihin energiaa kuluu 7
2.3 Mistä tilojen energiankulutus muodostuu 8
2.4 Huoneiston käyttäjän vaikutusmahdollisuudet 9
2.5 Energian kulutuksen muutokset 9
2.5.1 Asuinkerrostalot 10
2.5.2 Toimistorakennukset 12
2.5.3 Liikerakennukset 13
2.6 Tulevaisuuden trendit 14
3 SISÄLÄMPÖTILA 16
3.1 Asumisterveysasetus 16
3.2 YM:n asetus sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 16
3.3 Sisäilmastoluokitus 16
3.4 Johtopäätökset 17
4 TEKNINEN TOTEUTETTAVUUS 18
4.1 Tarkasteltavat rakennustyypit 18
4.2 Teknisen toteutettavuuden määritelmä 18
5 HUONEISTOKOHTAISEN ENERGIAMITTAUKSEN TEKNISEN TOTEUTETTAVUUDEN TARKASTELUMENETELMÄ 20
5.1 Huoneisto 20

5.2 Tyypillisten LVI-järjestelmien periaatteet 21
5.3 Energian mittauksen nykyiset käytännöt 21
5.4 Sisäolosuhteet 21
5.5 Huoneiston käyttäjän vaikutusmahdollisuus energiankulutukseen 22
5.6 Huoneistokohtaisen lämmön ja jäähdytyksen mittauksen tekninen toteutettavuus 22
5.7 Johtopäätös 22

6 TEKNINEN TOTEUTETTAVUUS ASUINKERROSTALOISSA 23

6.1 Huoneisto asuinkerrostalossa 23
6.2 Tyypillisten LVI-järjestelmien periaatteet 24
6.2.1 Lämmitysjärjestelmä 24
6.2.2 Lämmin käyttövesi 24
6.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmä 24
6.2.4 Jäähdytysjärjestelmä 24
6.2.5 LVI-järjestelmät eri ikäisissä asuinkerrostaloissa 25
6.3 Energian mittauksen nykyiset käytännöt asuinkerrostaloissa 28
6.4 Sisäolosuhteet 28
6.5 Asukkaan vaikutusmahdollisuudet energiankulutukseen 28
6.6 Huoneistokohtaisen mittauksen tekninen toteutettavuus ja sen esteet asuinkerrostaloissa 29
6.6.1 Yleistä 29
6.6.2 Tyypillinen nousulinjainen patteriverkostoratkaisu 29
6.6.3 Huoneistokohtainen jakotukkiratkaisu 30
6.7 Johtopäätökset 31

7 TEKNINEN TOTEUTETTAVUUS TOIMISTORAKENNUKSISSA 33

7.1 Huoneisto toimistorakennuksissa 33
7.2 LVI-järjestelmät eri ikäisissä toimistorakennuksissa 33
7.2.1 Lämmitys 33
7.2.2 Ilmanvaihto 33
7.2.3 Jäähdytys 33
7.2.4 LVI-järjestelmät eri ikäisissä toimistorakennuksissa 33
7.3 Energian mittauksen nykyiset käytännöt 36
7.4 Sisäolosuhteet 36
7.5 Käyttäjän vaikutusmahdollisuudet energiankulutukseen 36

7.6 Huoneistokohtaisen energian mittauksen tekninen toteutettavuus ja sen esteet toimistorakennuksissa 37
7.6.1 Yleistä 37
7.6.2 Tavanomainen nousulinjainen patteriverkosto 37
7.6.3 Kerroksen vaakalinjoihin kytketty lämmitys ja jäähdytys 37
7.6.4 Säteilykattoelementit 38

7.7 Johtopäätökset 39

8 TEKNINEN TOTEUTETTAVUUS LIIKERAKENNUKSISSA 41

8.1 Huoneisto liikerakennuksissa 41

8.2 LVI-järjestelmät eri ikäisissä liikerakennuksissa 41
8.2.1 Lämmitys 41
8.2.2 Ilmanvaihto 42
8.2.3 Jäähdytys 42

8.3 Energian mittauksen nykyiset käytännöt 43

8.4 Sisäolosuhteet 44

8.5 Käyttäjän vaikutusmahdollisuudet energiankulutukseen 44

8.6 Huoneistokohtaisen energian mittauksen tekninen toteutettavuus ja sen esteet liikerakennuksissa 44

8.7 Johtopäätökset 45

9 KUSTANNUSTEHOKKUUDEN TARKASTELU 46

10 ENERGIAKUSTANNUSTEN JAKAMINEN 47

10.1 Energiatehokkuusdirektiivin uusi vaatimus kustannusten jakamisen säännöistä 47

10.2 Lämmityksen ja jäähdytyksen kustannusten jakamisen käytännöt nykyisin 47
10.2.1 Nykyinen sääntely asunto-osakeyhtiölaissa 48
10.2.2 Tulevat muutokset sääntelyyn asunto-osakeyhtiölaissa 49

10.3 Periaatteet kustannusten jakamiseen 50
10.3.1 Lämmitys 50
10.3.2 Jäähdytys 52

11 YHTEENVETO 55

1 Selvitystehtävä ja taustaa

1.1 Energiatehokkuusdirektiivin uusi 9b artikla

Vuonna 2018 voimaan tulleen Energiatehokkuusdirektiivin muutoksen keskeisenä sisältönä, 9 - 11 artikloiden kokonaisuutta koskien, ovat aiempaa yksityiskohtaisemmat säännökset kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen kulutuksen mittauksesta ja mittaukseen perustuvasta laskutuksesta ja kulutustietojen jakamisesta sekä loppuasiakkaalle että loppukäyttäjälle. Direktiivin mukaan kansalliset säädökset on saatettava direktiivin mukaisesti voimaan 25.10.2020.

Direktiivin mukaan kuluttajille annettavilla tosiasiallisilla energiankulutusta koskevilla selkeillä ja ajantasaisilla tiedoilla voidaan vähentää energiankulutusta ja pienentää energialaskuja. Lämpö- ja jäähdytysenergian sekä lämpimän veden mittaaminen on toteutettava direktiivin mukaisesti etäluettavalla mittarilla, jotta kuluttajat saisivat kulutustietonsa kustannustehokkaalla tavalla riittävän säännöllisesti.

Direktiivin 9b artiklan 1 kohdan mukaan moniasuntoisiin ja moneen eri tarkoitukseen käytettäviin rakennuksiin, joissa on keskuslämmitys tai -jäähdytys tai jotka käyttävät kaukolämpö- tai kaukojäähdytysjärjestelmää, on asennettava käyttäjäkohtaiset mittarit, jotka mittaavat lämmityksen ja jäähdytyksen kulutusta kunkin yksikön osalta, jos tämä on teknisesti toteutettavissa ja kustannustehokasta oikeassa suhteessa mahdollisiin energiansäästöihin.

Jos käyttäjäkohtaisten kulutusmittareiden käyttö ei ole teknisesti mahdollista tai kustannustehokasta lämmityksen mittaamiseksi kussakin yksikössä, on käytettävä käyttäjäkohtaisia lämmityskustannusten jakolaitteita mittaamaan lämmönkulutusta kussakin lämpöpatterissa. Jos kyseinen jäsenvaltio kuitenkin osoittaa, että tällaisten lämmityskustannusten jakolaitteiden asentaminen ei olisi kustannustehokasta, voidaan harkita vaihtoehtoisten kustannustehokkaiden menetelmien käyttöä lämmönkulutuksen mittaamisessa. **Kunkin jäsenvaltion on julkaistava selvästi esitettyinä yleiset perusteet, menetelmät ja/tai menettelyt, joilla määritellään tekninen mahdottomuus ja kustannustehottomuus.**

Direktiivin 9b artiklan 3 kohdan mukaan jäsenvaltioiden on varmistettava, että niillä on voimassa käyttäjäkohtaisen kulutuksen laskennan avoimuuden ja täsmällisyyden varmistamiseksi **läpinäkyvät, julkisesti saatavilla olevat kansalliset säännöt, jotka koskevat lämmityksen, jäähdytyksen ja lämpimän käyttöveden kulutuksen kustannusten jakamista** moniasuntoisissa tai moneen eri tarkoituksen käytettävissä rakennuksissa, joihin toimitetaan kaukolämpöä tai -jäähdytystä.

1.2 Selvitystehtävän tavoitteet

Tässä selvityksessä hahmotellaan periaatteita huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen teknisen toteutettavuuden tarkastelemiseksi. Periaatetta on kehitetty asuinkerrostalojen, toimistorakennusten ja liikerakennusten osalta tarkastelemalla tyypillisten suomalaisten rakennusten huoneistoja ja niiden LVI-järjestelmiä sekä huoneiston käyttäjän vaikutusmahdollisuuksia energiankulutukseen.

Tässä selvityksessä käytetään termiä huoneistokohtainen energian mittaus, vaikka direktiivissä puhutaan käyttäjäkohtaisesta mittauksesta. Termin valinta on tehty siksi, että tilan tai huoneiston fyysisellä käyttäjällä ei kaikissa tapauksissa ole vastuuta huoneiston energiankulutuksesta tai energialaskun maksusta.

Tässä selvityksessä luonnostellaan myös kansalliset periaatteet säännöistä lämmityksen ja jäähdytyksen kustannusten jakamisesta moniasuntoisessa ja moneen eri tarkoitukseen käytettävässä rakennuksessa.

1.3 Huoneistokohtaiset energiamittarit ja laskutusmenettelyt Suomessa

Rakennusten vesi- ja viemärilaitteistoja koskevien rakentamismääräysten mukaisesti huoneistokohtaisten vesimittareiden asentaminen tuli pakolliseksi uudisrakennuksissa 3.1.2011. Linjasaneerauksissa huoneistokohtaisten mittarien asentaminen on ollut pakollista vuoden 2013 alusta lähtien, kun korjausrakentamisen energiatehokkuutta koskevat määräykset tulivat voimaan. Huoneistokohtaisista lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksista ei ole ollut vaatimuksia kansallisissa säädöksissä.

Huoneistokohtaisia lämmitys- ja jäähdytysenergian mittareita on Suomessa käytetty hyvin vähän. Joissakin tapauksissa niitä on asennettu uusiin liikerakennuksiin ja kauppakeskuksiin, kun kyseessä on suuria yksittäisellä vuokralaisella olevia tiloja. Asuin- ja toimistorakennuksissa niitä ei ole juurikaan asennettu. Todelliseen mitattuun kulutukseen perustuvaa lämmitys- ja jäähdytysenergian laskutusta ei ole toteutettu kuin harvoissa poikkeustapauksissa.

1.4 Ohjausryhmä

Selvitystehtävä on toteutettu Energiaviraston toimeksiannosta. Työtä ohjanneessa ohjausryhmässä on ollut edustus myös työ- ja elinkeinoministeriöstä sekä ympäristöministeriöstä.

Ohjausryhmään ovat kuuluneet seuraavat henkilöt:
Heikki Väisänen, Energiavirasto
Tiina Sekki, Energiavirasto
Ida Bergmann, Energiavirasto
Pentti Puhakka, työ- ja elinkeinoministeriö
Eriika Melkas, työ- ja elinkeinoministeriö
Pia Kotro, työ- ja elinkeinoministeriö
Kaisa Kauko, ympäristöministeriö

Selvityksen ovat toteuttaneet Granlund Consulting Oy:stä energia-asiantuntija Petri Kukkonen sekä johtava energia-asiantuntija Erja Reinikainen.

Selvitys on laadittu tilaajalta tai tilaajan osoittamalta taholta saatuihin tietoihin ja informaation oikeellisuuteen luottaen.

Selvitys on päivitetty energiaviraston toimesta 20.11.2010.

2 Energian kulutus

2.1 Johdanto

Tässä kappaleessa tarkastellaan rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen vaikuttavia tekijöitä ja rakennusten energiankulutuksessa tapahtunutta kehitystä. Tavoitteena on esittää merkittävimmät kulutukseen vaikuttavat tekijät, mitkä ovat kulutuskehityksen tulevaisuudennäkymät ja millaisia mahdollisuuksia yksittäisen huoneiston käyttäjällä on vaikuttaa huoneistonsa kulutukseen.

2.2 Mihin energiaa kuluu

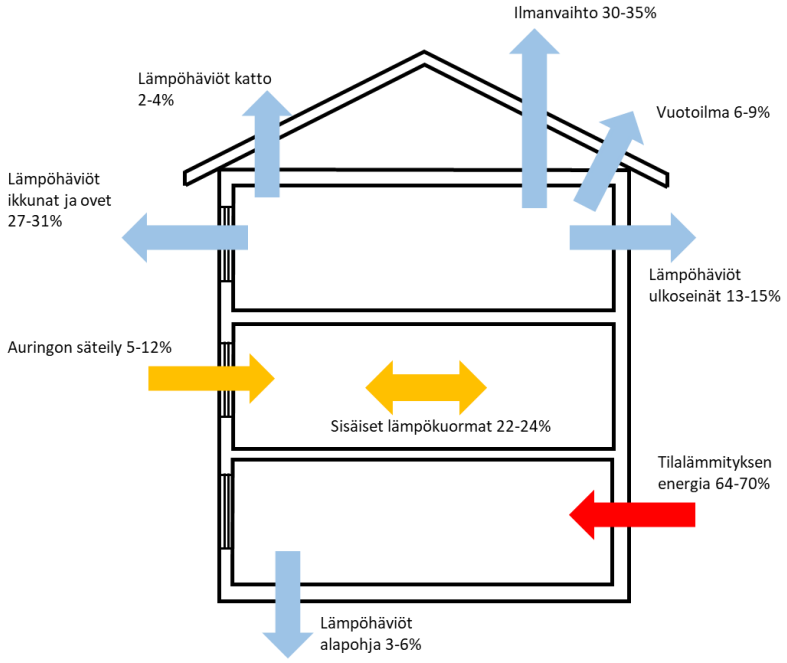
Rakennuksen lämmitysenergian tarve muodostuu

- tilalämmityksestä (johtumishäviöt, vuotoilma ja mahdollinen painovoimainen ilmanvaihto)
- ilmanvaihdon lämmityksestä (tuloilmakoneet)
- lämpimän käyttöveden lämmityksestä

Rakennuksen energian kulutukseen vaikuttavat sijainti, julkisivujen suuntaus, arkkitehtuuri (rakennuksen koko, muoto, julkisivujen aukotus), rakenteiden U-arvot, talotekniset järjestelmät sekä rakennuksen käyttö. Rakennuksen ulkovaipan ala on merkittävä tekijä etenkin vanhemmissa rakennuksissa, joissa ulkoseinien U-arvot ovat heikot. Kaupunkien keskustakortteleissa kiinni toisissaan olevien rakennusten lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin lähiöissä yksinään tontilla sijaitsevien rakennusten.

Tilojen käyttäjien ja käyttäjän sähkölaitteiden sekä niiden käyttötuntien määrä vaikuttavat merkittävästi sekä energiankulutukseen että sisäolosuhteisiin. Sisäiset lämpökuormat ja ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilylämpö vähentävät tilalämmityksen energiantarvetta lämmityskaudella, mutta lisäävät jäähdytystarvetta kesäaikana.

Yksittäisen huoneiston kannalta on sen sijainnilla merkitystä: sijaitseeko huoneisto kulmassa tai ylimmässä kerroksessa vai välikerroksessa muiden huoneistojen ympäröimänä, sijaitseeko se aurinkojulkisivulla vai varjon puolella. Lämpöhäviöt ja auringon säteilyn lämpökuorma vaikuttavat huoneiston lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen.



Kuva 1. Lämpöhäviöiden jakautuminen ja energiavirrat 2010-luvun asuinkerrostalossa, arvioituna 9 kohteen keskiarvona. Lähde: Asuinkerrostalon energiankulutuksen hallinta älykkään asukasportaalin avulla. Diplomityö Juuso Mäki, TTY 2013

2.3 Mistä tilojen energiankulutus muodostuu

Rakennuksen energian tarve katetaan eri reittejä tiloihin tulevilla energiavirroilla. Asuinkerrostalossa energian reittejä on muutamia, mutta teknisesti monimutkaisemmassa rakennuksessa energiaa tulee useiden eri järjestelmien kautta. Energiaa virtaa myös hallitsemattomasti rakennuksen tilojen välillä tilasta toiseen. Pääasiassa näin tapahtuu avoimien aukkojen kautta (liiketilat kauppakeskuksessa, toimistohuoneiden avoimet ovet käytävälle, jne.), mutta myös väliseinien läpi silloin, kun vierekkäisten tilojen lämpötilat poikkeavat toisistaan.

Energiavirtojen reittejä ovat

- tilalämmitysjärjestelmä (patterit, puhallinkonvektorit, säteilykattoelementit, jne.)
- muut lämmitysjärjestelmät (lattialämmitys, jne.)
- ilmanvaihtojärjestelmä (tuloilmakoneella lämmitys ja jäähdytys)
- tilajäähdytysjärjestelmä (jäähdytyspalkit, puhallinkonvektorit, säteilykattoelementit, jne.)
- lämpimän käyttöveden järjestelmä (käyttövesiputkisto ja kiertojohto)
- sähköiset lattialämmitykset märkätiloissa (mukavuuslattialämmitys)
- avoimet ovet, käytävät, valopihat, ym. joissa tapahtuu hallitsematonta ilman liikettä ja lämpötilojen kerrostumista

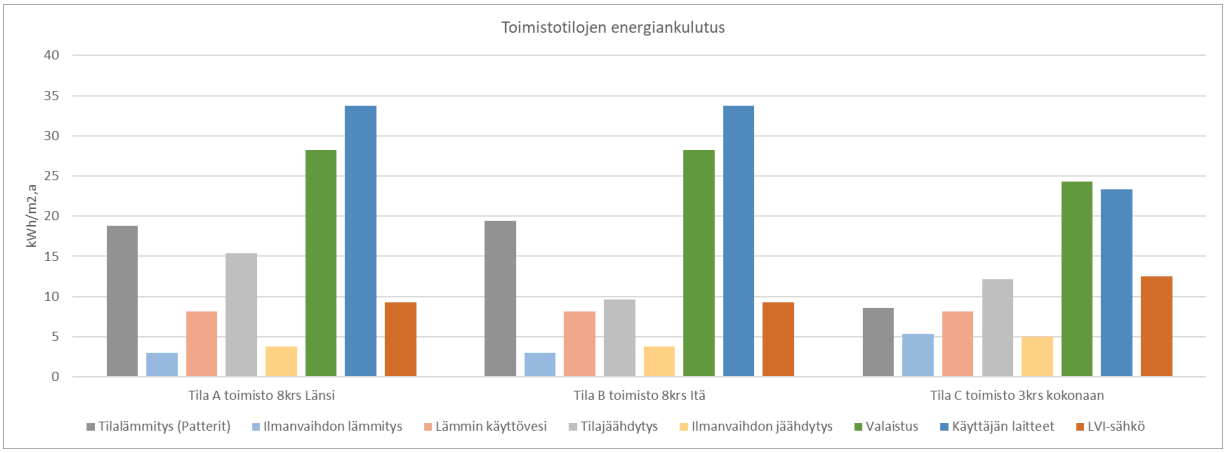
Kun asuinkerrostalon ilmanvaihtoratkaisuna on painovoimainen tai koneellinen poistoilmanvaihto, tulee ilmanvaihdon korvausilma huoneistoihin ja yleisiin tiloihin suoraan ulkoa. Kylmä ulkoilma lämpenee huoneistoissa ulkoisten ja sisäisten lämpökuormien sekä patterien lämmittämänä sisäilman lämpötilaan. Korvausilman lämmitysenergiaa käsitellään yleensä aina osana tilalämmityksen eli patteriverkoston kulutusta. Tällaisessa ratkaisussa ilmanvaihto on merkittävä tekijä huoneiston energiankulutuksessa.

Koneellisessa tulo-poisto-ilmanvaihdossa sisäänpuhalluslämpötila on yleensä rakennustyypistä riippumatta 17-20°C. Ilma lämpenee lämmöntalteenotossa ja tuloilmakoneen lämmityspatterissa sellaiselle tasolle, että halutut sisäolosuhteet ja poistoilman lämpötila toteutuvat. Tämä lämmönkulutus kohdistuu rakennukseen kaikkien tilojen yhteisenä kulutuksena, mutta se voidaan jakaa laskennallisesti huoneistokohtaiseksi kulutukseksi. Näin on

menetelty tässä raportissa esitettyjen huoneistokohtaisten ilmanvaihdon energiankulutusten osalta.

Varsinaisten huoneistokohtaisten lämmitys- ja jäähdytyslaitteiden (patterit, puhallinkonvektorit, säteilykatot, jne.) lisäksi lämmitysenergiaa huoneistoihin tulee niiden läpi kulkevien putkilinjojen kautta. Yleisin esimerkki tästä ovat asuinkerrostaloissa ulkoseinillä kulkevat eristämättömät patteriverkostojen nousulinjat, jotka lämmittävät huoneistoa, vaikka kyseisen huoneiston patterin venttiili on kiinni. Myös lämpimän käyttöveden putkistoista tulee jonkin verran lämpöä ympäri vuoden, vaikka linjat on lämpöeristetty.

Lämmitys- ja jäähdytysenergia ei siis tule huoneistoon vain yhtä reittiä eikä ole katettavissa yhdellä mittauspisteellä. Mikäli huoneistokohtaisena lämmitysenergiana tarkastellaan vain patteriverkoston kautta tulevaa energiavirtaa, jäävät muut osa-alueet (ilmanvaihto, lämmin käyttövesi, putkistohäviöt, sähköinen mukavuuslattialämmitys, jne.) huomiotta. Patteriverkoston kautta tulevan tilalämmityksen osuus kaikesta lämmitysenergiasta voi esimerkiksi asuinkerrostalossa olla vain 30-40%.



Kuva 2. Toimistorakennuksen tilojen energiankulutus [kWh/m^2,a] energiasimulointien perusteella. Lähde: Granlund Consulting Oy simuloinnit Energiavirastolle 2017

2.4 Huoneiston käyttäjän vaikutusmahdollisuudet

Yksittäisen huoneiston käyttäjän mahdollisuudet vaikuttaa tilansa energiankäyttöön ovat yleensä rajalliset. Tilalämmitykseen voidaan asuinkerrostalossa vaikuttaa patteriverkoston, lattialämmitysverkoston ja mukavuuslattialämmityksen termostaateilla, mutta tuloilman lämpötilaa asukas ei yleensä pysty muuttamaan. Tilojen läpi kulkevien putkilinjojen kautta tuleviin energiavirtoihin eivät tilojen käyttäjät voi lainkaan vaikuttaa.

Toimisto- ja liikerakennuksissa kaikki lämmityksen ja jäähdytyksen asetukset tapahtuvat yleensä keskitetysti rakennusautomaation kautta eikä huoneistojen käyttäjillä (työntekijät ja asiakkaat) ole pääsääntöisesti lainkaan vaikutusmahdollisuuksia niihin. Yleensä suunnitteluperiaatteena on, että asetusarvojen muutokset tapahtuvat kiinteistön ylläpidon toimesta, jotta asetusarvot pysyvät kokonaisuuden kannalta tarkoituksenmukaisina. Asiantuntemattomat muutokset sekoittavat järjestelmän kokonaistoiminnan ja energiatehokkuuden.

2.5 Energian kulutuksen muutokset

Rakennusten lämmitystarve on pienentynyt merkittävästi viimeisen 40-50 vuoden aikana ulkovaipan U-arvojen ja lämmön talteenoton hyötysuhteen parannuttua rakentamismääräysten tiukentumisen seurauksena. Lämpimän käyttöveden energiankulutuksen merkitys on kasvanut etenkin asuinrakennuksissa, kun energiankäyttö lämmitykseen on vähentynyt.

Taulukko 1. Rakennusvaipan U-arvojen [W/m^2,K] minimivaatimusten kehittyminen Suomen rakentamismääräyksissä 1970-luvulta 2010-luvulle.

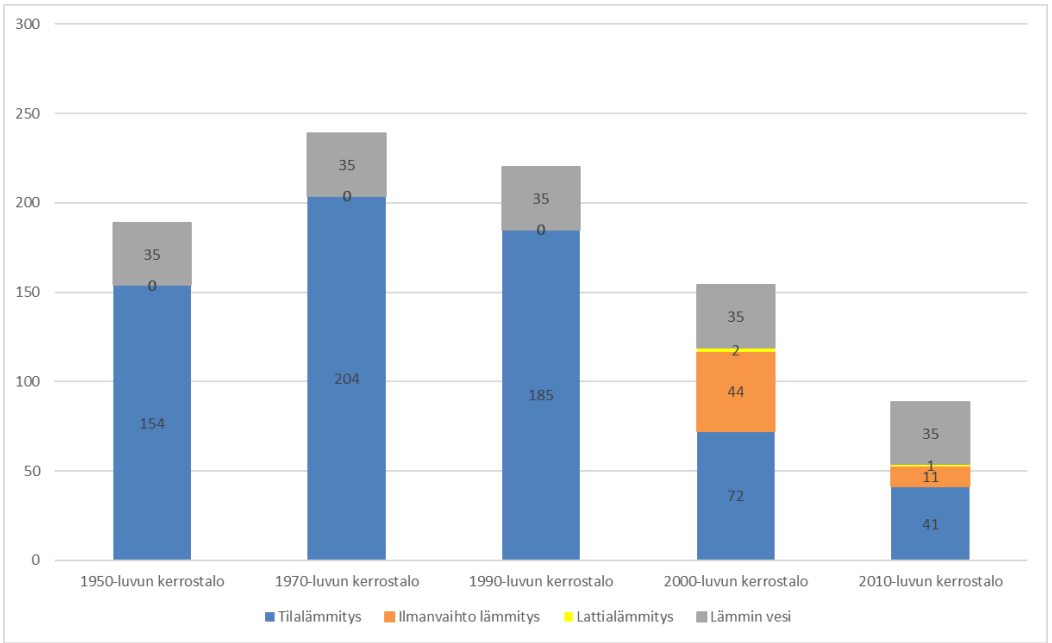
	1969 >	1976>	1978>	1985>	2003>	2008>	2010>	2012>
Ulkoseinä	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Alapohja	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Yläpohja	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ikkuna	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0

1970-luvulla rakennettiin paljon elementtikerrostaloja, joissa ulkovaipan U-arvot olivat heikot ja rakennuksen tiiviys huono. Koneellinen poistoilmanvaihto kasvatti tilalämmityksen energiantarvetta. Tämä näkyy kyseisen aikakauden rakennusten korkeana ominaiskulutuksena, vaikka kyseisessä rakennuskannassa ikkunat on yleensä jo uusittu energiatehokkaampiin. Uusissa (2000-luvulla rakennetuissa) rakennuksissa ulkovaippa on hyvin eristetty ja tiivis, joten tilalämmityksen energiantarve on vähentynyt selvästi. Rakenteiden U-arvot ovat nykyrakentamisessa niin hyvällä tasolla, että lisäeristäminen ei enää ole kannattavaa. Hyvien U-arvojen ja pienentyneiden lämpöhäviöiden haittapuolena on joissakin tapauksissa ollut tilojen ylilämpeneminen kesäaikana.

Useimmissa rakennuksissa (vanhoja asuinkerrostaloja lukuun ottamatta) on koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto, jossa on tehokas lämmön talteenotto. Laitteet ovat kehittyneet 2010-luvulla niin, että lämmön talteenoton hyötysuhde ja puhaltimien sähkötehokkuus ovat hyvällä tasolla. Yleensä uudisrakentamisessa ja peruskorjauksessa valitaan tehokkain lämmöntalteenottotapa sekä huomioidaan ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus.

2.5.1 Asuinkerrostalot

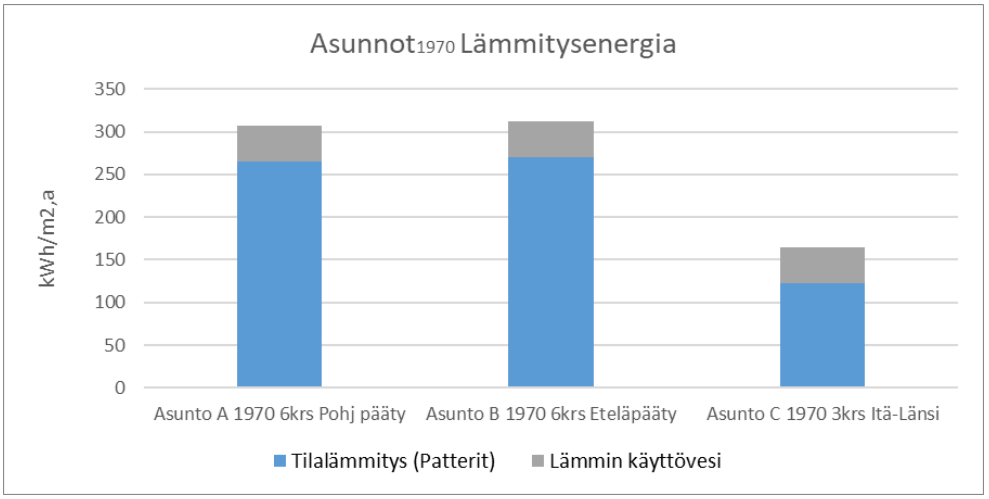
Tarkasteltaessa eri aikakausien asuinrakennuksia energiasimulointien avulla huomioitiin kyseisen aikakauden tyypillinen rakentamistapa (arkkitehtuuri, U-arvot, LVI-järjestelmät). Vanhimpien rakennusten (1950- ja 1970-luvulla rakennetut) osalta oletettiin, että ikkunat on uusittu energiatehokkaampiin. Ulkovaipan lisäeristystä ja mahdollista koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon lisäämistä ei huomioitu. Kaikki rakennukset ovat ns. pistetaloja eli sijaitsevat yksinään tontilla eivätkä rajoitu naapurirakennuksiin.



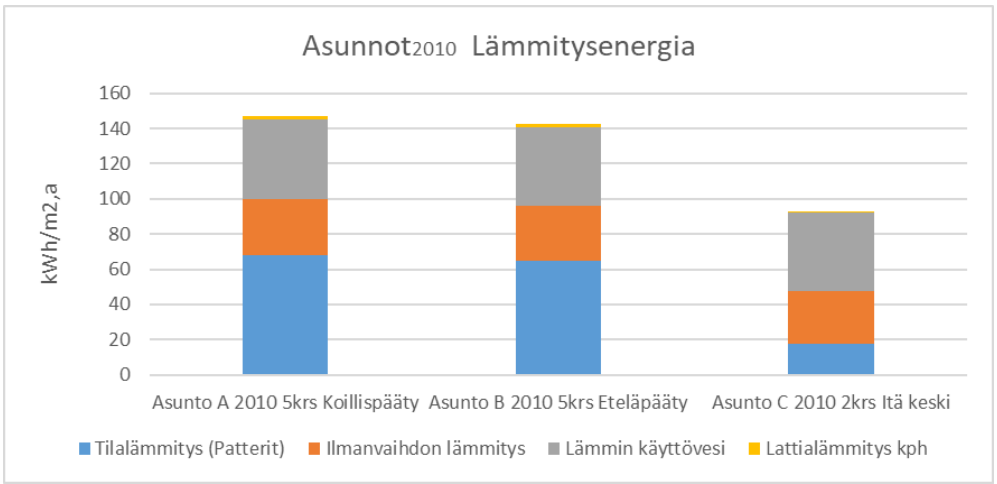
Kuva 3. Lämmitysenergian ominaiskulutus [kWh/m^2,a] eri aikakausien asuinkerrostaloissa. Lähde: Granlund Consulting Oy, simuloinnit Energiavirastolle 2017

Yllä olevasta kuvasta nähdään, että tilalämmityksen energian tarve uusissa asuinkerrostaloissa on vain noin 20% 1970-luvulla rakennettujen kerrostalojen tilalämmitystarpeesta. Tämä tarkoittaa sitä, että uusissa asuinkerrostaloissa huoneistojen asukkaat voivat termostaattiasetuksiaan muuttamalla vaikuttaa vain pieneen osaan lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta. Huoneistokohtaisen tilalämmityksen merkitys on siis uusissa asuinkerrostaloissa vähäinen.

Alla olevista kuvista käy ilmi, että eri kerroksissa ja eri ilmansuuntiin sijaitsevissa asunnoissa lämmitysenergian ominaiskulutus on hyvin erilainen etenkin tilalämmityksen osalta, sillä auringon säteilyn lämpöhyöty vaihtelee merkittävästi eri julkisivuilla.



Kuva 4. Lämmitysenergian ominaiskulutus [kWh/m^2,a] 1970-luvun asuinkerrostalon eri huoneistoissa. Rakennuksessa koneellinen poistoilmanvaihto. Yläkerroksen päätyasunnoissa kulutus on selvästi korkeampi kuin keskellä rakennusta sijaitsevassa asunnossa. Lähde: Granlund Consulting Oy, simuloinnit Energiavirastolle 2017.



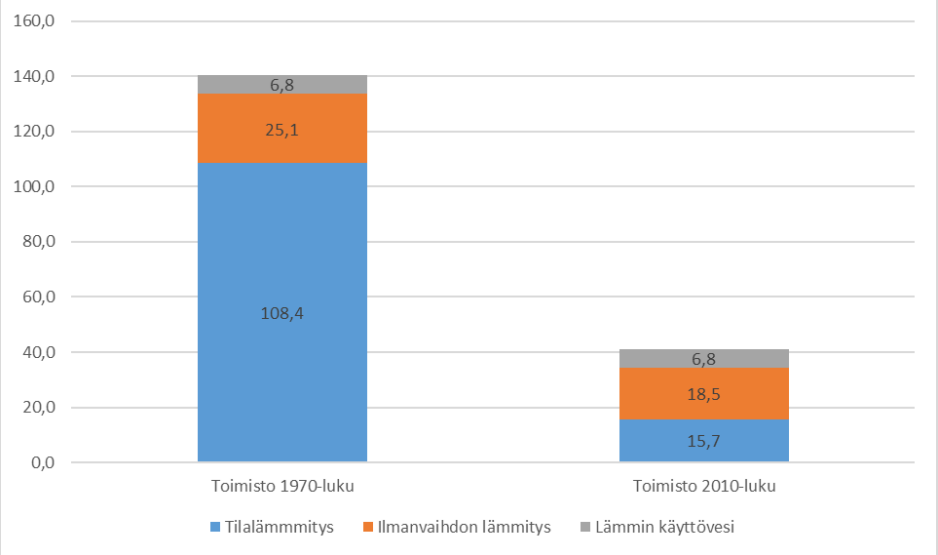
Kuva 5. Lämmitysenergian ominaiskulutus [kWh/m^2,a] 2010-luvun asuinkerrostalon eri huoneistoissa. Rakennuksessa koneellinen tulo-poistoilmanvaihto. Yläkerroksen päätyasunnoissa kulutus on selvästi korkeampi kuin keskellä rakennusta sijaitsevassa asunnossa. Lähde: Granlund Consulting Oy, simuloinnit Energiavirastolle 2017.

Yllä olevasta kuvaparista nähdään, että lämmitysenergian ominaiskulutus on hyvin erilainen paitsi eri aikakauden rakennuksissa mutta myös eri puolilla rakennusta sijaitsevissa huoneistoissa.

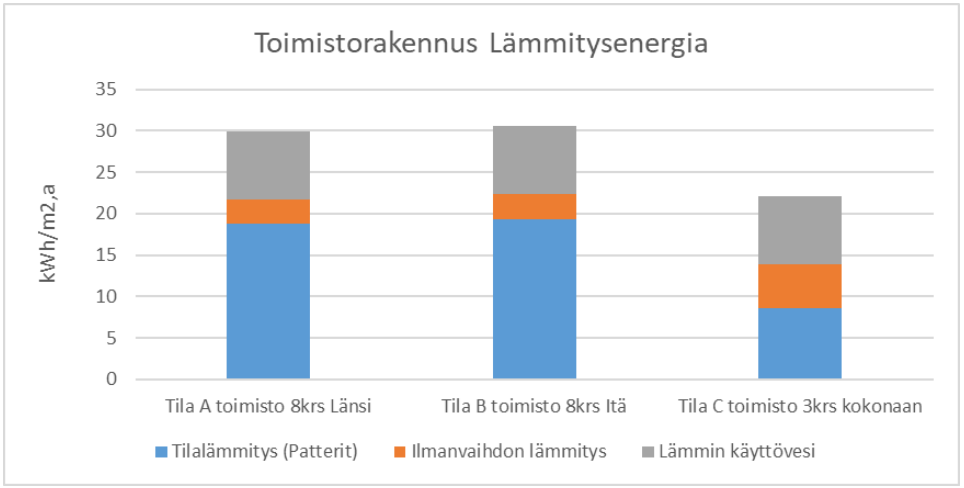
2.5.2 Toimistorakennukset

Energiasimuloinneissa tarkasteltiin kahta eri ikäistä toimistorakennusta (1970- ja 2010-luvulla rakennetut). huomioitiin kyseisen aikakauden tyypillinen rakentamistapa (arkkitehtuuri, U-arvot, LVI-järjestelmät). Vanhassa toimistorakennuksessa on rakentamisaikakauden rakenteet, mutta ikkunat ja ilmanvaihto on uusittu ja tehokas lämmön talteenotto lisätty.

Vastaavasti myös toimistorakennuksissa lämmitysenergian kokonaiskulutus on vähentynyt merkittävästi ja tilalämmityksen osuus uudessa toimistorakennuksessa on vain noin 14% 1970-luvun rakennuksen tilalämmitystarpeesta. Tämä tarkoittaa, että patteriverkoston merkitys on vähentynyt eikä sen kulutusosuuden vähentämiseksi välttämättä löydy kannattavia keinoja.

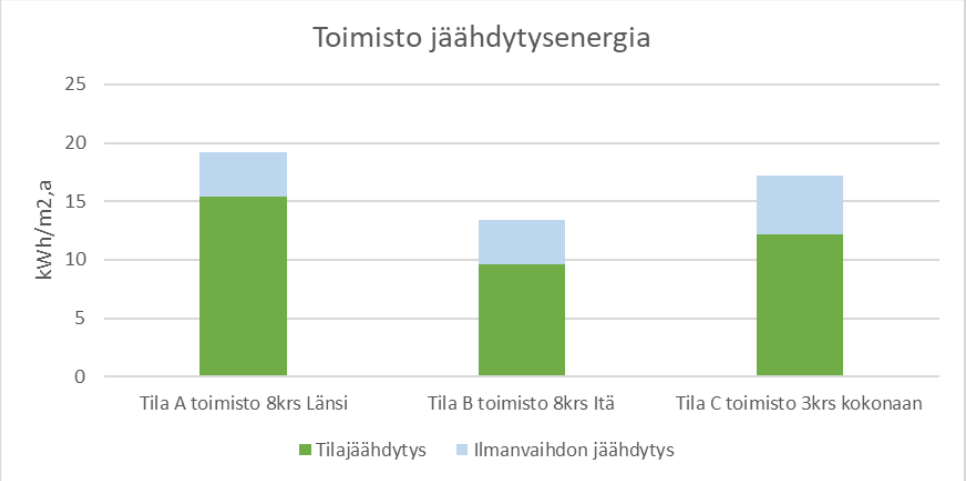


Kuva 6. Lämmitysenergian ominaiskulutus [kWh/m^2,a] eri aikakausien toimistorakennuksissa. Vanhassa toimistorakennuksessa aikakauden rakenteet, mutta ilmanvaihto uusittu ja tehokas lämmön talteenotto lisätty. Lähde: Granlund Consulting Oy, simuloinnit Energiavirastolle 2017



Kuva 7. Lämmitysenergian ominaiskulutus [kWh/m^2,a] 2010-luvun toimistorakennuksen eri huoneistoissa. Rakennuksessa koneellinen tulo-poistoilmanvaihto. Yläkerroksen päätytiloissa kulutus on selvästi korkeampi kuin keskellä rakennusta sijaitsevassa toimistokerroksessa. Lähde: Granlund Consulting Oy, simuloinnit

Energiavirastolle 2017.



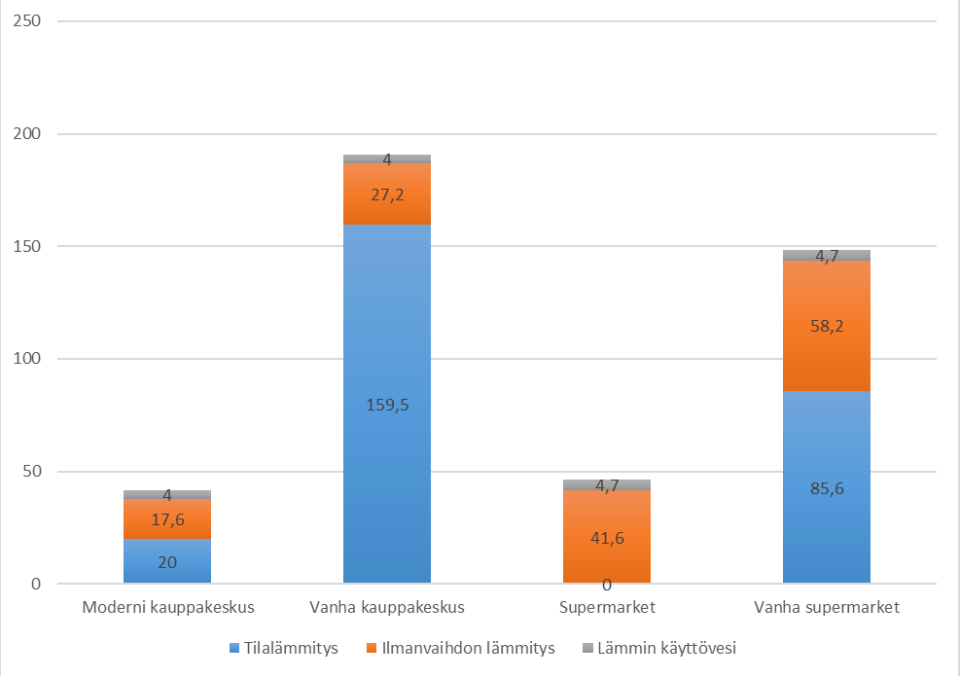
Kuva 8. Jäähdytysenergian ominaiskulutus [kWh/m^2,a] 2010-luvun toimistorakennuksen eri huoneistoissa. Rakennuksessa koneellinen tulo-poistoilmanvaihto. Yläkerroksen länsisivulla kulutus on selvästi korkeampi kuin itäsivulla. Lähde: Granlund Consulting Oy, simuloinnit Energiavirastolle 2017.

Myös toimistorakennuksessa tilojen sijainti (ylin kerros / välikerros ja aurinkojulkisivu / varjon puolen julkisivu) vaikuttaa lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen. Tämä on nähtävissä yllä olevassa kuvaparissa.

2.5.3 Liikerakennukset

Liikerakennuksina on simuloinneissa tarkasteltu kahta erilaista rakennustyyppiä: markettia (päivittäistavarakauppa ja muutamia etumyymälöitä) ja kauppakeskusta (iso rakennus, jossa lukuisia liiketiloja). Alla olevassa kuvassa moderni ja vanha kauppakeskus ovat sama rakennus, mutta simuloinneissa on käytetty eri aikakausien (1970-luku ja 2010-luku) rakenteiden U-arvoja ja tiiviyslukuja. Sama tarkastelutapa pätee uuteen ja vanhaan markettiin. Vanhoissa liikerakennuksissa ilmanvaihto on yleensä uusittu nykymääräysten ja nykytekniikan tasolle, joten simuloinneissa on oletettu lämmön talteenoton olevan nykytasoa vastaava myös vanhoissa rakennuksissa.

Ruokamarketeissa rakennuksen lämmitykseen hyödynnetään nykyisin kaupan kylmän lauhdelämpöä ja lämmityksen ostoenergiaa tarvitaan hyvin vähän. Simulointitulosten perusteella voidaan arvioida, että lämmitysenergian kokonaiskulutus ja etenkin tilalämmityksen osuus on vähentynyt merkittävästi uusissa liikerakennuksissa.



Kuva 9. Lämmitysenergian ominaiskulutus [kWh/m^2,a] eri aikakausien liikerakennuksissa (kauppakeskus ja marketti). Vanhoissa rakennuksissa rakentamisajankohdan (1970) rakenteet, mutta ilmanvaihto uusittu ja tehokas lämmön talteenotto lisätty. Lähde: Granlund Consulting Oy, simuloinnit Energiavirastolle 2017

2.6 Tulevaisuuden trendit

Rakentamismääräysten U-arvovaatimuksista ja muista yksittäisten toiminta-arvojen määrittelyistä on 2010-luvulla siirrytty kokonaisenergiatarkasteluun (E-luku). Rakennusten energiatehokkuutta uudisrakentamisessa ja peruskorjauksissa edellytetään tarkasteltavan rakennuslupaa haettaessa, jolloin määritellään käytettävät energiamuodot ja keinot energian kokonaiskulutuksen alentamiseksi. Rakennusvaipan lisäeristämisellä on mahdollisuus vaikuttaa kulutukseen peruskorjauksissa, mutta uudisrakentamisessa ensisijaiset keinot ovat lämmitysmuodon valinnassa sekä taloteknisten järjestelmien älykkyydessä ja energiatehokkaassa tarpeenmukaisessa ohjauksessa.

Matalalämpötilaiset lämmitysjärjestelmät yleistyvät, joten myös järjestelmähäviöt pienenevät. Asuinkerrostaloissa perinteinen ulkoseinille sijoittuvien nousulinjojen muodostama patteriverkosto on edelleen kustannustehokkain tapa toteuttaa tilalämmitys, mutta matala verkostolämpötila vähentää nousulinjojen kautta huoneistoihin tulevaa hallitsematonta lämpövirtaa.

1970-luvulla patteriverkostot mitoitettiin lämpötilaerolle 90/70°C tai 80/60°C. Nykyisin uudisrakennuksille suositellut lämpötilatasot ovat 45/30°C tai 50/35°C. Peruskorjauksessa mitoituslämpötilaa voidaan alentaa jonkin verran, mutta ulkovaippa ja olemassa olevien patterien ominaisuudet asettavat rajoituksia. Lämmityskauden keskilämpötila on noin 0°C ja tällöin matalalämpötilaisen patteriverkoston menoveden lämpötila on noin 30°C, joten häviöt ovat pienet. Tässä tilanteessa keskimääräinen lämpötilaero patterin pintalämpötilan ja huonelämpötilan välillä on alle 10°C.

Peruskorjaushankkeissa parannetaan kiinteistön toimivuutta ja teknisiä järjestelmiä, mutta lisätavoitteena on usein sisäilman laadun ja energiatehokkuuden parantaminen. Peruskorjauksia koskevien energiatehokkuus-vaatimusten täyttämiseksi toteutetaan koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto, jossa on tehokas lämmön talteenotto. Koneellisen poiston korvaaminen tulo-poisto-ilmanvaihdolla vähentää energiankulutusta merkittävästi. Vanhoissa asuinkerrostaloissa tuloilmakanavoinnin järjestäminen saattaa olla ongelmallista, joten koneellisen poiston hukkalämpö voidaan ottaa talteen lämpimän käyttöveden esilämmitykseen lämpöpumpulla. Erilaiset lämmityksen ja lämmön talteenoton hybridiratkaisut yleistyvät.

Peruskorjauksessa ja energiaremontissa selvitetään usein myös oman energiantuotannon vaihtoehdot ja kohteessa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan myös uusiutuvaa energiaa, kuten maalämpöä ja muita lämpöpumpputeknologioita sekä aurinkolämpöä ja -sähköä. Energiankäytön tehostamisessa huomioidaan myös alueellinen energiatalous ja energiantuotanto. Tehon hallinnan merkitys korostuu moderneissa energiajärjestelmissä, joten tulevaisuudessa kiinnitetään entistä enemmän huomiota energiankulutuksen lisäksi siihen, milloin energiaa kulutetaan, mikä edistää kysyntäjoustoa.

Asuinkerrostaloissa rakennusvyöhykekohtaiset tulo-poistokoneet ovat edelleen kustannustehokkain ja ylläpidon kannalta helpoin ratkaisu. Tulevaisuudessa huoneistokohtaiset tulo-poistokoneet voivat yleistyä, sillä ne mahdollistavat paremman huoneistokohtaisten olosuhteiden hallinnan ja tarpeenmukaiset ohjaukset. Asuinkerrostaloissa on oleellista varmistaa, että huoneiston ilmanvaihtoa ei voida kokonaan pysäyttää.

Lämmityksen ja ilmanvaihdon älykkäät ohjaukset monipuolistuvat ja yleistyvät. Säätilan ennustettuihin muutoksiin reagoivat lämpötilaohjaukset vähentävät tilalämmityksen kulutusosuutta edelleen. Sisäilman laatuun (lämpötila, kosteus, CO2) ja huoneistojen käyttäjien läsnäoloon perustuvat ilmanvaihdon tarpeenmukaiset ohjaukset mahdollistavat ilmanvaihdon energiankäytön paremman hallinnan.

Useissa käynnissä olevissa kehityshankkeissa etsitään uusia keinoja säästää lämmitysenergiaa. Hankkeissa panostetaan mitatun tiedon hyödyntämiseen ja älykkäisiin ohjauksiin.

- Energiaviisaat taloyhtiöt -hankkeessa kerätään kokemuksia mitatun tiedon (lämpötila, ilman laatu, energiankulutus) hyödyntämisestä uudenlaisen taloyhtiötiedon tuottamisessa. Koottua tietoa voidaan soveltaa mm. energianeuvonnassa.

- mySMARTLife-hankkeessa testataan lukuisia kestävän kehityksen mukaisia ja älykkäitä rakennus-, liikenne- ja kaupunkiratkaisuja. Hankkeessa kehitetään energiatehokkuuden parantumista muun muassa lämmityksen älykkäällä säädöllä ja kaukolämmön kulutusjoustolla. Huonekohtaisten älytermostaattien avulla parannetaan lämmitysjärjestelmän energiatehokkuutta ja mahdollistetaan kaukolämmön kulutusjousto, jonka tarkoituksena on ennakoida ja välttää kaukolämmön kulutuspiikkejä jaksottamalla kiinteistöjen lämmitystä.

3 Sisälämpötila

Tässä kappaleessa tarkastellaan Suomessa käytössä olevia rakennusten sisäolosuhteisiin kohdistuvia vaatimuksia, määräyksiä ja ohjeita.

3.1 Asumisterveysasetus

Asumisterveysasetuksessa määritellään raja-arvot asuintilojen olosuhteet terveyden ja hyvinvoinnin kannalta. Asuintiloissa lämpötilojen tulee täyttää Taulukon X mukaiset arvot. Jatkuvassa asuinkäytössä olevissa tiloissa lämmityskaudella huonelämpötilan on siis oltava yli 18°C ja alle 26°C. Valtaosassa asuntoja vaadittu minimilämpötila ylittyy selvästi.

Taulukko 2. Lämpötilojen toimenpiderajat. Lähde: STM Asumisterveysasetus

	Lämpötilojen toimenpiderajat	*Lämpötila-indeksi TI*
Asunnossa		
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 18 °C – + 26 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella	+ 18 °C – + 32 °C	
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C	81
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 18 °C	87
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C	61
Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa		
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 20 °C – + 26 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikat, oppilaitokset ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 32 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella, palvelutalot, vanhainkodit ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 30 °C	
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C	81
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 19 °C	92
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C	61

3.2 YM:n asetus sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta

Vuonna 2018 maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annettu ympäristöministeriön asetus rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta koskee uudisrakennusten suunnittelua ja rakentamista, mutta sitä sovelletaan käytännössä myös peruskorjauksissa. Asetuksessa määritellään suunnittelun lähtökohdat rakennusten lämmitystä ja ilmanvaihtoa varten.

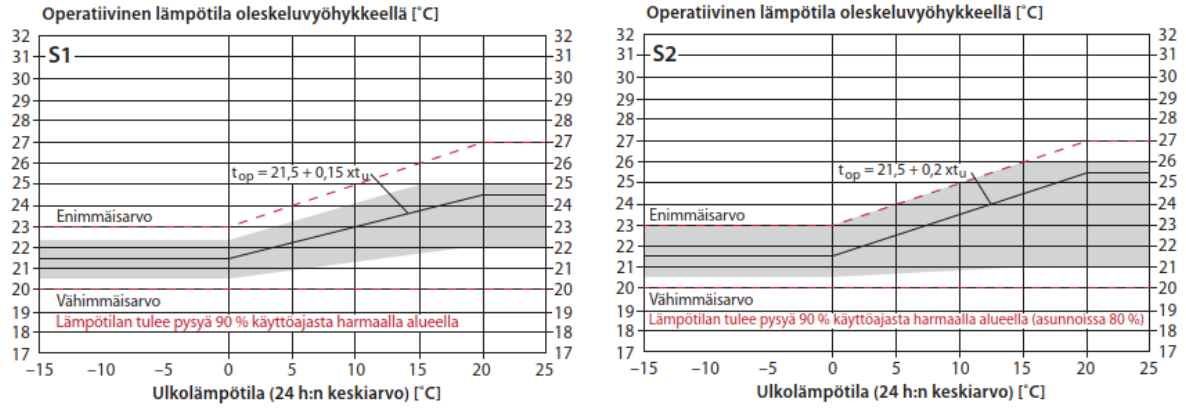
Huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona on käytettävä lämpötilaa 21°C. Huonelämpötilan hallinnan suunnittelussa huonelämpötila voi vaihdella välillä 20-25°C lämmityskaudella ja välillä 20-27°C lämmityskauden ulkopuolella. Rakennuksen huonelämpötilan on oltava suunniteltuna käyttöaikana viihtyisä, eikä ilman liike, lämpötilasäteily, lämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pintalämpötilat saa sitä heikentää.

3.3 Sisäilmastoluokitus

Sisäilmastoluokitusta käytetään asetettaessa sisäilmastotavoitteita, jotka koskevat tavanomaisia työ- ja asuintiloja. Yleensä luokitusta käytetään uudisrakentamiskohteiden tavoitemäärittelyissä. Sisäilmastoluokat S1 ja S2 tavoittelevat määräystasoa parempaa sisäilmastoa. Sisäilmastoluokituksessa määritellyt tavoitetasot kuvaavat nykytiedon mukaan terveyden ja viihtyisyyden kannalta turvallisia, viranomaisvaatimuksia korkealaatuisempia sisäilmasto-olosuhteita.

Sisäilmastoluokkien määrittelyt lämpötilojen osalta:

- S1: yksilöllinen sisäilmasto, jossa lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai ylilämpenemistä esiinny. Tilojen käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpööloja. Asuin-, toimisto- ja liiketiloissa hyvin harvoin käytetty tavoitetaso.
- S2: hyvä sisäilmasto, jossa lämpöolot ovat hyvät eikä vetoa yleensä esiinny, mutta ylilämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Yleisimmin käytetty tavoitetaso toimistojen, liiketilojen ja julkisten tilojen rakentamisessa.
- S3: tyydyttävä sisäilmasto, jossa olosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain perusteella annetut säädökset ja ja terveydensuojelulain perusteella annetut vähimmäisvaatimukset.



Kuva 10. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot sisäilmastoluokissa S1 ja S2. Tummennettu alue kuvaa tavoitearvoaluetta (tavoitelämpötila ja lämpötilan sallittu vaihteluväli). Lähde: Sisäilmastoluokitus 2018

Sisäilmastoluokituksessa tarkastellaan tilojen operatiivista lämpötilaa. Usein voidaan käyttää myös huonelämpötilaa, elleivät pintojen lämpötilat poikkea merkittävästi huoneilman lämpötilasta. Sisäilmastoluokituksen mukaan S2 tasolla operatiivinen lämpötilan tavoite on lämmityskaudella 21,5°C. Lämpötilan on oltava yli 20,5°C ja alle 23°C lämmityskaudella. Kesäajan enimmäislämpötila on 26°C. Sisäilmastoluokassa S3 lämmityskauden operatiivisen lämpötilan tavoite on 21°C.

3.4 Johtopäätökset

Edellä esitetyn perusteella on selvää, että suurimmassa osassa asuntoja lämmityskauden huonelämpötilat ovat tasolla 22-23°C ja toimistotiloissa 21-22°C. Todennäköisesti joidenkin asteiden poikkeamia näistä arvoista esiintyy ja asuntojen väliset lämpötilaerot ovat muutamia asteita. Liiketiloissa lämpötilataso vaihtelee ruokamarketien 18° ja pienliikkeiden 21-22°C välillä. Yleensä lämpötilat ovat hyvin hallinnassa.

Patteriverkoston perussäädöllä saadaan tasoitettua huonelämpötilojen keskinäisiä eroja. Patteriverkoston vesivirtojen säätöä on tehty sekä asuin- että toimistorakennuksissa 1990-luvulta asti ja se toteutetaan aina patteri- ja linjasäätöventtiileiden uusimisen ja laajempien verkoston muutostöiden yhteydessä. Perussäädön tarve riippuu myös muista taloyhtiössä toteutettavista korjauksista ja uudistuksista. Luvanvaraisissa ulkovaippaan eli ulkoseiniin, ikkunoihin ja kattoon tai ilmanvaihtojärjestelmään kohdistuvissa korjaushankkeissa määräykset edellyttävät varmistamaan ilmanvaihdon ja lämmityksen oikean ja energiatehokkaan toiminnan, jolloin myös patteriverkoston perussäätö on yksi tarkasteltava asia.
Lähde: Motiva Oy:n verkkosivut

Kesäkauden olosuhteissa vaihtelu on suurempaa johtuen eri ikäisten rakennusten erilaisista jäähdytysjärjestelmistä. Työskentelytiloissa kesäajan lämpötila pyritään pitämään alle 26°C lukemissa. Asunnoissa esiintyy ajoittain korkeita lämpötiloja, sillä asuntojen jäähdyttäminen on Suomessa harvinaista.

4 Tekninen toteutettavuus

4.1 Tarkasteltavat rakennustyypit

Energiatehokkuusdirektiivin 9 artiklan 2 kohdan vaatimus huoneistokohtaisesta lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksesta ei koske erillisiä pientaloja, joita on Suomen rakennuskannassa lukumäärältään ja kerrosalaltaan eniten. Tässä selvityksessä on keskitytty moniasuntoisiin asuinrakennuksiin sekä toimisto- ja liikerakennuksiin ja tarkasteltu niiden osalta lämmityksen ja jäähdytyksen huoneistokohtaisen mittauksen toteuttamista. Näiden rakennustyyppien osuus koko rakennuskannan kerrosalasta on noin 39% (ja jos poistetaan pientalot niin osuus on 58%).

Taulukko 3. Rakennukset käyttötarkoituksen mukaan 31.12.2018. Lähde: Tilastokeskus

	Rakennuksia (lkm)	Rakennuksen kerrosala (m^2)
Yhteensä	**1 530 474**	**488 370 838**
Erilliset pientalot	1 157 072	166 291 712
Rivi- ja ketjutalot	81 981	35 025 351
Asuinkerrostalot	61 475	102 155 905
Liikerakennukset	44 032	31 551 897
Toimistorakennukset	10 751	19 614 564
Liikenteen rakennukset	57 757	14 411 146
Hoitoalan rakennukset	9 207	13 155 767
Kokoontumisrakennukset	14 603	10 523 601
Opetusrakennukset	8 957	19 338 416
Teollisuusrakennukset	46 492	51 835 335
Varastorakennukset	32 759	22 407 333
Muut rakennukset	5 388	2 059 811

Opetusrakennukset, hoitoalan rakennukset, liikenteen rakennukset, teollisuuden tuotanto- ja varastorakennukset ovat yleensä yhden käyttäjän hallussa olevia kohteita, joissa ei ole tarvetta huoneistokohtaiselle lämmitys- ja jäähdytysenergian ja lämpimän käyttöveden mittaukselle.

4.2 Teknisen toteutettavuuden määritelmä

Näkökulmana tässä selvityksessä luonnostellussa huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen teknisen toteutettavuuden tarkastelussa on, että jos huoneistokohtainen energiamittaus kyseisen rakennustyypin yleisimmissä järjestelmäratkaisuissa on usein mahdotonta ja kustannustehotonta, se on yleensä sitä. Tämän selvityksen rakennustyyppikohtaiset tulokset siis esitetään yleistettäväksi kattamaan kyseistä rakennustyyppiä kokonaisuudessaan.

Kullekin rakennustyypille tyypillisten LVI-järjestelmien ominaisuuksien perusteella tarkastellaan mahdollisuuksia toteuttaa huoneistokohtainen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus. Tarkastelussa huomioidaan olemassa olevat rakennukset, uudet rakennukset sekä peruskorjattavat rakennukset sekä niiden yleisimmät ja tyypillisimmät LVI-järjestelmät, joiden oletetaan kattavan yli 80% kyseisestä rakennustyypistä. Tyypillisestä poikkeavat järjestelmäratkaisut (esimerkiksi asuin- ja toimistorakennusten ilmalämmitys, toimistorakennusten lattialämmitys tai niiden painovoimainen ilmanvaihto) ovat harvinaisia.

Teknisellä toteutettavuudella tarkoitetaan tässä sitä, että lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus on huoneistokohtaisesti toteutettavissa

1) niin, että energiamittarit kattavat huoneiston merkittävät energiavirrat,
2) ilman laajempia muutostöitä LVI-järjestelmiin ja
3) ilman rakennusosien purku- ja muutostöitä.

Tarkastelussa huomioidaan myös,

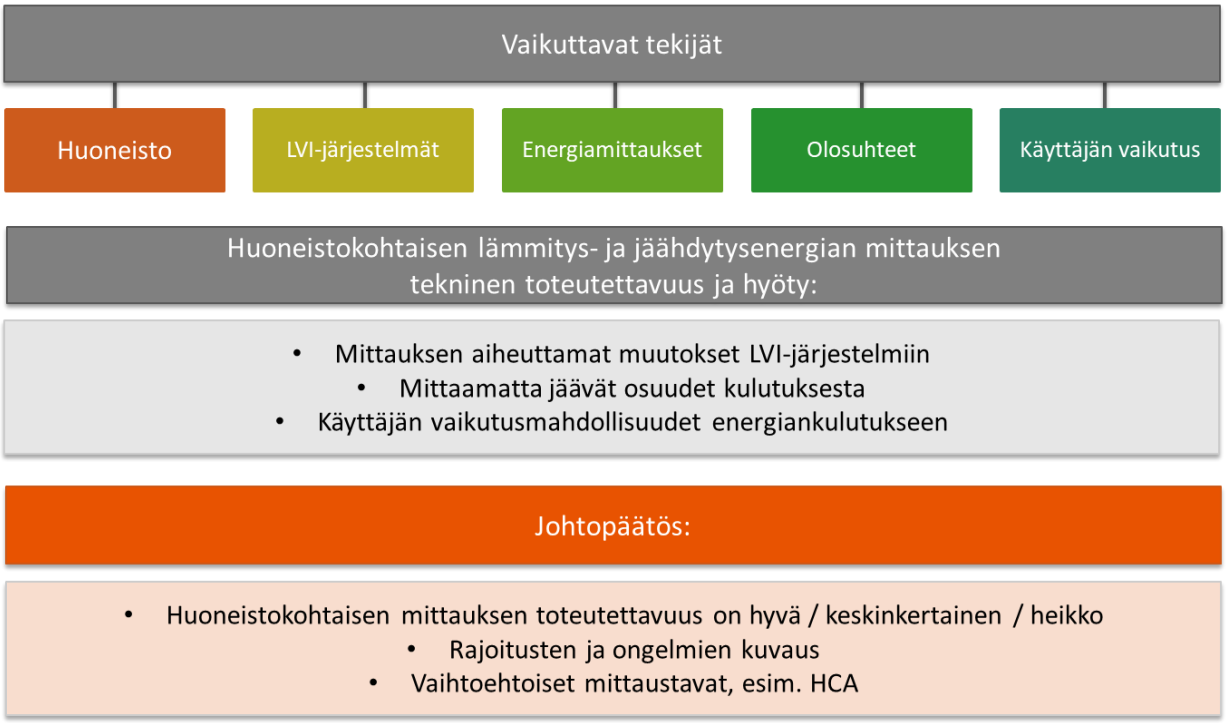
4) onko huoneiston haltijalla mahdollisuuksia vaikuttaa merkittävään osaan huoneistonsa lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutusta.

5 Huoneistokohtaisen energiamittauksen teknisen toteutettavuuden tarkastelumenetelmä

Tässä kappaleessa kuvataan menetelmä huoneistokohtaisen lämmön ja jäähdytyksen mittauksen teknisen toteutettavuuden tarkastelemiseksi. Tavoitteena on luoda menettely, jolla kiinteistönomistajat voivat tarvittaessa tarkastella huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaamisen teknistä toteutettavuutta kattavalla ja yhdenmukaisella tavalla.

Huoneistokohtaisen energiankulutuksen mittauksen kustannustehokkuuteen ei tässä oteta kantaa. Kustannustehokkuutta käsitellään tämän raportin luvussa 9.

Huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen teknisen toteutettavuuden tarkastelumenetelmän yleiskuvaus on esitetty alla olevassa kuvassa.



Kuva 11. Menetelmä huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen teknisen toteutettavuuden ja saavutettavien hyötyjen arvioimiseksi.

5.1 Huoneisto

Rakennustyyppikohtaisesti tulee määritellä huoneiston käsite, jotta siihen kohdistuvia lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen tarpeita voidaan tarkastella. Asuinkerrostaloissa määritelmä on selkeä, eivätkä huoneistojen koot ja pohjapiirrokset muutu kuin vain poikkeustapauksissa rakennuksen elinkaaren aikana. Toimisto- ja liikerakennuksissa sen sijaan rakennuksen valmistumisen jälkeisen muutaman vuoden ensikäyttäjien tarpeiden mukaisen tilajaon jälkeen eri käyttäjille vuokrattavien tilojen koko ja layout muuttuvat muutaman vuoden sykleissä. Yhden vuokralaisen toimistohuoneisto voi olla muutaman huoneen kokoinen tai käsittää yhden kerroksen, yhden rakennusosan kaikki kerrokset tai jopa koko rakennuksen. Liikerakennusten myymäläkoot voivat poiketa toisistaan merkittävästi. Tällöin huoneistokohtaisen energiamittauksen tarpeet voivat olla hyvin erilaiset.

5.2 Tyypillisten LVI-järjestelmien periaatteet

Rakennustyypeissä on yleensä rakentamis- ja peruskorjausajankohdan määräysten ja yleisten käytäntöjen mukaiset LVI-järjestelmät. Järjestelmien toteutusperiaate vaikuttaa huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen toteutettavuuteen ja kustannuksiin. Esimerkiksi suomalaisessa asuinkerrostalo- ja toimistorakennuskannassa tyypillinen patteriverkosto perustuu ulkoseinillä sijaitseviin nousulinjoihin, joihin on kytketty eri kerroksissa sijaitsevien huoneistojen pattereita. Tällaisessa järjestelmässä on huoneistokohtaisen energiamittauksen toteuttaminen haasteellista.

Teknisen toteutettavuuden tarkastelussa huomioidaan sekä olemassa olevat että uudiskohteiden LVI-järjestelmät. Uusissa kohteissa huoneistokohtaisen mittauksen toteuttaminen on helpompaa, kun voidaan toteuttaa perinteisestä poikkeava järjestelmäratkaisu ja varata energiamittareille tarkoituksenmukaiset tilat. Tyypilliset järjestelmäratkaisut ovat kuitenkin yleensä kustannustehokkaimmat, eikä kustannussyistä yleensä lähdetä toteuttamaan kattavaa ja monimutkaista mittausratkaisua.

Myös muualta kuin tilalämmitysjärjestelmän (yleensä patteriverkoston) kautta huoneistoon tulevan lämpöenergian reitit on syytä tunnistaa. Tyypillisesti lämpöä tulee auringon säteilynä ikkunoiden kautta, ilmanvaihdon kautta, märkätilojen sähköisistä lattialämmityksistä, käyttövesi- ja lämmitysverkostojen putkistohäviöistä, jne. Lämmitysjärjestelmän kautta tulevan energian mittaaminen ei siis kata kaikkea huoneiston olosuhteisiin ja käyttäjän mukavuuteen vaikuttavaa energiaa.

5.3 Energian mittauksen nykyiset käytännöt

Lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen nykyisiä käytäntöjä tarkastellaan rakennustyypeittäin. Asuinkerrostaloissa on pääsääntöisesti kaukolämmön päämittaus, mutta ei alamittauksia. Toimisto- ja liikerakennuksissa erilaisia verkosto- ja rakennusosakohtaisia energiamittauksia voi esiintyä. Huoneistokohtaisia mittauksia lämmitykseen ja jäähdytykseen on toteutettu vain harvoissa tapauksissa.

Toimisto- ja liikerakennusten osalta joudutaan harkitsemaan suunnitteluvaiheessa, miten huoneistokohtainen energiamittaus toteutetaan. Sähköjärjestelmien kytkentöjen ja mittausjärjestelyjen muutoksia on kohtuullisen helppoa tehdä rakennuksen elinkaaren aikana, mutta LVI-järjestelmien muutokset ovat kalliimpia ja suuritöisempiä. Suunnitteluvaiheessa on määriteltävä mikä on pienin vuokrattava huoneistokoko, johon huoneistokohtainen energiamittaus on kannattavaa toteuttaa. Pienen huoneistokoon valinta johtaa kohtuuttoman korkeisiin mittausjärjestelyjen kustannuksiin, isomman mittausalueen valinta taas johtaa joka tapauksessa jossakin vaiheessa muutostarpeisiin. Kyseessä on siis optimointitehtävä, jossa joustava mittausratkaisu johtaa korkeisiin elinkaarikustannuksiin, sillä energiamittarit on uusittava niiden teknisen käyttöiän täyttyessä noin 10-15 vuoden kuluttua.

5.4 Sisäolosuhteet

Suomessa on varsin vakiintuneet käytännöt sille, mitkä ovat erityyppisten tilojen lämpötilaolosuhteet lämmitys- ja jäähdytyskaudella. Rakentamismääräykset, sisäilmastoluokitus sekä rakennustyyppikohtaiset ohjeet ja määräykset (mm. asumisterveysasetus) ohjaavat rakennusten suunnittelua, LVI-järjestelmien mitoitusta ja käyttöä. Suurin osa rakennuksista on systemaattisen ylläpidon ja huollon piirissä, jolloin sisäolosuhteiden ja energiankulutuksen seurantaan kiinnitetään jatkuvasti huomiota ammattimaisesti toimivan palvelutarjoajan toimesta.

Tarkasteltaessa huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen teknistä toteutettavuutta tarkastellaan rakennustyypeittäin tyypillisiä sisäolosuhteita, niihin vaikuttavia tekijöitä ja tilojen käyttäjien vaikutusmahdollisuuksia olosuhteisiin. Kuten raportin luvussa 2 todetaan, ovat olosuhteet yleensä melko hyvin hallinnassa eikä tavanomaisesta poikkeavia lämpötiloja esiinny. Tilojen käyttäjät voivat yleensä säätää tilojensa huonelämpötiloja ainoastaan asuinrakennuksissa.

5.5 Huoneiston käyttäjän vaikutusmahdollisuus energiankulutukseen

LVI-järjestelmän lisäksi myös monet muut tekijät vaikuttavat huoneiston lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen. Huoneiston koko, sen sijainti aurinko- tai varjojulkisivulla sekä rakennuksen ylimmässä tai välikerroksessa vaikuttavat kulutukseen. Myös ympäröivien tilojen ominaisuudet, käyttö ja kuormitus vaikuttavat. Hallitsemattomalla ilmanvaihdolla on joissakin tapauksissa keskeinen merkitys.

Huoneistokohtainen käyttäjän vaikutusmahdollisuus lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen on suoraan verrannollinen säästöpotentiaaliin, joka huoneistokohtaisen energiamittauksen kautta on saavutettavissa. Tyypillisesti liike- ja palvelurakennuksissa yksittäisten huoneistojen käyttäjät eivät voi vaikuttaa esimerkiksi ilmanvaihdon energiankulutukseen, kun ilmanvaihtojärjestelmä palvelee laajempaa tilakokonaisuutta. Yleisimmin käyttäjän vaikutusmahdollisuus kohdistuu termostaattisten patteriventtiilien asetuksiin. Raportin luvussa 2 on tarkasteltu tilalämmityksen osuutta eri ikäisissä rakennuksissa. Kyseisen luvun kuvista nähdään, että uusimmissa rakennuksissa tilalämmityksen osuus kokonaiskulutuksesta on toimistorakennuksessa 15% ja asuinkerrostalossa 40%. Valtaosa lämmitysenergian kulutuksesta siis tapahtuu muualla: lämmin käyttövesi lämmitetään lämmönjakohuoneessa ja tuloilma ilmanvaihtokonehuoneissa.

Yksittäisten huoneistojen lisäksi kaikissa rakennuksissa on yhteisiä tiloja, joiden lämmityksen ja jäähdytyksen energiakustannukset jaetaan kaikkien käyttäjien kesken yleensä huoneistojen neliöihin suhteutettuna vastikkeena. Joissakin tapauksissa (esimerkiksi kauppakeskuksissa) yhteistilojen energiankulutus voi olla suurempi kuin huoneistojen kulutusten summa. Tällöin voidaan kyseenalaistaa huoneistokohtaisten lämmitys- ja jäähdytysenergian mittausten järkevyys, sillä käyttäjän oman toiminnan vaikutus ei juurikaan vähennä rakennuksen kokonaisenergiankulutusta ja sen kustannuksia.

5.6 Huoneistokohtaisen lämmön ja jäähdytyksen mittauksen tekninen toteutettavuus

Tarkastelun lähtökohtana on kiinteistönomistajan näkökulma. Mikäli LVI-järjestelmiin energiamittausten vuoksi tarvittavat muutokset ovat merkittäviä ja edellyttäisivät laajoja järjestelmän muutoksia tai rakennusteknisiä töitä, todetaan energiamittausten teknisen toteutettavuuden olevan heikko. Toisaalta myös huoneistoon kohdistuvien lukuisten energiavirtojen kattava ja tarkka mittaaminen voi olla teknisesti hyvin vaikeaa, esimerkiksi ilmanvaihdon kautta tulevan energian mittaaminen edellyttää ilmavirtojen ja lämpötilojen jatkuvaa mittaamista.

Huoneistokohtaisen energiamittauksen kustannustehokkuus on heikko silloin kun huoneiston käyttäjällä ei ole mahdollisuutta vaikuttaa energiankulutukseensa siinä määrin, että sillä olisi merkitystä. Yhteistiloista kaikille käyttäjille jaettava energiakustannus voi olla merkittävämpi kuin huoneiston käyttäjän oma kulutus.

5.7 Johtopäätös

Johtopäätös esitetään kullekin rakennustyypille sanallisesti käyttäen tämän luvun mukaisia määrittelyitä. Lisäksi tiivistetään huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen teknisen toteutettavuuden analyysi rakennustyypeittäin kaavion muotoon. Kaaviossa kuvataan tarkastelussa huomioidut eri osatekijät kuvan 11 mukaisesti.

Mikäli huoneistokohtainen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus vaatii merkittäviä muutoksia LVI-asennuksiin tai mittauksilla ei voida kohtuullisin toimenpitein kattaa merkittävää osaa huoneistokohtaisista energiavirroista ja huoneiston haltijan vaikutusmahdollisuudet huoneistonsa energiankäyttöön ovat vähäiset ja säästöpotentiaalin odotukset ovat pienet, katsotaan energiamittausten teknisen toteutettavuuden olevan heikko.

6 Tekninen toteutettavuus asuinkerrostaloissa

Tässä kappaleessa tarkastellaan edellä kuvatun menetelmän avulla lämmitys- ja jäähdytysenergian huoneistokohtaisen mittauksen teknistä toteutettavuutta asuinkerrostaloissa.

Jäähdytys on asuntokannassa hyvin vähäistä ja ylipäätään jäähdytyksen energiankulutus on maamme ilmasto-olosuhteissa vähäistä lämmitystarpeeseen verrattuna. Tässä selvityksessä keskitytään sen vuoksi lämmitysenergian mittaamiseen.

6.1 Huoneisto asuinkerrostalossa

Asunnolla eli asuinhuoneistolla tarkoitetaan keittiöllä, keittokomerolla tai keittotilalla varustettua yhden asuinhuoneen tai useampia asuinhuoneita käsittävää, ympärivuotiseen asumiseen tarkoitettua kokonaisuutta, jonka huoneistoala on vähintään 20 neliömetriä. Asuinhuoneiston ominaisuuksista (koko, sijainti, jne.) on säädetty mm. ympäristöministeriön asetuksessa asuin-, majoitus- ja työtiloista. Huoneiston koko ei muutu rakennuksen elinkaaren aikana kuin poikkeustapauksissa. Joskus saatetaan kaksi vierekkäistä huoneistoa yhdistää tai iso huoneisto jakaa kahdeksi pienemmäksi.

Suomessa asunto-osakeyhtiö on yleinen asuntojen hallintamuoto, jossa asunto-osakeyhtiö eli taloyhtiö omistaa rakennuksen huoneistoineen ja osakas asunnon hallintaan oikeuttavat osakkeet. Taloyhtiössä ylin päätäntävalta on yhtiökokouksella. Yhtiökokous valitsee taloyhtiölle useimmiten osakkaista muodostuvan hallituksen. Hallituksen tärkeimmät tehtävät ovat isännöintiyrityksen valinta ja osakkaiden edustaminen. Isännöitsijä yhdessä hallituksen kanssa huolehtii kiinteistön ja rakennusten pidosta ja hoitaa taloyhtiön päivittäistä hallintoa taloyhtiön hallituksen ohjeiden mukaisesti.

Osakkeenomistaja on velvollinen maksamaan yhtiön menojen kattamiseksi yhtiövastiketta yhtiöjärjestyksessä määrättyjen perusteiden mukaan. Yhtiövastikkeella katetaan kiinteistön rakentamisen, käytön ja kunnossapidon sekä mahdollisen peruskorjauksen ja lisärakentamisen kuluja. Vastikkeen maksuperusteesta määrätään yhtiöjärjestyksessä. Perusteena voi olla esimerkiksi huoneiston pinta-ala, osakkeiden lukumäärä taikka veden, sähkön, lämmön tai muun hyödykkeen todellinen tai luotettavasti arvioitavissa oleva kulutus.
Yhtiön on pidettävä kunnossa osakehuoneistojen rakenteet ja eristeet. Yhtiö on lisäksi velvollinen pitämään kunnossa lämmitys-, sähkö-, tiedonsiirto-, kaasu-, vesi-, viemäri-, ilmanvaihto- ja muut sen kaltaiset perusjärjestelmät.

Osakeyhtiömuotoisissa kiinteistöissä lämmityskustannukset jaetaan huoneistoille tai tiloille yhtiöjärjestyksen mukaisesti, yleensä huoneistojen neliöiden suhteessa kuten useimmat kiinteistön ylläpitokustannukset. Ylläpitokustannukset katetaan yhtiövastikkeella tai vuokralla, jonka suuruus tarkistetaan vuosittain.

VTT:n selvitys huoneistokohtaisten lämpömäärämittareiden ja lämmityskustannusten jakolaitteiden käytön edellytyksistä Suomessa

Asunto-osakeyhtiön toiminnassa keskeinen periaate on osakkaiden keskinäinen yhdenvertaisuus. Mikäli toteutetaan huoneistokohtainen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus, on kulmahuoneistojen, ylimmän kerroksen huoneistojen, ym. mitattu kulutus yhdenmukaistettava muiden huoneistojen kulutuksen tasolle korjauskertoimin.

6.2 Tyypillisten LVI-järjestelmien periaatteet

6.2.1 Lämmitysjärjestelmä

Suurin osa asuinkerrostaloista on liitetty kaukolämpöön. Kiinteistöllä on yleensä oma kaukolämpöliittymä, jossa on energialaitoksen mittaus. Taajama-alueiden ulkopuolella aiemmin öljykattiloilla lämmitetyt kiinteistöt ovat usein siirtyneet maalämpöön tai muihin lämpöpumppuratkaisuihin.

Useimmissa asuinkerrostaloissa on kaksi lämmitysjärjestelmää: patteriverkosto ja lämpimän käyttöveden lämmitys. Joissakin tapauksissa on edellisten lisäksi lattialämmitysverkosto. Kaikissa lämmitysverkostoissa on oma lämpötilan säätönsä. Yleensä lämmitysverkostoissa ei ole lämpöenergiamittareita. Uusissa asuinrakennuksissa on yleensä erillinen lämmitysverkosto ilmanvaihdon lämmitykselle.

Useimmissa asuinkerrostaloissa asunnot lämmitetään patteriverkostolla. Uusissa asuinrakennuksissa voi olla kylpyhuoneissa vesikiertoinen lattialämmitys, mutta usein käytetään sähköistä lattialämmitystä märkätiloissa. Uusissa rakennuksissa lämmityksen nousulinjat voivat myös olla keskellä rakennusta ja patterit liitetty huoneistokohtaiseen jakotukkiin vaakaputkituksilla.

6.2.2 Lämmin käyttövesi

Asuinkerrostaloissa mitataan kylmän käyttöveden kokonaismäärä ja usein myös lämmin käyttövesi. Lämmin vesi tuotetaan pääsääntöisesti kaukolämpöenergialla. Uusissa asuinkerrostaloissa (2011 >) sekä uudemmissa putkistosaneeratuissa kohteissa (2013>) on edellytetty huoneistokohtaisten kylmä- ja lämminvesimittareiden asentamista. Mittareiden käyttäminen veden laskutukseen ei ole pakollista.

6.2.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

Vanhoissa asuinkerrostaloissa (ennen 1960 rakennetut) on painovoimainen ilmanvaihto. Korvausilma huoneistoihin tulee ikkunoiden tai korvausilmaventtiilien kautta. Ilmanvaihdon määrää on käytännössä mahdotonta säätää.

Uudemmissa asuinkerrostaloissa (1970-1990 rakennetut) on yleensä koneellinen poisto. Korvausilma huoneistoihin tulee korvausilmaventtiilien tai ikkunoiden tai rakennusvaipan vuotojen kautta. Yleensä yhteen poistopuhaltimeen on liitetty yhden porrashuoneen asunnot.

Uusissa asuinkerrostaloissa (1995 jälkeen rakennetut) on yleensä koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto kaikissa tiloissa. Ilmanvaihtokoneissa on lämmön talteenotto ja lämmitys. Huoneistoja voi palvella joko yhteinen keskitetty ilmanvaihtokone tai huoneistokohtaiset pienet ilmanvaihtokoneet. Keskitetty ilmanvaihto on yleisemmin käytetty alhaisempien asennus- ja huoltokustannusten vuoksi. Tuloilman lämpötila on yleensä 17-20°C.

6.2.4 Jäähdytysjärjestelmä

Asuinkerrostaloissa ei yleensä ole jäähdytystä. Joissakin uusissa korkeatasoisissa asuinkerrostaloissa on vedenjäähdytyskone, kaukojäähdytys tai multi-split-tyyppinen jäähdytys. Jäähdytysjärjestelmän energia (kaukokylmä tai kompressorien sähkö) mitataan ja kustannukset jaetaan asukkaille huoneistojen neliöiden suhteessa. Huoneistoja palvelee yleensä jäähdytysverkosto, johon huoneistokohtaiset puhallinkonvektorit liitetään. Uusimmissa asunnoissa voi olla säteilykattoelementtejä. Jäähdytyksestä peritään neliöpohjaista korvausta.

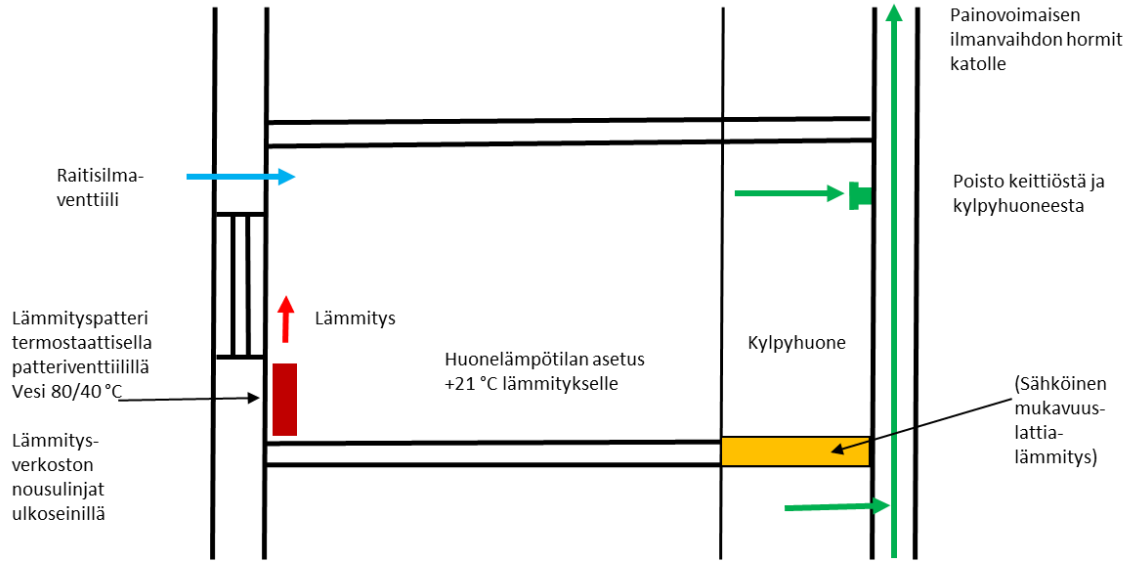
Joissakin tapauksissa huoneistoihin on asennettu ilmalämpöpumppuja / split-jäähdyttimiä asukkaiden toimesta. Niitä käytetään pääasiassa jäähdytyskaudella. Sähkökustannukset maksaa huoneiston haltija.

6.2.5 LVI-järjestelmät eri ikäisissä asuinkerrostaloissa

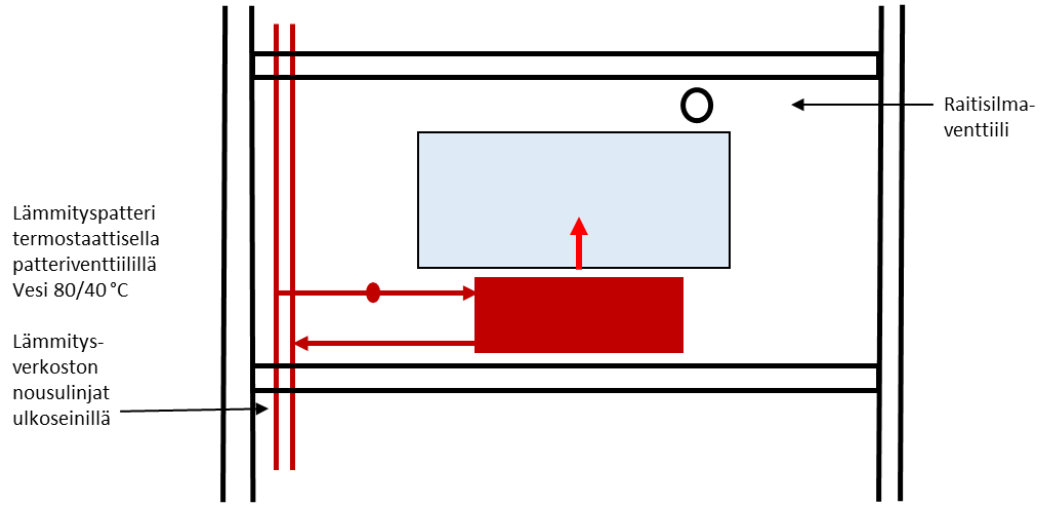
Asuinkerrostalot 1940-1960

Patteriverkoston eristetyt vaakasuorat päälinjat sijaitsevat kellari- tai pohjakerroksen katossa. Jokainen pystysuora nousulinja palvelee kaikkia yläpuolisia kerroksia. Nousulinjat ovat yleensä eristämättömät. Nousulinjoissa on sulku- ja linjasäätöventtiilit, joilla verkoston vesivirrat tasapainotetaan. Nousulinjaan on yleensä liitetty alle 10 patteria kussakin kerroksessa. Patterit sijaitsevat yleensä ulkoseinillä ikkunoiden alla. Putkistosaneerausten yhteydessä on usein lisätty kylpyhuoneisiin sähköinen lattialämmitys, jonka energiankulutus sisältyy asunnon mittaroituun sähkön kulutukseen.

Asunnoissa ja yleisissä tiloissa (varastot, tekniset tilat, porrashuoneet, sauna, pesutupa, jne.) on painovoimainen ilmanvaihto. Korvausilma tulee joko ikkunoiden tai korvausilmaventtiilien kautta. Joiltakin osin painovoimainen ilmanvaihto on voitu muuttaa koneelliseksi poistoksi putkistosaneerauksen / laajemman korjaushankkeen yhteydessä. Putkistosaneerauksen yhteydessä harvemmin toteutetaan koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto.



Kuva 12. Tyypillinen lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisu vanhemmissa asuinkerrostaloissa, periaateleikkaus.



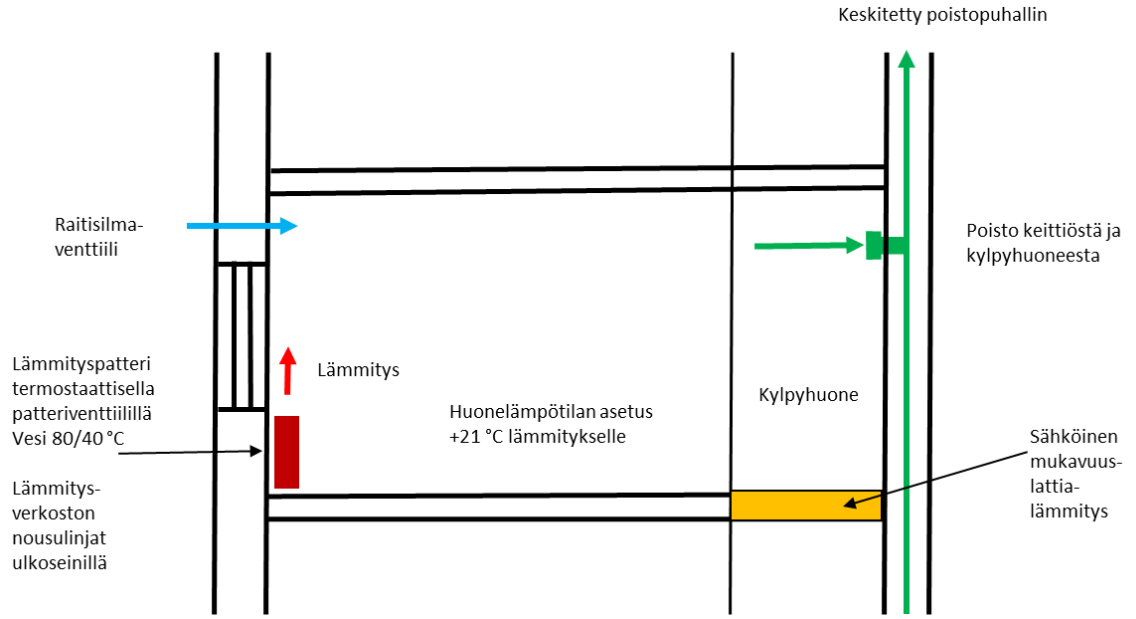
Kuva 13. Tyypillinen lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisu vanhemmissa asuinkerrostaloissa, periaate ikkunaseinällä.

Asuinkerrostalot 1960-1990

Patteriverkoston periaate yleensä samanlainen kuin vanhemmissa asuinkerrostaloissa: verkoston päälinjat kellari- tai pohjakerroksessa ja nousulinjat ulkoseinillä. Eri kerroksissa huoneistojen patterit kytketty nousulinjoihin. Isommissa huoneistoissa pattereita syöttää useampi nousulinja.

Putkistosaneerauksessa yleensä lisätään kylpyhuoneisiin joko vesikiertoinen tai sähköinen lattialämmitys. Uudemmissa kerrostaloissa voi olla kylpyhuoneissa lattialämmitys alkuperäisenäkin asennuksena.

Yksi poistopuhallin palvelee saman porraskäytävän huoneistoja. Korvausilma tulee ikkunoista, korvausilmaventtiileistä ja joskus postiluukkujen kautta porraskäytävästä. Yhteistiloilla on erillinen poistopuhallin tai useampia puhaltimia.



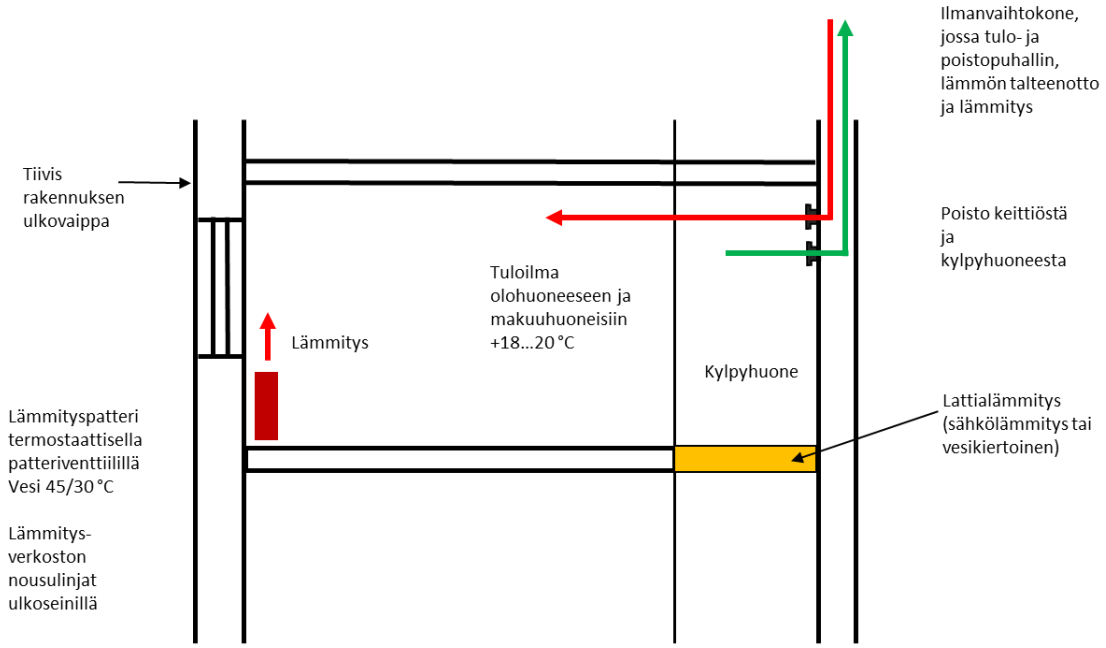
Kuva 14. Tyypillinen lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisu 1960-1990 lukujen asuinkerrostaloissa, periaateleikkaus.

1950-60 luvulla on myös rakennettu jonkin verran asuinkerrostaloja, joissa on lattialämmitys. Näissä rakennuksissa lämmön jakelu tapahtuu keskellä rakennusta olevan nousulinjan ja huoneistokohtaisen jakotukin kautta huonekohtaisiin lämmityspiireihin. Osassa rakennuksista on lattialämmitys korvattu myöhemmin normaalilla, julkisivunousuihin perustuvalla patteriverkostolla. Osa vanhoista lattialämmityspiireistä on todennäköisesti vielä käytössä, kun jakotukit ja verkoston säätöventtiilit on uusittu.

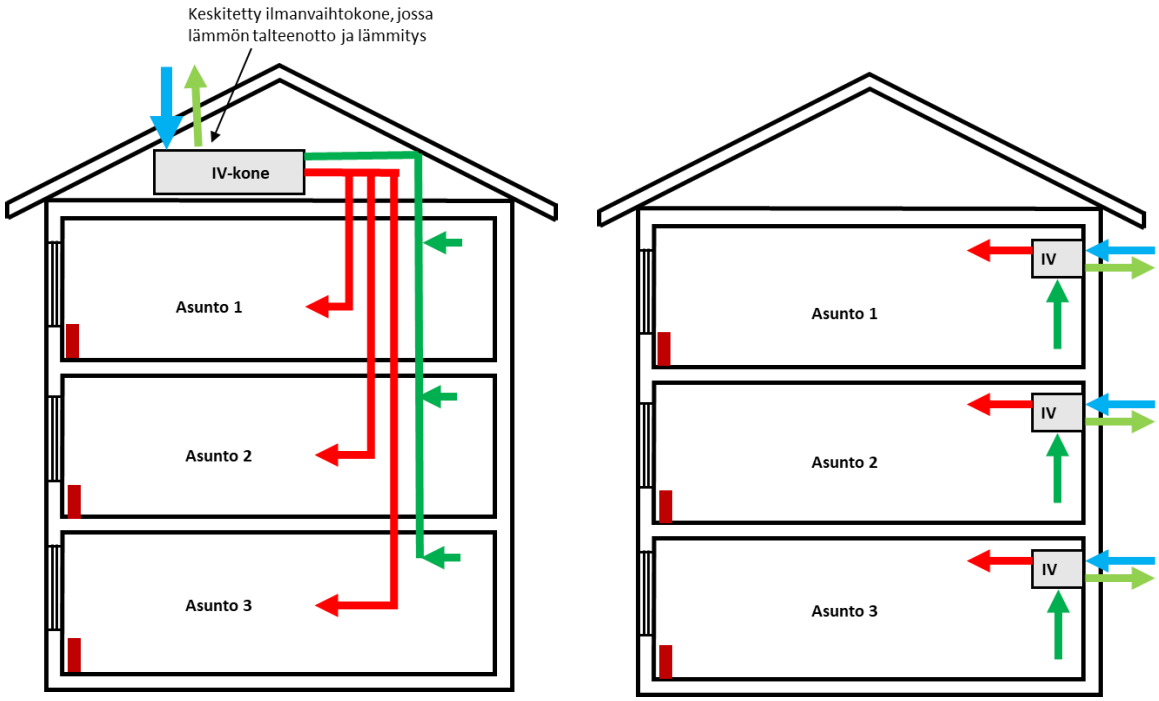
Asuinkerrostalot 1995…2010 >

Patteriverkoston periaate suurimmassa osassa asuinkerrostaloja on yleensä samanlainen kuin vanhemmissa asuinkerrostaloissa: verkoston päälinjat kellari- tai pohjakerroksessa ja nousulinjat ulkoseinillä. Eri kerroksissa huoneistojen patterit kytketty nousulinjoihin. Isommissa huoneistoissa pattereita syöttää useampi nousulinja. Uusissa, 2010-luvulla rakennetuissa asuinkerrostaloissa nousulinjat voivat vaihtoehtoisesti olla keskellä rakennusta ja huoneistokohtaisista jakotukeista on asennettu välipohjaan vaakasuorat kytkentäjohdot pattereille. Tällöin huoneiston pattereiden lämmön syöttö tapahtuu yhdestä pisteestä jakotukin kautta.

Kylpyhuoneissa ja saunoissa on lattialämmitys, joko sähköinen tai vesikiertoinen. Lattialämmitys toimii myös kesäaikana, kun patteriverkostossa ei ole lämpöä. Koneellinen tulo-poistoilmanvaihto on toteutettu joko keskitetyllä ilmanvaihtokoneella tai huoneistokohtaisilla koneilla. Yhteistiloilla ja porrashuoneilla on omat koneensa. Uusimmissa korkeatasoisissa asuinkerrostaloissa voi olla jäähdytysjärjestelmä, johon huoneistokohtaiset puhallinkonvektorit voidaan liittää.



Kuva 15. Tyypillinen lämmitys- ja ilmanvaihtoratkaisu 1990-luvulla ja sen jälkeen rakennetuissa asuinkerrostaloissa, periaateleikkaus.



Kuva 16. Koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon yleisimmät periaatteet asuinkerrostaloissa, periaateleikkaus.

6.3 Energian mittauksen nykyiset käytännöt asuinkerrostaloissa

Taloyhtiö vastaa lämmityksen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden tuotannosta ja jakelusta huoneistoihin sekä yleisten tilojen valaistuksesta. Verkostot ja niiden laitteet kuuluvat taloyhtiölle. Asukkaat maksavat hyödykkeistä, palveluista ja huollosta neliöpohjaista vastiketta. Tämä vastike pitää sisällään lämmitysenergian ja mahdollisen jäähdytysenergian keskitetystä järjestelmästä. Käyttövedestä peritään usein henkilöiden määrään perustuva kustannus tai huoneistokohtaisten vesimittareiden lukemiin perustuva vesilasku. Huoneistojen sähköstä on omat erilliset sähkösopimukset, huoneistoissa on sähkömittarit ja asukkaat vastaavat omasta kulutuksestaan (valaistus, laitteet).

Yhteiset tilat asuinkerrostalossa käsittävät porraskäytävän, kellaritilat, varastotilat ja tekniset tilat, usein myös yhteiset saunatilat, pesutupa, pysäköintitilat, ym. kuuluvat yhteisiin tiloihin. Näiden tilojen energia- ja vesikustannukset jaetaan asukkaiden kesken yllä mainittuun neliöpohjaiseen hoitovastikkeeseen sisältyen.

Keskitetyn ilmanvaihdon energiakustannukset kuuluvat yhteistilojen energiankäyttöön ja jaetaan asukkaiden kesken. Huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden lämmitysenergian kulutus jaetaan yleisten tilojen kulutukseen kuuluvana. Myös mahdollisten sähköisellä lämmityksellä varustettujen tuloilmakoneiden energia hoidetaan yleensä yhteisten tilojen järjestelmästä.

Asukkailla voi olla itse hankkimiaan ilmalämpöpumppuja / split-jäähdyttimiä, joiden sähkönkulutus sisältyy asunnon sähköliittymän kulutukseen.

6.4 Sisäolosuhteet

Yleensä huonelämpötilat asunnoissa ovat lämmityskaudella tasolla 22-23°C. On epätodennäköistä, että tätä korkeampia lämpötiloja esiintyisi laajassa määrin. On myös epätodennäköistä, että asukkaat tyytyisivät alle 20°C lämpötiloihin kerrostaloasunnoissa. Mikäli patteriverkoston vesivirtoja ei ole tasapainotettu, voi huonelämpötiloissa olla eroja huoneistojen kesken.

Ikkunavedon ja kylmäsäteilyn vuoksi patterit ovat todennäköisesti lämpimät lämmityskaudella ainakin vanhemmissa rakennuksissa. Uusissa asuinkerrostaloissa lämmitysenergian kulutus on alhainen, sillä vaipan lämpöhäviöt ovat pienet. Niissä on esiintynyt jossakin määrin huoneistojen korkeita lämpötiloja, kun ulkovaipan lämmöneristys on hyvä ja suojaamattomien ikkunoiden kautta aurinko pääsee esteettömästi lämmittämään tiloja.

Suomen lainsäädännön mukaan lämmitysjärjestelmät ja kiinteistön tekninen kokonaiskunto on kiinteistön omistajan vastuulla. Suurinta osaa kiinteistön ja sen huoneistojen lämmönkulutukseen vaikuttavista tekijöistä säätelee siten kiinteistön omistaja. Asukas tai tiloissa toimiva yritys voi vaikuttaa kiinteistön lämmön kulutukseen suhteellisen vähän.

VTT:n selvitys huoneistokohtaisten lämpömäärämittareiden ja lämmityskustannusten jakolaitteiden käytön edellytyksistä Suomessa

Taloyhtiöiden isännöitsijät seuraavat yleensä energiankulutusta, sillä se on merkittävä kustannustekijä. Myös sisäolosuhteisiin kohdistuvia valituksia seurataan. Huoltoyhtiöllä voi olla sopimuksessaan tavoitteita liittyen sisäolosuhdevalitusten määrään sekä energiankulutukseen. Useat vuokratalotoimijat ovat liittyneet energiansäästösopimukseen ja seuraavat tarkasti sekä olosuhteita että energiankulutusta.

6.5 Asukkaan vaikutusmahdollisuudet energiankulutukseen

Patteriventtiilien avulla asukas voi vaikuttaa huoneistonsa lämpötilaan ja huoneistonsa lämmitysenergian kulutukseen. Tyypillisessä asuinkerrostalossa on termostaattiset patteriventtiilit. Elektronisia säätöventtiileitä on todennäköisesti käytössä vain korkeatasoisissa uusissa rakennuksissa ja käsisäätöisiä patteriventtiileitä enää vain hyvin vähän vanhoissa rakennuksissa. Kylpyhuoneen sähköinen mukavuuslattialämmitys on mahdollista kytkeä pois päältä, mutta se pidetään yleensä toiminnassa lattian nopeamman kuivumisen vuoksi.

Asukkailla on yleensä hyvin pieni mahdollisuus vaikuttaa ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan. Koneellinen poisto ja tulo-poisto-ilmanvaihto toimivat aseteltujen aikaohjelmien ohjaamana. Keskitetyssä järjestelmässä ilmavirta on yleensä vakio, joissakin tapauksissa asukas voi tehostaa ilmanvaihtoa ruoanlaiton ja saunomisen ajaksi. Huoneistokohtaisessa tulo-poisto-ilmanvaihdossa asukkaalla on suurempi mahdollisuus vaikuttaa ilmanvaihdon tasoon erilaisissa käyttötilanteissa. Ilmanvaihtoa ei voi kytkeä pois toiminnasta.

Ikkunatuuletusta käytetään ilmanvaihdon tehostamiseen lyhyinä jaksoina. Ikkunoita ei pidetä auki lämmityskaudella muutamaa minuuttia pitempiä jaksoja.

Etelä- ja länsijulkisivuilla aurinko vaikuttaa merkittävästi asunnon energiankulutukseen ja olosuhteisiin. Huoneistoon sisälle tulevan lämpösäteilyn määrään vaikuttavat parvekkeet ja mahdolliset rakenteelliset ulokkeet ja erkkerit sekä ikkunoissa olevat sälekaihtimet. Suurimmassa osassa asuinkerrostaloja ei ikkunalasituksessa ole auringonsuojaominaisuuksia. Läpi talon sijaitsevissa huoneistoissa aurinkojulkisivun puoleisiin tiloihin tuleva auringon lämpö vähentää myös varjon puoleisten tilojen energiankulutusta.

Yksittäisen huoneiston osalta myös huoneiston sijainnilla ja ympäröivien tilojen lämpötilalla on vaikutusta huoneiston energiankulutukseen ja olosuhteisiin. Esimerkiksi ylimmän kerroksen huoneistoissa lämpöhäviöt ovat välikerroksia suuremmat. Painovoimaisen ilmanvaihdon kerrostaloissa alimmat kerrokset ovat usein alipaineisia ja viileitä, ylimmät kerrokset lämpimämpiä. Myös huoneiston alapuolella sijaitseva taloyhtiön sauna, lämmönjakohuone tai puolilämmin pyöräkellari vaikuttavat etenkin vanhoissa kerrostaloissa.

Voidaan siis todeta, että asukkaan vaikutusmahdollisuudet huoneistonsa energiankulutukseen ovat melko vähäiset.

6.6 Huoneistokohtaisen mittauksen tekninen toteutettavuus ja sen esteet asuinkerrostaloissa

6.6.1 Yleistä

Huoneistokohtaiseen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaamiseen liittyy suomalaisessa asuinkerrostalokannassa huomattavia haasteita tyypillisten LVI-järjestelmän ratkaisujen vuoksi. Uusimpia, 2010-luvulla rakennettuja asuinkerrostaloja lukuun ottamatta vallitseva lämmitysjärjestelmä on alajakoinen, julkisivuilla sijaitsevien ja useita kerroksia palvelevien nousulinjojen ratkaisu.

Toteutetut putkistosaneeraukset ovat kohdistuneet pääosin 1960-70 lukujen ja sitä vanhempien asuinkerrostalojen vesi- ja viemärijärjestelmiin. Putkistosaneerauksissa ei yleensä puututa lämmitysjärjestelmän perusosiin (runko- ja nousulinjat), vaikka patterit ja niiden venttiilit sekä verkoston sulku- ja linjasäätöventtiilit uusittaisiin. Lämmitysverkoston putkistojen tekniseksi käyttöiäksi arvioidaan yleensä 100 vuotta tai enemmän, venttiilit ja muut putkistovarusteet uusitaan 40-50 vuoden jälkeen, kaukolämmön alajakokeskus ja termostaattiset patteriventtiilit 20-25 vuoden jälkeen.

Mikäli rakennuksen käyttötarkoitus muutetaan, on lämmitysjärjestelmään ja patteriverkostoon yleensä tehtävä muutoksia huone- ja huoneistojaon muuttuessa.

6.6.2 Tyypillinen nousulinjainen patteriverkostoratkaisu

Yleensä patteriverkoston nousulinjat sijaitsevat ulkoseinillä ja nousulinjaan on liitetty useiden huoneistojen pattereita eri kerroksissa. Yhden huoneiston patterit on usein liitetty useampaan nousulinjaan, isommassa huoneistossa lämpö voi tulla 4-6 nousulinjan kautta. Tällöin huoneiston lämmitysenergian mittaaminen yhdestä pisteestä on teknisesti mahdotonta. Useimmiten patterien kytkentäjohdot nousulinjaan ovat niin lyhyet, ettei niihin ole mahdollista asentaa patterikohtaista energiamittaria. Patteriverkoston tekninen käyttöikä on pääsääntöisesti yli 100 vuotta, joten verkoston muuttamiseen ei yleensä ryhdytä laajassa vesi- ja viemäriverkoston putkistosaneerauksessakaan.

Asuinkerrostaloissa lämmityskustannusten jakolaitteet ovat teknisesti ainoa mahdollinen ratkaisu. Niiden käytössä on kuitenkin huomioitava, että huoneistoon tulee lämpöä myös muualta kuin patterien kautta. Huoneiston läpi kulkevien patteriverkoston eristämättömien nousulinjojen osuus huoneiston lämmityksestä voi olla merkittävä. Kylpyhuoneissa on tyypillisesti lattialämmitys / mukavuuslämmitys, joka on asennettu rakennusvaiheessa, putkistosaneerauksessa tai asukkaan toteuttaman kylpyhuoneremontin yhteydessä. Lattialämmitys lämmittää kylpyhuoneen lisäksi myös jonkin verran ympäröiviä tiloja.

Uudemmissa asuinrakennuksissa on koneellinen tulo-poistoilmanvaihto, jolloin ilmanvaihdon kautta tulee huoneistoon jonkin verran lämmitysenergiaa kylmänä vuodenaikana. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihtokoneessa lämmitysenergia on mitattavissa kohtuullisin järjestelyin, mutta keskitetyssä ilmanvaihtoratkaisussa huoneistokohtainen ilmanvaihdon lämmitysvaikutus olisi mitattava huoneistoon tulevien ilmamäärien kautta. Ilmavirtojen mittaaminen edellyttäisi mittausjärjestelyjä kanavistoon ja kanaviston asennustavasta (haarat, mutkat, jne.) voi aiheutua merkittävää epätarkkuutta mittaustulokseen.

Huoneistoon tulee lämpöä jonkin verran myös lämpimän käyttöveden putkistojen kautta. Joissakin tapauksissa kylpyhuoneissa on käyttöveteen liitetyt kuivauspatterit. Huoneistokohtainen kylmän ja lämpimän veden mittarointi on toteutettu 2011 jälkeen toteutetuissa uusissa asuinkerrostaloissa ja 2013 jälkeen putkistosaneeratuissa kohteissa. Mahdollisen kiertovesipatterin energiankulutusta ei kuitenkaan mitata.

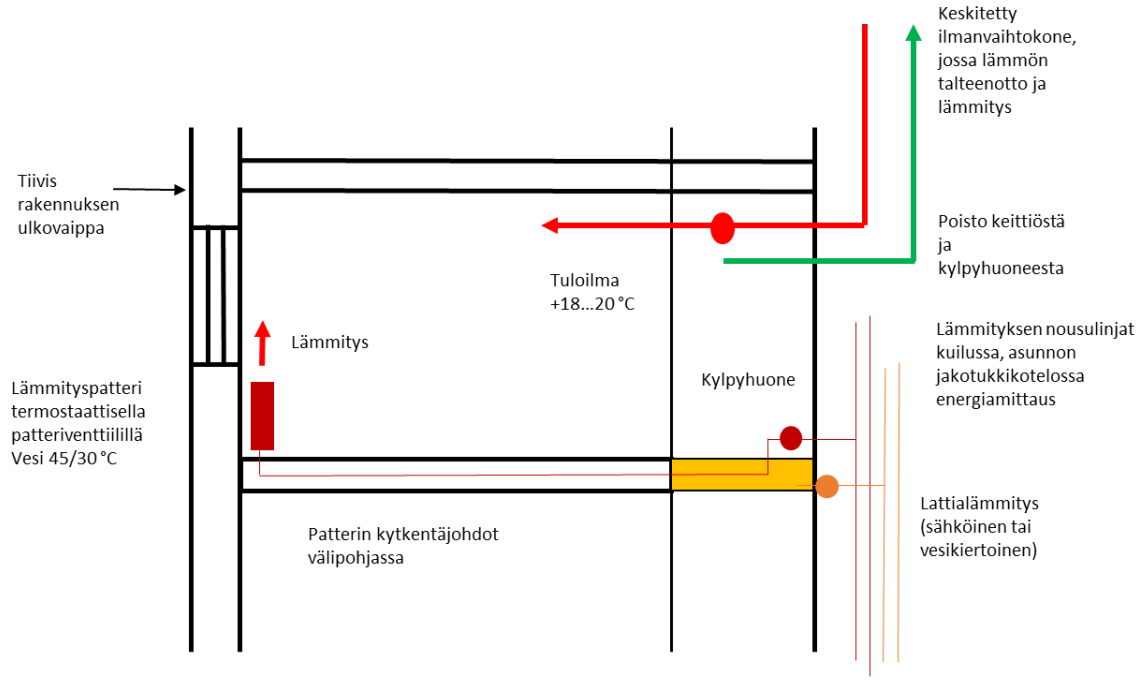
Lämmityskustannusten jakolaitteet ovat siis mahdollinen ratkaisu, mutta eivät kerro totuutta asunnon lämmön kulutuksesta. Jakolaite ei mittaa patterin luovuttamaa energiaa vaan antaa patterin pintalämpötilan ja huoneiston sisälämpötilan väliseen lämpötilaeroon perustuvan ”laskurilukeman”.

6.6.3 Huoneistokohtainen jakotukkiratkaisu

Joissakin uusissa, 2010-luvulla rakennetuissa asuinkerrostaloissa sekä harvoissa 1950-60 luvulla rakennetuissa asuinkerrostaloissa patteriverkoston ja/tai lattialämmityksen päälinjat sijaitsevat rakennuksen keskellä ja huoneistokohtaisesta jakotukista lämpö jaetaan julkisivulla sijaitseville pattereille tai huonekohtaisiin lattialämmityspiireihin. Huoneistokohtainen lämpöenergian mittaus on teknisesti toteutettavissa, mikäli jakotukkikotelo on suunniteltu ja sijoitettu siten, että siihen tulevaan lämpösyöttöön voidaan liittää energiamittari. Valtaosassa olemassa olevista rakennuksista mittarin tilantarvetta ja lisäämismahdollisuutta ei todennäköisesti ole huomioitu ja ainoaksi vaihtoehdoksi jää patteriverkostokohteessa lämmityskustannusten jakolaitteiden käyttö. Lattialämmityskohteessa niitä ei voida hyödyntää.

Uudemmissa asuinrakennuksissa on koneellinen tulo-poistoilmanvaihto, jolloin ilmanvaihdon kautta tulee huoneistoon jonkin verran lämmitysenergiaa kylmänä vuodenaikana. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihtokoneessa lämmitysenergia on mitattavissa kohtuullisin järjestelyin, mutta keskitetyssä ilmanvaihtoratkaisussa huoneistokohtainen ilmanvaihdon lämmitysvaikutus on mitattava ilmamäärien kautta.

Huoneistoon tulee lämpöä jonkin verran myös lämpimän käyttöveden putkistojen kautta.



Kuva 17. Mahdolliset energiamittaukset uudessa asuinkerrostalossa, jossa jakotukkiratkaisuun perustuva lämmitysverkosto.

6.7 Johtopäätökset

Asuinkerrostaloissa yleisesti käytössä olevissa nousulinjaisissa patteriverkostoissa huoneistokohtaisen lämmitysenergian mittaaminen on käytännössä mahdotonta olemassa olevissa rakennuksissa ilman laajoja muutostöitä.

Huoneistokohtaisena jakotukkiratkaisuna toteutetussa lämmitysjärjestelmässä lämmitysenergian mittaus voidaan toteuttaa uudiskohteissa, mutta olemassa olevissa rakennuksissa riittävän asennustilan järjestäminen mittaukselle on vaikeaa ilman suuria muutostöitä. Huoneistokohtainen jakotukkiratkaisu on kalliimpi toteuttaa kuin perinteinen nousulinjainen patteriverkosto, eikä sen valinta pelkästään energiamittauksen vuoksi ole kustannustehokasta.

Asuinkerrostaloissa patteriverkoston osuus lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta on vähentynyt merkittävästi. Uusissa 2010-luvun taloissa se on vain 46% kun 1970-luvun rakennuksissa se on noin 85%. Asukas voi vaikuttaa huoneistonsa lämmitysenergian kulutukseen patteritermostaatin asetuksilla ja todennäköinen lämpötilan alentamispotentiaali on 1-2 astetta, sillä patteriverkoston vesivirtojen perussäätö rajoittaa säästöpotentiaalia. Odotettavissa oleva säästöpotentiaali on siis pieni.

Asuntoon tulee patteriverkoston lisäksi lämpöenergiaa myös sähköisen mukavuuslattialämmityksen kautta, patteri- ja käyttövesiverkoston putkistohäviöinä sekä sisäänpuhallusilman mukana. Näihin kulutusosuuksiin asukas ei voi juurikaan vaikuttaa.

Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että huoneistokohtaisen lämmitysenergian mittauksen tekninen toteutettavuus asuinkerrostaloissa on heikko. Olemassa olevissa patteriverkostokohteissa lämmityskustannusten jakolaitteiden käyttö on ainoa mahdollisuus. Lattialämmityskohteisiin ne eivät sovellu. Asuinkerrostalojen osalta huoneistokohtaisten lämmitysenergian mittausten teknisen toteutettavuuden ja saavutettavan hyödyn yhteenveto on esitetty alla olevassa kuvassa.

Kuva 18. Lämmitysenergian huoneistokohtaisen mittauksen tekniseen toteutettavuuteen vaikuttavat tekijät asuinkerrostalossa sekä tarkastelun johtopäätökset.

7 Tekninen toteutettavuus toimistorakennuksissa

7.1 Huoneisto toimistorakennuksissa

Yleensä toimistorakennuksessa on useita käyttäjiä, vain harvoin rakennus palvelee yhtä yritystä. Business parkeissa on samassa rakennuksessa lukuisia erikokoisia yrityksiä, jotka hyödyntävät yhteisiä tukipalveluita (vastaanotto, ruokala, kokoustilat, paikoitustilat, jne.). Vuokrattavat tilat voivat olla kiinteitä lohkoja tai tilakokonaisuuksia, joihin etsitään sopivat vuokralaiset. On myös mahdollista, että tilakokoja muunnellaan tarjolla olevien vuokralaisten toiveiden mukaisiksi. Pienimmillään business parkissa toimiva ”yhden miehen yritys” vuokraa yhtä toimistohuonetta. Rakennuksen elinkaaren aikana tilakokoja muunnellaan vuokralaisten vaihtuessa.

Kiinteistö vastaa tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergiasta, ilmanvaihdosta, lämpimästä käyttövedestä ja yleisvalaistuksesta. Vuokralaiset maksavat neliöpohjaisesti määrättyä vastiketta näistä hyödykkeistä sekä kiinteistön tarjoamista palveluista. Yleensä sähköjärjestelmiä muunnellaan siten, että vuokralainen maksaa tilojensa valaistus- ja laitesähköstä mittarilukemien perusteella.

7.2 LVI-järjestelmät eri ikäisissä toimistorakennuksissa

7.2.1 Lämmitys

Toimistorakennuksissa on yleensä patteriverkosto, joka on toteutettu ulkoseinille sijoitetuin nousujohdoin. Samaan nousulinjaan on liitetty eri käyttäjien toimistotiloja eri kerroksissa ja myös samassa tasossa. Samaan nousulinjaan on voitu liittää myös kiinteistön yhteisiä tiloja. Patteriverkostoja ei yleensä ole eroteltu erillisiksi verkostoiksi kerroksittain tai käyttäjittäin, joskus kuitenkin julkisivuittain tai rakennusosittain.

Ilmanvaihdon lämmitysverkosto on yleensä toteutettu omana lämmitysverkostonaan, samoin mahdollinen lumensulatusverkosto. Ulko-ovien kierrätysilmalämmittimet on liitetty joko patteriverkostoon tai omaan verkostoonsa. Mahdolliset aulatilojen ja sosiaalitilojen lattialämmitysverkostot ovat oma lämmityspiirinsä.

Pattereissa on vanhemmissa rakennuksissa yleensä termostaattiset patteriventtiilit. 2010-luvulla rakennusautomaatioon liitetyt elektroniset säätöventtiilit ovat yleistyneet.

7.2.2 Ilmanvaihto

Lähes poikkeuksetta toimistorakennuksissa on koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto. Hyvin pienissä ja vanhoissa rakennuksissa voi olla koneellinen poisto. Vanhemmissa rakennuksissa tuloilmakoneet ovat suuria yksiköitä, jotka palvelevat toimistotiloja kaikissa kerroksissa. Joskus toimistotiloja palvelee vain yksi iso tulo-poistokone. 2010-luvulla suuntaus on ollut pienempiin konekokoihin ja kerros- ja rakennusosakohtaiset tulo-poistokoneet ovat yleistyneet. Ilmanvaihtokoneiden palvelualuejako määräytyy tilojen käytön ja olosuhdevaatimusten perusteella.

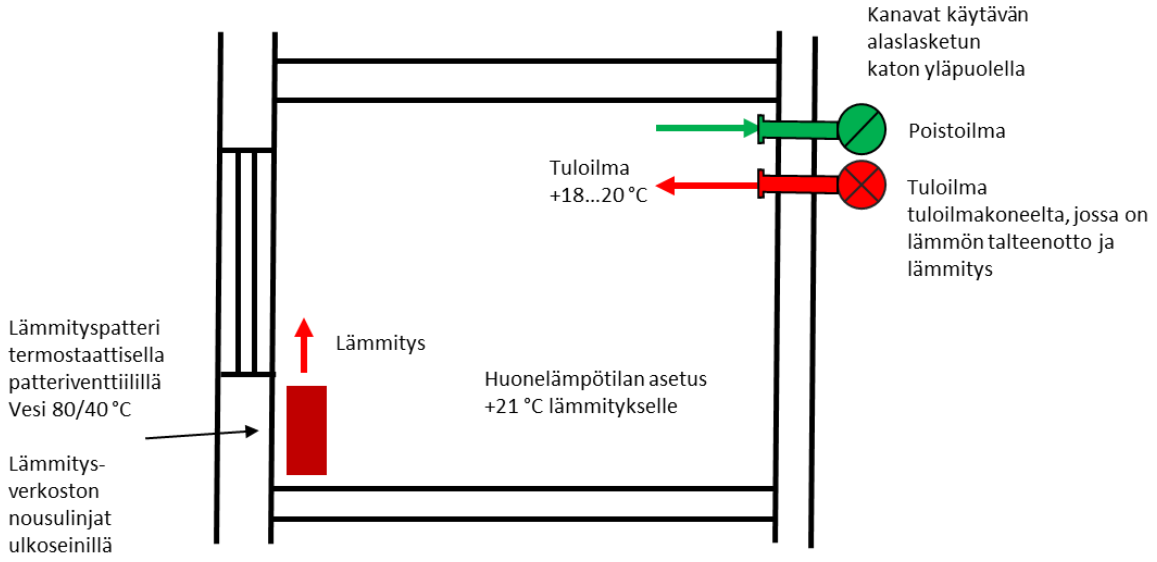
Toimistorakennusten ilmanvaihdossa on yleensä aina lämmöntalteenotto ja vesikiertoinen lämmityspatteri. Lämmöntalteenotto on konehuonekoon puitteissa aina mahdollisimman tehokas, pääsääntöisesti pyörivä kiekko.

7.2.3 Jäähdytys

Suuremmissa uusissa ja peruskorjatuissa toimistorakennuksissa on ilmanvaihdossa ja usein myös tiloissa jäähdytys. Ilmanvaihdon ja tilajäähdytyksen verkostot ovat yleensä erilliset ja toimivat erilaisella lämpötilatasolla. Tilajäähdytys on toteutettu jäähdytyspalkeilla, puhallinkonvektoreilla tai säteilykattoelementeillä.

7.2.4 LVI-järjestelmät eri ikäisissä toimistorakennuksissa

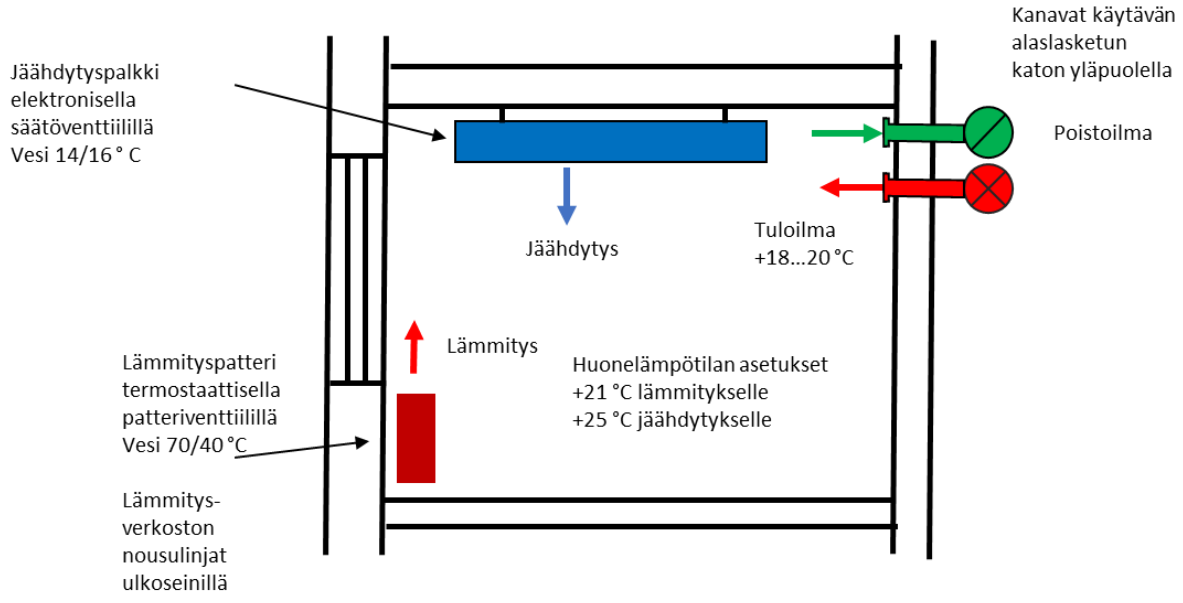
Pienissä ja vanhoissa toimistorakennuksissa on nousulinjainen patteriverkosto ja patterit sijaitsevat ulkoseinillä ikkunoiden alla. Näissä rakennuksissa ei aina ole tilajäähdytystä eikä välttämättä tuloilmakoneellakaan ole jäähdytyspatteria. Tällöin kesäajan lämpötilaolosuhteiden hallinta on vaikeaa. Kriittisiin tiloihin on saatettu toteuttaa tilajäähdytys split-jäähdyttimillä.



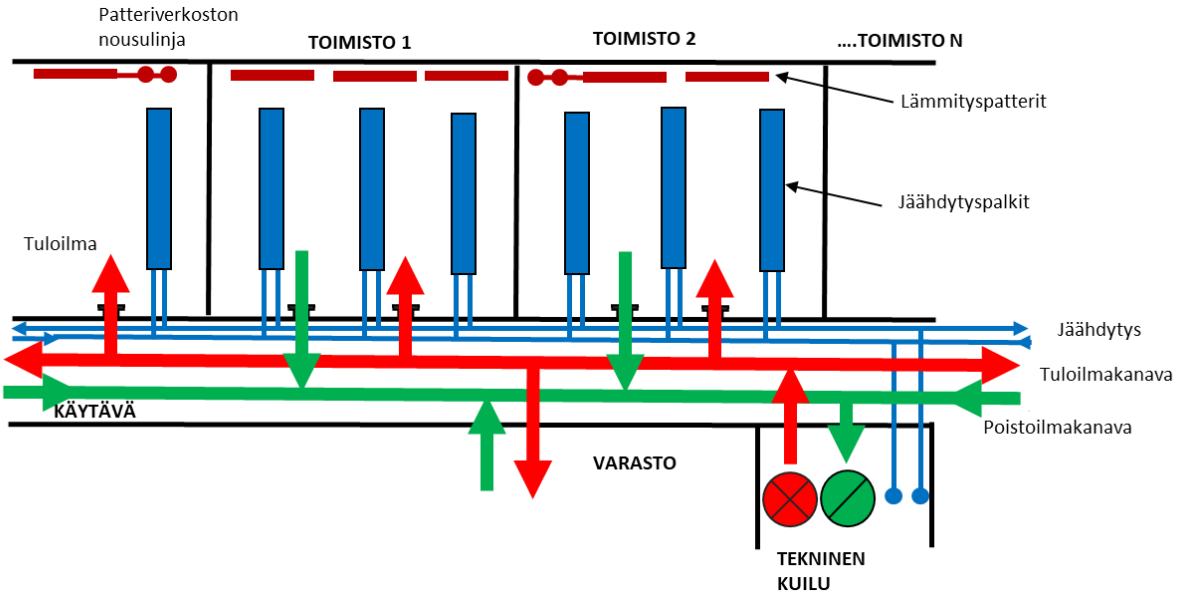
Kuva 19. Vanhan ja pienen toimistorakennuksen lämmityksen ja ilmanvaihdon perusratkaisu.

Tyypillisessä 1990- ja 2000-luvulla rakennetussa tai peruskorjatussa toimistorakennuksessa on nousulinjainen patteriverkosto. Ilmanvaihdossa on lämmöntalteenotto, lämmitys ja jäähdytys. Toimistotilojen tilajäähdytys on yleensä toteutettu jäähdytyspalkeilla (aktiivi- tai passiivipalkit). Lämmityspattereissa on termostaattiset patteriventtiilit, mutta jäähdytyspalkeissa on rakennusautomaation ohjaamat elektroniset säätöventtiilit.

Toimistotilojen muunneltavuus aikakauden tyypillisessä ”toimistohuoneet käytävän varrella”-arkkitehtuurissa ei ole joustava. Vuokralaisyritysten koon ja tarpeiden vaihdellessa on aina tehtävä väliseinämuutoksia, jäähdytyspalkkien ja patterien siirtoja ja sähköasennuksia, vaikka järjestelmä olisi suunniteltu periaatteessa joustavaksi moduuliratkaisuksi. Laajemmissa tilamuutoksissa myös ilmanvaihdon palvelualueita ja kanavointeja joudutaan muuttamaan. Isojen keskitettyjen ilmanvaihtokoneiden järjestelmässä rakennuksen käytön aikana tehtävät ilmanvaihtojärjestelmän muutokset haittaavat koko rakennuksen toimintaa.



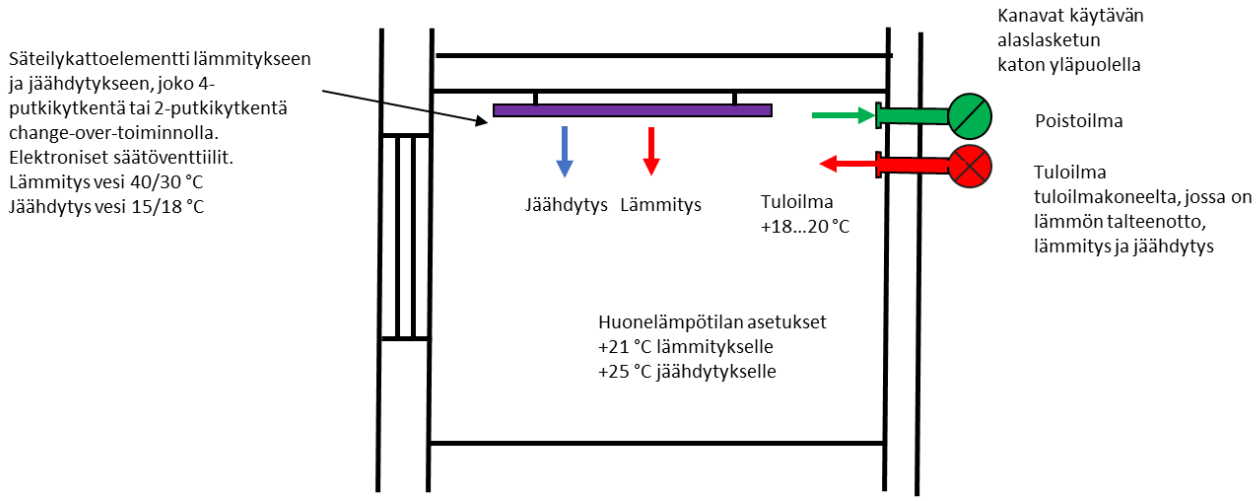
Kuva 20. Tyypillisen 1990-2000-luvulla rakennetun toimistorakennuksen lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon ratkaisu.



Kuva 21. Tyypillinen 1990-2000 rakennettu toimistorakennus, jossa toimistohuoneissa nousulinjainen patteriverkosto ja jäähdytyspalkit

2010-luvulla toimistorakentamisessa siirryttiin perinteisestä koppikonttoriratkaisusta avoimeen ja muunneltavaan työympäristöön. Toiminnot tiloissa voivat muuntua työpistejärjestelyjen, seinäkkeiden ja siirrettävien pienten neuvottelutilamoduulien avulla ilman raskaita väliseinämuutoksia. LVI- ja sähköjärjestelmät toteutetaan suunnitteluvaiheessa sovituin moduulein ja mahdollisimman muunneltavina, jotta rakennuksen elinkaaren aikaiset vuokralaisten tilatarpeet voidaan toteuttaa kevyin muutoksin.

Rakennusten ulkovaippa on U-arvoiltaan ja tiiviydeltään niin hyvä, että perinteisiä, ulkoseinille ikkunoiden alle sijoitettuja pattereita ei enää välttämättä tarvita. Tilojen lämmitys voidaan toteuttaa säteilykattoelementeillä, joita voidaan kesäaikana käyttää jäähdytykseen.



Kuva 22. Uuden, 2010-luvulla rakennetun toimistorakennuksen lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon ratkaisu.

7.3 Energian mittauksen nykyiset käytännöt

Toimistorakennukset on pääsääntöisesti liitetty kaukolämpöön ja rakennuksessa on energialaitoksen syötössä lämmitysenergian päämittaus. Niissä kaupungeissa, joissa on tarjolla kaukojäähdytystä, energiamittauksen käytäntö on vastaava kuin kaukolämmössä. Yleensä toimistorakennuksissa ei ole lämmitysjärjestelmissä alamittauksia. Joissakin tapauksissa on ilmanvaihdon lämmitysverkoston ja lämpimän käyttöveden energiankulutus mitattu erikseen. Mahdollisten rakennusosien ja laajennusten lämmön syötössä voi myös olla alamittaus.

Kiinteistöä palvelevien järjestelmien sähköenergian kulutus (pumput, puhaltimet, hissit, yleisten tilojen valaistus, jne.) on usein varustettu energiamittauksella ja kustannukset jaetaan vuokralaisten kesken. Jäähdytysenergia tuotetaan yleensä rakennuskohtaisilla vedenjäähdytyskoneilla. Uusimmissa rakennuksissa koneikon sähköenergian kulutus mitataan, vanhemmissa ei.

Rakennuksen kylmän veden syötössä on päämittaus. Vanhemmissa rakennuksissa käyttöveden alamittauksia on vain suurimmille kuluttajille (esim. ruokala, kuntosali, saunaosasto, jne.). Uudemmissa rakennuksissa on huoneistokohtaiset vesimittarit, sillä niiden asentaminen on ollut pakollista vuodesta 2011 lähtien.

Ilmanvaihtokoneissa on yleensä konekohtainen kokonaisilmavirran mittaus ja joissakin tapauksissa myös kerros- tai lohkokohtaisissa runkokanavissa on mittaukset, joista nähdään tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toiminta eri alueilla. Ilmavirtamittaukset ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ohjaukset on yleensä liitetty rakennusautomaatioon. Huoneistokohtaisia ilmamäärämittauksia ei ole toteutettu.

Vuokralaiskohtaisia lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksia ei yleensä toteuteta vaan hyödykkeet kuuluvat neliöpohjaiseen vastikkeeseen. Yhteisten tilojen osuus lämmitys- ja jäähdytysenergian kokonaiskulutuksesta voi olla suurempi kuin toimistotilojen kulutusten summa.

7.4 Sisäolosuhteet

Toimistotiloja suunniteltaessa ja peruskorjattaessa sisäolosuhdetavoitteet määritellään yleensä Sisäilmastoluokituksen ohjearvojen avulla. Useimmin käytetty tavoitetaso on sisäilmastoluokka S2, jossa operatiivisen lämpötilan tavoite on lämmityskaudella 21,5°C. Lämpötilan on oltava lämmityskaudella yli 20,5°C ja alle 23°C. Kesäajan tavoitelämpötila on 25,5°C ja maksimilämpötila 26°C.

Kiinteistöyhtiöiden isännöitsijät seuraavat toimistorakennusten energiankulutusta, sillä se on merkittävä kustannustekijä. Myös sisäolosuhteisiin kohdistuvia valituksia seurataan. Huoltoyhtiöllä voi olla sopimuksessaan tavoitteita liittyen sisäolosuhdevalitusten määrään sekä energiankulutukseen. Useat kiinteistönomistajatahot ovat liittyneet energiansäästösopimukseen ja seuraavat tarkasti sekä olosuhteita että energiankulutusta.

Pääsääntöisesti sisäolosuhteet toimistorakennuksissa ovat hyvin hallinnassa eikä ali- ja ylilämpötiloja esiinny. Huonelämpötilat ovat tasolla 21-22°C lämmityskaudella. On epätodennäköistä, että tätä korkeampia lämpötiloja esiintyisi laajassa määrin. On myös epätodennäköistä, että tiloissa työskentelevät tyytyisivät alle 20°C ja yli 26°C lämpötiloihin. Mikäli patteriverkoston vesivirtoja ei ole tasapainotettu, voi huonelämpötiloissa olla eroja huoneistojen ja kerrosten kesken.

7.5 Käyttäjän vaikutusmahdollisuudet energiankulutukseen

Toimistorakennuksessa tilojen käyttäjien vaikutusmahdollisuudet olosuhteisiin ja energiankulutukseen rajoittuvat yksittäisen toimistohuoneen tai laajemman avotilan termostaattisten patteriventtiilien ja mahdollisen tilajäähdytyksen huonetermostaattien asetusten muuttamiseen. Kun lämmityksen ja jäähdytyksen säätö on toteutettu rakennusautomaation avulla, voi tilojen käyttäjä poikkeuttaa perusasetusta vain tietyissä rajoissa, esim. ±1,5…2°C. Ilmanvaihdon asetusarvoihin ja käyntiaikoihin tilojen käyttäjä ei yleensä voi vaikuttaa, nämä muutokset voi tehdä vain kiinteistöhuollon toimesta. Ikkunatuuletusta ei toimistorakennuksissa yleensä käytetä, poikkeuksena pienet ja vanhat kiinteistöt, joissa ei ole jäähdytystä.

Etelä- ja länsijulkisivuilla aurinko vaikuttaa merkittävästi toimistohuoneiston lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen ja olosuhteisiin. Huoneistoon sisälle tulevan Läpi talon sijaitsevissa huoneistoissa aurinkojulkisivun puoleisiin tiloihin tuleva auringon lämpö vähentää myös varjon puoleisten tilojen lämmitysenergian kulutusta.

Luvussa 2 esitetyistä simulointituloksista nähdään, että tilalämmityksen osuus toimistorakennuksen lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta on vain noin 38%. Jos tilalämmityksen energiamittauksella ja patteritermostaattien asetusten muutoksilla voidaan huonelämpötilaan vaikuttaa lämmityskaudella 1-1,5°C, on vaikutus tilalämmityksen energiankulutukseen 5-7%. Lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta säästöpotentiaali on alle 3%.

Voidaan siis todeta, että toimistokiinteistössä yksittäisen huoneiston käyttäjän vaikutusmahdollisuudet huoneistonsa energiankulutukseen ovat melko vähäiset. Suomen ilmastossa ei ole todennäköistä, että tilojen käyttäjä tinkisi mukavuudestaan ja kytkisi patterinsa ja/tai jäähdytyksensä pienemmälle tai pois käytöstä mahdollisen energiankustannussäästön vuoksi.

7.6 Huoneistokohtaisen energian mittauksen tekninen toteutettavuus ja sen esteet toimistorakennuksissa

7.6.1 Yleistä

Huoneistokohtainen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus toimistorakennuksessa edellyttää aina useiden eri reittien kautta tulevien energiavirtojen mittausta. Energiaa tulee patteriverkoston, tilajäähdytysverkoston ja ilmanvaihdon kautta. Huoneistoon tulee lämpöä myös lämmitysverkoston nousulinjojen kautta sekä jonkin verran myös lämpimän käyttöveden putkistojen kautta. Joissakin tapauksissa sosiaalitiloissa voi olla sähköinen mukavuuslattialämmitys.

Toimistorakennuksissa on lähes aina koneellinen tulo-poistoilmanvaihto, jolloin ilmanvaihdon kautta tulee huoneistoon jonkin verran lämmitysenergiaa kylmänä vuodenaikana. Keskitetyssä ilmanvaihtoratkaisussa huoneistokohtainen ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytysvaikutus yksittäiseen huoneistoon on mitattava ilmamäärien kautta. Tämä edellyttää, että kanavistoon on mahdollista asentaa huoneistokohtaisia tai tietyn tilamoduulijaon mukaisia ilmavirtausmittareita riittävin suojaetäisyyksin.

Toimistorakennuksessa vuokrattavat huoneistokokonaisuudet muuttuvat jatkuvasti, joten energiamittauksia tulisi jo lähtökohtaisesti olla järjestelmissä riittävän tiheällä jaolla tai sitten niiden asentamiseksi tulisi olla valmiit paikat, joihin mittari voidaan tarpeen vaatiessa helposti lisätä.

7.6.2 Tavanomainen nousulinjainen patteriverkosto

Yleensä toimistorakennuksissa patteriverkoston nousulinjat sijaitsevat ulkoseinillä ja nousulinjaan on liitetty useiden huoneistojen pattereita eri kerroksissa. Yhden huoneiston patterit on usein liitetty useampaan nousulinjaan. Tällöin huoneiston lämmitysenergian mittaaminen yhdestä pisteestä on teknisesti mahdotonta. Useimmiten patterien kytkentäjohdot nousulinjaan ovat niin lyhyet, ettei niihin ole mahdollista asentaa patterikohtaista energiamittaria. Patteriverkoston tekninen käyttöikä on pääsääntöisesti yli 100 vuotta, joten verkoston muuttamiseen ei yleensä ryhdytä laajassa vesi- ja viemäriverkoston putkistosaneerauksessakaan.

Tavanomaisessa toimistorakennuksen patteriverkostossa lämmityskustannusten jakolaitteet ovat teknisesti ainoa mahdollinen ratkaisu huoneistokohtaiseen lämmityskustannusten jakoon. Niiden käytössä on kuitenkin huomioitava, että huoneistoon tulee lämpöä myös muualta kuin patteriverkoston kautta.

7.6.3 Kerroksen vaakalinjoihin kytketty lämmitys ja jäähdytys

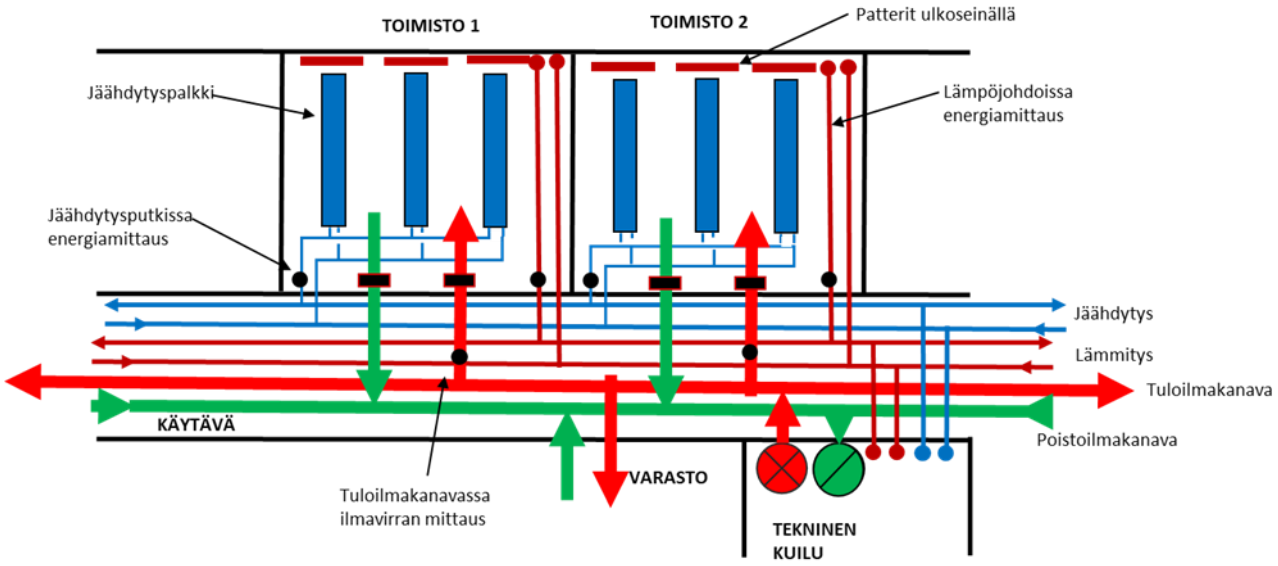
Käytännössä harvinainen, mutta toimistorakennuksen peruskorjauksessa mahdollinen lämmitysverkoston toteutusratkaisu olisi kerroskohtaisten vaakalinjojen kautta huoneistokohtaisesti syötetty patteriverkosto. Samaan tapaan toimii rakennustyypissä yleisesti käytetty jäähdytyspalkkiverkosto. Tällöin jokaiseen huoneistoon (tai suunnitteluvaiheessa määriteltyyn moduuliin) on mahdollista toteuttaa lämmitys- ja jäähdytyslinjoihin

energiamittaus ja myös ilmamäärien huoneistokohtainen mittaus.

Tämä ratkaisu on perinteistä patteriverkostoa kalliimpi, kerroskohtaisista vaakalinjoista ja patterien syötöistä muodostuu merkittävä lisäkustannus. Mittausjärjestelmä muodostuu kalliiksi, mikäli valitaan pieni huoneistomoduulijako. On epätodennäköistä, että tämä ratkaisu yleistyisi.

Olemassa olevan järjestelmän varustaminen huoneistokohtaisella mittauksella edellyttää laajoja muutostöitä, sillä patteriverkosto olisi toteutettava täysin uudella tavalla ja jäähdytyspalkkien kytkennät jouduttaisiin todennäköisesti muuttamaan. Myös ilmanvaihtokanavistoa jouduttaisiin muokkaamaan ilmavirtamittausten asentamiseksi.

Lämmityskustannusten jakolaitteita voidaan käyttää patteriverkostossa, mutta jäähdytykseen ne eivät sovellu.



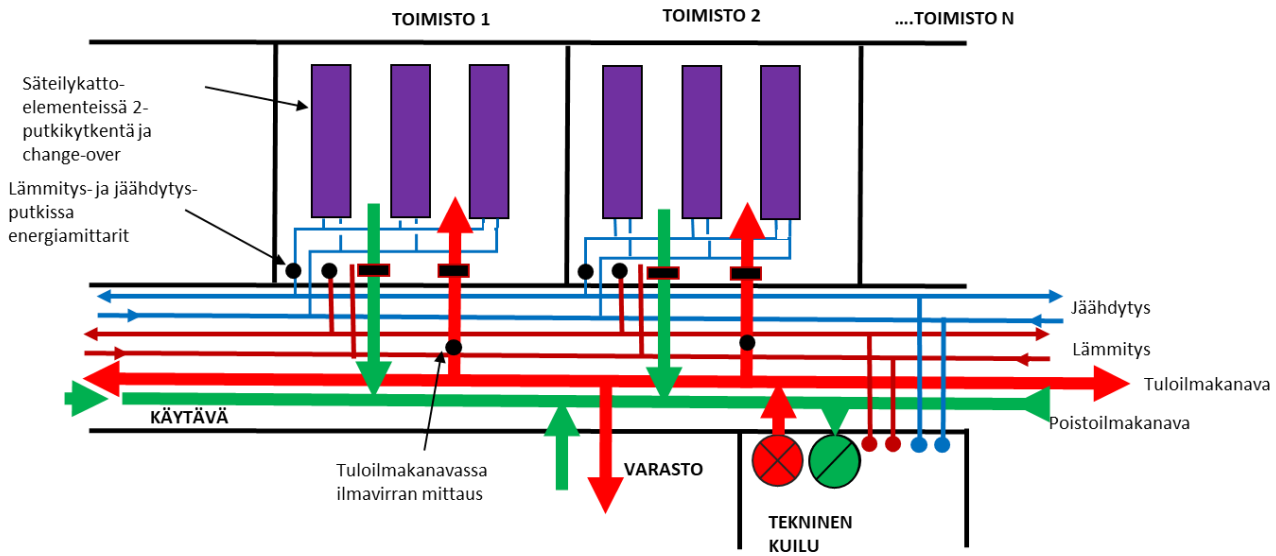
Kuva 23. Toimistohuoneita, joissa patteriverkostossa ja jäähdytyspalkkiverkostossa huoneistokohtainen energiamittaus ja ilmanvaihdossa huoneistokohtainen ilmavirran mittaus.

7.6.4 Säteilykattoelementit

Säteilykattoelementein toteutetussa lämmitys- ja jäähdytysratkaisussa voidaan määritellä pienin huoneistokoko tai moduuli, jolle toteutetaan huoneistoa syöttäviin linjoihin lämmityksen ja jäähdytyksen energiamittaus. Säteilykattoelementit ovat joko 4-putkielementtejä (jolloin vierekkäisissä tiloissa voi olla lämmitystä ja jäähdytystä) tai 2-putkielementtejä (jolloin vaihto lämmityksen ja jäähdytyksen välillä tapahtuu keskitetysti rakennusautomaation change-over-toiminnolla).

Energia- ja ilmavirtamittareita tarvitaan runsaasti, mikäli valitaan pieni huoneistomoduulijako. Järjestelmä muodostuu kalliiksi.

Olemassa olevan järjestelmän varustaminen huoneistokohtaisella mittauksella edellyttää laajoja muutostöitä, sillä säteilykattoelementtien ryhmittely huoneistokohtaisesti olisi tarpeen ja kytkennät jouduttaisiin todennäköisesti muuttamaan. Myös ilmanvaihtokanavistoa jouduttaisiin muokkaamaan ilmavirtamittausten asentamiseksi. Lämmityskustannusten jakolaitteita ei olemassa olevassa rakennuksessa voida käyttää, mikäli LVI-järjestelmä on kuvatun mukainen.



Kuva 24. Toimistohuoneita, joissa säteilykattoelementtejä käytetään lämmitykseen ja jäähdytykseen ja niiden syöttölinjassa on huoneistokohtainen energiamittaus ja ilmanvaihdossa huoneistokohtainen ilmavirran mittaus.

7.7 Johtopäätökset

Toimistorakennuksissa yleisesti käytössä olevissa nousulinjaisissa patteriverkostoissa huoneistokohtaisen lämmitysenergian mittaaminen on käytännössä mahdotonta ilman laajoja verkoston muutostöitä. Tämä koskee sekä olemassa olevia rakennuksia että uudisrakennuksia, joissa lämmönjaon periaate valitaan kustannussyistä vallitsevan nykykäytännön mukaiseksi.

Kerroskohtaisena vaakaputkistojakeluna toteutetussa LVI-järjestelmässä huoneistokohtainen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus voidaan toteuttaa uudiskohteissa. Mittauksin varustettava huoneisto- tai moduulikoko on sovittava suunnitteluvaiheessa. Olemassa olevissa rakennuksissa kyseinen ratkaisu on käytössä vain 2010-luvun säteilykattolämmityksellä varustetuissa toimistorakennuksissa.

Toimistorakennuksissa patteriverkoston osuus lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta on vähentynyt merkittävästi. Uusissa 2010-luvun taloissa se on vain 38% lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta, kun 1970-luvun toimistorakennuksissa se on noin 77%. Huoneiston käyttäjä voi vaikuttaa toimistonsa lämmitysenergian kulutukseen patteritermostaatin asetuksilla ja todennäköinen lämpötilan alentamispotentiaali on 1-1,5°C, sillä useimmissa rakennuksissa patteriverkoston vesivirtojen perussäätö rajoittaa säästöpotentiaalia. Odotettavissa oleva säästöpotentiaali on siis hyvin pieni.

Toimistohuoneistoon tulee patteriverkoston lisäksi lämpöenergiaa myös patteri- ja käyttövesiverkoston putkistohäviöinä sekä sisäänpuhallusilman mukana. Jäähdytys tapahtuu tilajäähdytyksen lisäksi myös ilmanvaihdon kautta. Ilmanvaihdon lämmitys ja lämmin käyttövesi muodostavat toimistorakennuksen energiankulutuksesta merkittävän osan. Näihin kulutusosuuksiin tilojen käyttäjä ei voi juurikaan vaikuttaa.

Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen tekninen toteutettavuus toimistorakennuksissa on heikko. Olemassa olevissa ja uusissa patteriverkostokohteissa lämmityskustannusten jakolaitteiden käyttö on ainoa mahdollisuus.

Kuva 25. Lämmitysenergian huoneistokohtaisen mittauksen tekniseen toteutettavuuteen vaikuttavat tekijät toimistorakennuksessa sekä tarkastelun johtopäätökset.

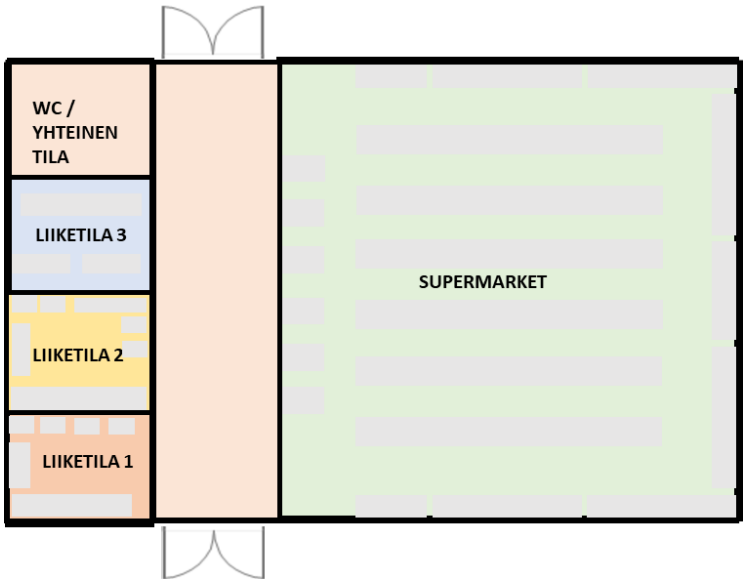
8 Tekninen toteutettavuus liikerakennuksissa

8.1 Huoneisto liikerakennuksissa

Yleensä liikerakennuksessa on useita käyttäjiä, vain harvoin rakennus palvelee yhtä yritystä. Poikkeuksen muodostavat pienet ruokamarketit, joissa ei ole etumyymälöitä. Tyypillisessä marketissa ja kauppakeskuksessa on samassa rakennuksessa useampia erikokoisia liiketiloja, jotka hyödyntävät yhteisiä tukipalveluita (käytävät, info, asiakkaiden WC-tilat, paikoitustilat, jne.). Suurimmat vuokralaiset ovat yleensä ruokamarketteja, sisustus- ja kodinkoneliikkeitä sekä vaatemyymälöitä, joiden käytössä on myymälän lisäksi omat varasto- ja sosiaalitilansa.

Rakennus suunnitellaan yleensä tiettyä moduulijakoa noudattavaksi, jolloin eri kokoisia liiketiloja on mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä muutoksia taloteknisiin järjestelmiin. Rakennuksen elinkaaren aikana tilakokoja muunnellaan vuokralaisten vaihtuessa ja kalustus- ja sisustusremontteja tehdään liikkeiden konseptin muuttuessa. Käytännössä vuokrattavat tilat ovat yleensä eri sykleissä vapautuvia tilakokonaisuuksia, joihin etsitään sopivat vuokralaiset. On myös mahdollista, että tilakokoja muunnellaan jonkin verran tarjolla olevien vuokralaisten toiveiden mukaisiksi.

Kiinteistö vastaa tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergiasta, ilmanvaihdosta, lämpimästä käyttövedestä ja yleisvalaistuksesta. Vuokralaiset maksavat neliöpohjaisesti määrättyä vastiketta näistä hyödykkeistä sekä kiinteistön tarjoamista palveluista. Yleensä sähköjärjestelmiä muunnellaan siten, että vuokralainen maksaa tilojensa valaistus- ja laitesähköstä mittarilukemien perusteella.



Kuva 26. Liiketilat tyypillisessä marketissa, jossa on päivittäistavaraliikkeen lisäksi muutamia ns. etumyymälöitä, mahdollinen ravintoja, asiakas-WC:t, jne.

8.2 LVI-järjestelmät eri ikäisissä liikerakennuksissa

8.2.1 Lämmitys

Liikerakennuksissa tehokas valaistus ja erilaiset AV-laitteet sekä asiakasmäärät vaikuttavat merkittävästi tilojen olosuhteisiin. Mahdollisten lasikattoisten aulatilojen kautta liikeisiin tulee myös auringon säteilylämpöä.

Kaupungeissa liikerakennukset on liitetty kaukolämpöön, taajama-alueiden ulkopuolella lämmitysmuotona voi olla öljykattila tai maalämpö. Kaupan kylmän lauhdelämpöä tehokkaasti hyödynnettäessä voidaan lisälämmitys toteuttaa myös sähkökattilalla.

Liikerakennuksissa patteriverkostoa on yleensä vain rakennuksen ulkovyöhykkeille sijoittuvissa varasto- ja aputiloissa sekä toimistoissa. Liiketiloissa lämmitys tapahtuu ilmanvaihtokoneilla ja kierrätysilmalämmittimillä, kauppakäytävillä ja sosiaalitiloissa voi olla lattialämmitys. Liikerakennuksen ulko-ovilla ovat kierrätysilmalämmittimet ja lumensulatuspiirit ovat yleensä merkittäviä lämmitysenergian kuluttajia. Ilmanvaihdon lämmitysverkosto on yleensä toteutettu omana lämmitysverkostonaan, samoin mahdollinen lumensulatusverkosto. Ulko-ovien kierrätysilmalämmittimet on liitetty joko patteriverkostoon tai omaan verkostoonsa. Mahdolliset aulatilojen ja sosiaalitilojen lattialämmitysverkostot ovat oma lämmityspiirinsä.

Ruokamarkettien kaupan kylmän lauhdelämpöä hyödynnetään lämmityksessä aivan pienimpiä ja vanhimpia myymälöitä lukuun ottamatta. Lauhdelämpöä otetaan talteen yleensä ilmanvaihtokoneille ja myös käyttöveden esilämmitykseen. Aiemmin lämmön talteenotto on tapahtunut marketin ilmanvaihtokoneille ja tekniikkana on käytetty joko suoraan kylmäainepiiriä tai välipiirinä vesi-glykoli-verkostoa. Nykyisin käytössä on erilaisia energiaa kierrättäviä lämpöpumppuratkaisuja, jotka yleistyvät myös markettien peruskorjauksissa ja talteen otettu energia saadaan hyödynnettyä koko rakennuksessa.

8.2.2 Ilmanvaihto

Liikerakennuksissa on aina koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto. Hyvin pienissä ja vanhoissa rakennuksissa voi olla koneellinen poisto. Vanhemmissa rakennuksissa tuloilmakoneet ovat suuria yksiköitä, jotka palvelevat laajoja alueita. 2010-luvulla suuntaus on ollut pienempiin konekokoihin. Ilmanvaihtokoneiden palvelualuejako määräytyy tilojen käytön ja olosuhdevaatimusten perusteella.

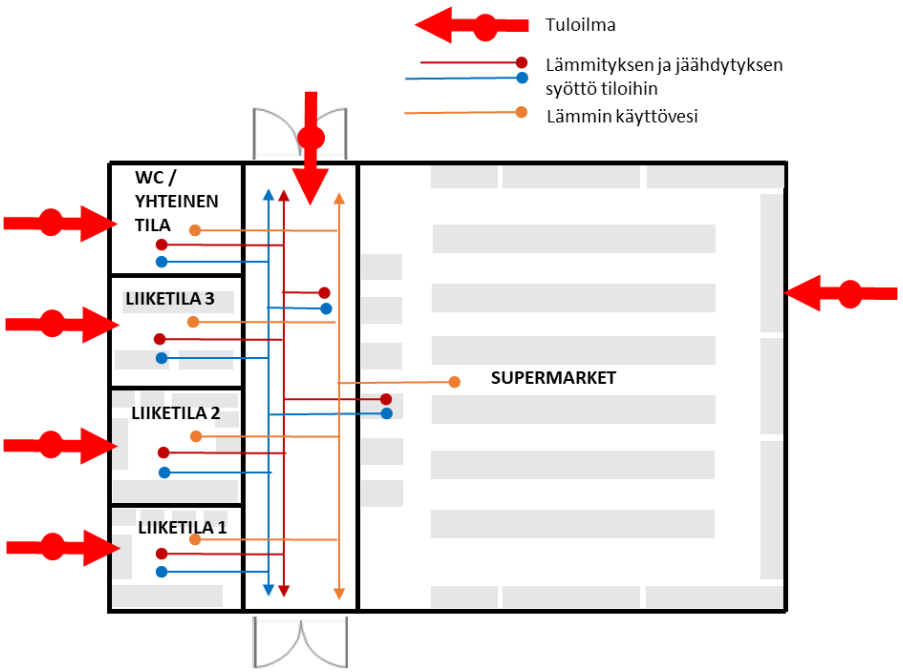
Liikerakennusten ilmanvaihdossa on yleensä aina lämmöntalteenotto ja vesikiertoinen lämmityspatteri. Lämmöntalteenotto on konehuonekoon puitteissa aina mahdollisimman tehokas, pääsääntöisesti pyörivä kiekko. Kaupan kylmän lauhdelämpöä hyödynnetään ilmanvaihdon lämmitykseen.

Ilmamäärät mitoitetaan tilojen maksimikuormituksen mukaan ja lähes aina ilmanvaihdossa on tarpeenmukainen ohjaus, joka ohjaa tulo-poistokoneiden tehoa tilojen olosuhteiden (lämpötila, CO_2-taso) perusteella.

8.2.3 Jäähdytys

Suuremmissa liikerakennuksissa on ilmanvaihdossa ja myös tiloissa jäähdytys. Tehokas valaistus lämmittää tiloja tehokkaasti ja osassa liikkeitä on tarvetta tilajäähdytykselle myös talviaikana. Ilmanvaihdon ja tilajäähdytyksen verkostot ovat yleensä erilliset ja toimivat erilaisella lämpötilatasolla. Tilajäähdytys on toteutettu yleensä puhallinkonvektoreilla. Kauppakeskuksissa voi kiinteistössä olla tilajäähdytysverkosto, johon vuokralainen liittää omat jäähdytyslaitteensa.

Ruokamarketeissa kylmäkalusteet ja pakastealtaat jäähdyttävät tiloja, mutta jäähdytysvaikutus ja tilojen ympärivuotinen lämmitystarve on vähentynyt selvästi, kun kalusteet ja altaat on uusittu ovellisiksi ja kannellisiksi.



Kuva 27. Periaatteellinen kuva marketin LVI-järjestelmistä. Liiketiloilla on omat ilmanvaihtojärjestelmänsä.

8.3 Energian mittauksen nykyiset käytännöt

Liikerakennukset on pääsääntöisesti liitetty kaukolämpöön ja rakennuksessa on energialaitoksen syötössä lämmitysenergian päämittaus. Niissä kaupungeissa, joissa on tarjolla kaukojäähdytystä, jäähdytysenergian mittauskäytäntö on vastaava kuin kaukolämmössä. Joissakin tapauksissa on eri lämmitysverkostojen ja lämpimän käyttöveden energiankulutus mitattu erikseen.

Kiinteistöä palvelevien järjestelmien sähköenergian kulutus (pumput, puhaltimet, hissit, yleisten tilojen valaistus, jne.) mitataan usein kokonaisuutena ja kustannukset jaetaan vuokralaisten kesken. Jäähdytysenergia tuotetaan yleensä rakennuskohtaisilla vedenjäähdytyskoneilla. Uusimmissa rakennuksissa koneikon sähköenergian kulutus mitataan, vanhemmissa ei.

Rakennuksen kylmän veden syötössä on päämittaus. Vanhemmissa rakennuksissa käyttöveden alamittauksia on vain suurimmille kuluttajille (esim. ruokamarket, kampaamo, ravintola, jne.). Uudemmissa rakennuksissa on huoneistokohtaiset vesimittarit, sillä niiden asentaminen on ollut pakollista vuodesta 2011 lähtien.

Ilmanvaihtokoneissa on yleensä konekohtainen kokonaisilmavirran mittaus ja joissakin tapauksissa myös runkokanavissa on mittaukset, joista nähdään tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toiminta eri alueilla. Ilmavirtamittaukset ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ohjaukset on yleensä liitetty rakennusautomaatioon. Liiketilakohtaisia ilmamäärämittauksia ei ole yleensä toteutettu.

Yleensä liikerakennuksissa ei ole lämmitysjärjestelmissä energian alamittauksia, vaan hyödykkeet kuuluvat neliöpohjaiseen vastikkeeseen. Suurissa kauppakeskuksissa voi olla liiketilakohtainen jäähdytysenergian ja käyttöveden mittaus. Yhteisten tilojen osuus lämmitys- ja jäähdytysenergian kokonaiskulutuksesta voi olla suurempi kuin vuokrattavien liiketilojen kulutusten summa.

8.4 Sisäolosuhteet

Liikerakennuksessa yksittäiset liiketilat ovat avoimet käytävä- tai aulatilaan ja koko rakennus on samaa suurta ilmatilaa. Sisäinen lämpökuorma (valaistus, kohdevalot, AV-laitteet) sekä aulojen ja kauppakäytävien kautta tuleva auringon lämpö vaikuttavat merkittävästi liiketilojen olosuhteisiin. Osassa tiloja on jäähdytystarvetta talvellakin, kun taas ulko-ovien läheisyydessä esiintyy alhaisia lämpötiloja ja vetoa.

Keskeinen lämpötilaolosuhteisiin vaikuttava tekijä ruokamarketeissa ja kauppakeskuksissa on ulko-ovien aiheuttama hallitsematon ilmanvaihto. Oviverhokoneista ja tuulikaappien kierrätysilmalämmittimistä muodostuu usein rakennuksen merkittävin energiankuluttaja. Vilkkaana aikana ovet ovat lähes jatkuvasti auki ja kylmää ulkoilmaa virtaa lattiaa pitkin lähimpiin liiketiloihin ja marketin kassapisteisiin. Joissakin tapauksissa kassalinjoille on asennettu säteilylämmittimet vähentämään vedon tunnetta.

Liikerakennuksissa asiakkaat ovat yleensä päällysvaatteissa ja henkilökunta kevyemmin pukeutunut. Lämpötilatasoissa pyritään lämmityskaudella maltilliseen tasoon, noin 18°C ruokamarketeissa ja noin 20°C kauppakeskuksissa. Kesäaikana asiakkaat tulevat ulkoa hellesäästä kevyessä vaatetuksessa, joten sisälämpötila ei voi olla kovin alhainen. Jäähdytyskaudella sisälämpötila on tasolla 25°C.

8.5 Käyttäjän vaikutusmahdollisuudet energiankulutukseen

Pienimpiä ruokamarketteja lukuun ottamatta liikerakennuksissa sisäolosuhteiden hallinta, ilmanvaihdon aikaohjelmat, jne. on toteutettu rakennusautomaation avulla. Yksittäisten liiketilojen käyttäjät eivät voi vaikuttaa olosuhteisiin kuin mahdollisesti kierrätysilmajäähdyttimien asetusarvoja muuttamalla (yleensä vain 1-2°C muutos perusasetukseen on mahdollinen).

Kiinteistön omistajataho on usein sitoutunut energiatehokkuussopimukseen tai tavoittelee tiettyä ympäristöluokitustasoa (esim. LEED Gold tai Platinum). Energiakatselmuksia ja automaation auditointeja toteutetaan suurimmissa kohteissa säännöllisesti. Olosuhteita, energiankulutusta ja rakennusautomaation toimintaa seurataan yleensä jatkuvasti kiinteistön managerin ja kiinteistöhuollon toimesta, joten suurta energiansäästöpotentiaalia tuskin löytyy.

8.6 Huoneistokohtaisen energian mittauksen tekninen toteutettavuus ja sen esteet liikerakennuksissa

Huoneistokohtainen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus liikerakennuksessa edellyttää aina useiden eri reittien kautta tulevien energiavirtojen mittausta. Energiaa tulee tilalämmitysverkoston, tilajäähdytysverkoston ja ilmanvaihdon kautta. Liikehuoneistokohtaisessa ilmanvaihtokoneessa lämmitysenergia on mitattavissa kohtuullisin järjestelyin, mutta tilojen yhteisessä ilmanvaihtoratkaisussa huoneistokohtainen ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytysvaikutus on mitattava ilmamäärien kautta. Tämä on tekniseltä toimivuudeltaan tavanomaista putkistoon liitettävää energiamittausta epäluotettavampi menetelmä, sillä tarpeenmukaisessa liiketilojen ilmanvaihdossa ilmamäärät vaihtelevat merkittävästi. Luotettava ilmamäärän mittaus edellyttää häiriötöntä kanavaa ennen mittauspistettä ja sen jälkeen.

Liikehuoneistokohtainen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus olisi todennäköisesti mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä vaikeuksia rakennuksen ensikäyttäjien tarpeisiin siten, että vähintään suurimpien liikehuoneistojen energiavirrat olisivat mittausten piirissä. Liikerakennuksessa vuokrattavat huoneistokokonaisuudet muuttuvat kuitenkin jatkuvasti, joten energiamittauksia tulisi jo lähtökohtaisesti olla lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmissä riittävän tiheällä jaolla tai sitten niiden asentamiseksi tulisi olla valmiit paikat, joihin mittari voidaan tarpeen vaatiessa helposti lisätä. Energiamittausratkaisusta muodostuu helposti monimutkainen ja kallis. Muutoksia on tehtävä jatkuvasti vuokralaisten vaihtuessa.

8.7 Johtopäätökset

Liikerakennuksissa ostoenergian kulutus on nykyisellään alhainen (alle 50 kWh/m^2,a).

Liikerakennuksissa lämmitys ja jäähdytys tapahtuu yleensä ilmanvaihdon kautta. Tilalämmitysjärjestelmien energiankäyttö yksittäisissä liiketiloissa on vähäistä. Yhteisten aula- ja käytävätilojen lämmitysenergian kulutus on selkeästi merkittävämpi tekijä (tuulikaappien kierrätysilmalämmittimet, lumensulatus, lattialämmitys).

Energiankäytön kannalta on tarkoituksenmukaista seurata koko rakennuksen toimintaa ja käyttöä. Esimerkiksi lauhdelämmön hyödyntämiseen ja ilmanvaihdon ohjauksiin liittyvillä toimenpiteillä saadaan aikaan merkittävämpää energiansäästöä kuin yksittäisistä tiloista. Liikehuoneistokohtaisen energiankulutuksen mittauksella saavutettavat hyödyt ovat vähäiset, sillä liikehuoneistojen käyttäjät eivät voi merkittävästi vaikuttaa olosuhteisiinsa ja energiankäyttöönsä.

Kuva 28. Lämmitysenergian huoneistokohtaisen mittauksen tekniseen toteutettavuuteen vaikuttavat tekijät liikerakennuksessa sekä tarkastelun johtopäätökset.

9 Kustannustehokkuuden tarkastelu

Tässä tapauksessa kustannustehokkuudella tarkoitetaan huoneistokohtaisten lämmitys- ja jäähdytysenergiamittarien avulla saavutettavaa energian säästöä, joka saavutetaan sillä, että huoneiston käyttäjä tiedostaa kulutuksensa ja voi siihen vaikuttaa.

Taloudellista kannattavuutta tutkitaan investoinnin tekijän, eli rakennusten omistajien näkökulmasta. Tehtävä investointi on huoneistokohtaisten lämmitys- ja jäähdytysenergiamittarien asennus. Investoinnin taloudellista kannattavuutta tarkastellaan takaisinmaksuajalla. Jos takaisinmaksuaika on suurempi kuin investoitavan teknisen ratkaisun elinkaari, se ei luonnollisestikaan ole kannattava. Jos sen sijaan investointi maksaa itsensä riittävän nopeasti takaisin, se on kannattava. Mikä sitten käytännössä on riittävän nopeasti, on tulkinnan varaista ja tulokulmasta riippuvaista. Riittävä voi perustellusti olla yhdelle vuosi, toiselle viisi ja kolmannelle laskukaavasta tullut 35 vuotta. Pitkäkestoiseen investointiin ja tekniseen ratkaisuun liittyy enemmän epävarmuutta jo toimintaympäristöstäkin johtuen. On tiedostettava niin energia-, huolto- ja palvelukustannusten muutokset ja epävarmuus, kuin myös rakennuksen käytön kehitys. Sen vuoksi kannattavana ei myöskään välttämättä voida pitää investointia, joka kääntyy kannattavan puolelle aivan investointikohteen elinkaaren lopulla. Lainsäädäntövalmistelussa on kannattavuuden rajana yleisesti käytetty 5 vuoden takaisinmaksuaikaa.

Investoinnin takaisinmaksuaika lasketaan kaavoilla [1] ja [2]. Suora takaisinmaksuaika ei ole realistinen tapa tarkastella investoinnin kannattavuutta, vaan tarkastelu tehdään korollisen takaisinmaksuajan mukaisesti. Käytettäviä korkoja ovat tyypillisesti 3 % ja 5 %. Investoinnin kannattavuutta tarkasteltaessa hyvä lähtökohta on tehdä tarkastelu 5 % korolla.

suora takaisinmaksuaika = hankintahinta / (investoinnin vuotuiset tuotot) [1]

$$\text{korollinen takaisinmaksuaika} = \frac{\ln\left(\frac{T}{T-Hi}\right)}{\ln(1+i)} \qquad [2]$$

missä
T on vuotuiset nettotuotot
H on hankintahinta
i on korkoprosentti / 100

Huoneistokohtaisen lämmityksen ja jäähdytyksen mittaroinnin kustannustehokkuus on aina heikko silloin, kun huoneiston käyttäjällä ei ole mahdollisuutta vaikuttaa energiankulutukseensa siinä määrin, että sillä olisi näkyvää/tuntuvaa taloudellista merkitystä. Tällöin ei juuri saavuteta säästöjä energiankulutuksessa ja ilman tuottoja tai säästöjä investointi on kannattamaton. Vaikka käyttäjällä olisikin mahdollisuus vaikuttaa energiankulutukseensa, on saavutettavissa oleva säästö energiankulutuksessa todettu aiemmissa selvityksissä olevan vain vähäinen, mutta ongelmallinen todentaa.

> *VTT:n selvitys huoneistokohtaisten lämpömäärämittareiden ja lämmityskustannusten jakolaitteiden käytön edellytyksistä Suomessa*

Kun odotettavissa oleva säästö on vain vähäinen ja teknisen toteutettavuuden osalta kohdataan suuria haasteita, on lämmityksen ja jäähdytyksen käyttäjäkohtainen mittaaminen yleensä taloudellisesti kannattamatonta.

10 Energiakustannusten jakaminen

10.1 Energiatehokkuusdirektiivin uusi vaatimus kustannusten jakamisen säännöistä

Uusitussa energiatehokkuusdirektiivin 9 b artiklan 3 kohdassa on esitetty velvoite käyttäjäkohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian sekä lämpimän käyttöveden kulutuksen kustannusten jakamisen periaatteiden ja sääntöjen määrittelylle. Velvoite on asiasisällöllisestikin uusi, eli vastaavaa kustannusjakosääntöä ei ole rakentamisen sääntelyssä aiemmin ollut. Lähelle tai osittain samaan asiaan on säännelty asunto-osakeyhtiölaissa, jossa aihetta sivutaan yhtiövastikkeen maksuperusteiden osalta. Direktiivin velvoite on esitetty seuraavasti:

> *Jos moniasuntoisille tai moneen eri tarkoitukseen käytettäville rakennuksille toimitetaan kaukolämpöä tai -jäähdytystä tai jos omat yhteiset lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmät ovat yleisiä tällaisissa rakennuksissa, jäsenvaltioiden on varmistettava, että niillä on voimassa käyttäjäkohtaisen kulutuksen laskennan avoimuuden ja täsmällisyyden varmistamiseksi läpinäkyvät, julkisesti saatavilla olevat kansalliset säännöt, jotka koskevat lämmityksen, jäähdytyksen tai lämpimän käyttöveden kulutuksen kustannusten jakamista tällaisissa rakennuksissa. Sääntöihin on tarvittaessa sisällyttävä ohjeita tavasta jakaa seuraaviin tarkoituksiin käytetyn energian kustannukset:*
>
> *a) lämmin käyttövesi;*
>
> *b) rakennuksen laitteistosta peräisin oleva lämpö yhteisten tilojen lämmitystä varten (jos rappukäytävät ja käytävät on varustettu lämpöpattereilla);*
>
> *c) asuntojen lämmitys tai jäähdytys.*
>
> *EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI (EU) 2018/2002, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta*

10.2 Lämmityksen ja jäähdytyksen kustannusten jakamisen käytännöt nykyisin

Kiinteistön käytöstä ja ylläpidosta syntyy tunnetusti moninaisia kustannuksia. Merkittävässä osassa ovat viihtyisien sisäolosuhteiden ylläpitämiseksi ja lämpimän käyttöveden tuottamiseksi vaadittavat energian kustannukset. Tässä kontekstissa puhutaan muusta kuin sähköllä katettavasta energiasta, eli käytännössä yleensä kauko- tai aluelämpövoimalan toimittamasta energiasta, tai yhä useammin myös lämpöpumpputekniikalla tuotetusta lämmöstä, jota rakennuksessa käytetään.

Lämmityksen ja jäähdytyksen muodostamat kustannukset on tietenkin katettava ja lopulta nämä kustannukset voidaan johtaa tilojen käyttäjän maksettavaksi, joko suoraan tai välillisesti. Usean käyttäjän rakennuksissa kustannukset jaetaan käyttäjien kesken. Tätä varten tarvitaan jokin sopimus ja sääntö, miten kustannukset jaetaan. Rakentamisen sääntelyssä ei ole ollut vaatimuksia kustannusten jakamisen suhteen.

Kustannusten jakamisen nykykäytännön periaatteena ja ohjaavana tekijänä voidaan katsoa olevan sen, että kukin käyttäjä kattaa sen osuuden energiakuluista, minkä on itse aiheuttanut. Kuitenkin, etenkin liikehuoneistojen osalta energiakustannukset voivat jäädä merkitykseltään pieniksi, kun muut asiat koetaan kustannusmielessä oleellisemmiksi. Esimerkiksi kauppakeskuksen vilkkain paikka on kallis verrattuna syrjäisempään sijaintiin ja vuokrassa energiakulut jäävät helposti marginaalitekijäksi. Asuinrakennuksissa ja liikehuoneistoissa käyttäjien energiakulujen kustannusten jakautuminen vastaa paremmin todellista energiankäytön jakautumista käyttäjien kesken.

Keskeinen instrumentti kustannusten jakautumisessa on vastike tai vuokra. Vastikkeen osalta tässä kohtaa nojataan vahvasti myös asunto-osakeyhtiölakiin, jonka mukaan vastikkeen maksuperusteesta on määrättävä yhtiöjärjestyksessä. Perusteena voi olla esimerkiksi huoneiston pinta-ala, osakkeiden lukumäärä taikka veden, sähkön, lämmön tai muun hyödykkeen todellinen tai luotettavasti arvioitavissa oleva kulutus. Laissa ei määrätä, että perittävän maksun tulee kattaa energian tai veden kustannus yhtiölle.

Lukuisissa asuinkerrostaloissa on huoneistokohtainen vedenmittausjärjestelmä ja se on ollut pakollinen uudisrakentamisessa vuodesta 2011 lähtien. Suuri osa asennetuista huoneistokohtaisista mittareista on käytössä, mutta eivät kaikki. Käytössä olevia mittareita käytetään kustannusten jakamiseen siten, että käyttäjän vesimaksun suuruus määräytyy käytön mukaan. Vesimaksun määrä käytettyä vesimäärää kohden kuitenkin vaihtelee suuresti. Taloyhtiöitä kustannusten määräytymisessä ovat neuvoneet muun muassa Kiinteistöliitto ja Motiva, jotka ovat ohjeistaneet miten energian hintaan ja käytettyyn vesimäärään perustuva laskutus saadaan kattamaan vedenkäytön kustannukset. Jos vedenkulutusta ei ole mitattu käyttäjäkohtaisesti on lämpimän veden osuus arvioitavissa. Asuinkiinteistöissä yleisin määrittely on henkilömääräperusteinen. Vastaavasti tällöinkin yhteenlaskettu vesimaksujen suuruus voidaan laskea vastaamaan vedenkäytön kustannuksia tai vesimaksu on jokin muulla tavoin sopivaksi arvioitu summa.

Lämmitysenergian käytön kustannukset asuinrakennuksissa jakautuvat käytännössä aina vastikkeen yleisosan mukaisesti, eli asunnon koon mukaan. Lämmön kulutuksen voidaankin katsoa jakautuvan neliömääräperusteisesti, ellei käytössä ole kovin eritasoisia ilmanvaihtoratkaisuja. Tällöin huomiotta jäävät esimerkiksi käyttäjien kesken erilaiset osuudet ulkovaipan pinta-alasta tai huoneistoon tulevan auringonsäteilyn määrästä. Ylipäätään kokemuksia lämmityksen ja jäähdytyksen käyttäjäkohtaisesta mittaamisesta ja sen mukaisesta kustannusten jaosta on vähän.

Lämmitys ja jäähdytysenergiakustannusten jakaminen tarkemmin, ottaen huomioon liittymäkustannukset ja vuosimaksuluontoiset kulut, on harvinaista. Kiinteistöissä on hyvin harvoin lämmitysenergian alamittauksia. Jos mittaus löytyy, ne ovat rakennukset muita kuin asuinkiinteistöjä. Esimerkiksi opetusrakennuksia hallinnoivassa yksikössä voi olla vuokralaisina kauppoja, ruokaloita ja laboratorioita. Näiden energiankäyttö on keskenään varsin erilaista. Kun erillismittaus löytyy, voidaan senkin jälkeen vielä päätyä erilaisiin vaihtoehtoihin, esimerkiksi liittymäkustannusten ja kiinteiden vuosimaksujen huomioon ottamisen suhteen.

10.2.1 Nykyinen sääntely asunto-osakeyhtiölaissa

Asunto-osakeyhtiölain (22.12.2009/1599) 3 luvussa käsitellään yhtiövastiketta (lainaus alla). Asuntoyhtiölakia sovelletaan myös keskinäisissä kiinteistöosakeyhtiöissä, ellei yhtiöjärjestyksessä ole toisin määrätty, jolloin niiltä osin sovelletaan osakeyhtiölakia. Käyttäjäkohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksen kustannusten jakamisen kannalta olennaista laissa on:

- Yhtiövastikkeella voidaan kattaa yhtiön menot, jotka aiheutuvat muun muassa yhtiön toimintaan taikka kiinteistön tai rakennuksen käyttöön liittyvän hyödykkeen yhteishankinnasta.
- Vastikkeen maksuperusteesta on määrättävä yhtiöjärjestyksessä. Perusteena voi olla esimerkiksi huoneiston pinta-ala, osakkeiden lukumäärä taikka veden, sähkön, lämmön tai muun hyödykkeen todellinen tai luotettavasti arvioitavissa oleva kulutus.
- Koska vastikeperusteet on kirjattava yhtiöjärjestykseen, on niiden muuttamiseksi saatava määräenemmistön (vähintään 2/3) päätös.

> *3 luku*
> *Yhtiövastike*
> *Maksuvelvollisuus ja yhtiövastikkeen maksuperuste*
> *1 §*
> *Maksuvelvollisuus*
> *Osakkeenomistaja on velvollinen maksamaan yhtiön menojen kattamiseksi yhtiövastiketta yhtiöjärjestyksessä määrättyjen perusteiden mukaan.*
>
> *2 §*
> *Yhtiövastikkeella katettavat menot*
> *Yhtiövastikkeella voidaan kattaa yhtiön menot, jotka aiheutuvat:*

1) kiinteistön hankinnasta ja rakentamisesta;

2) kiinteistön ja rakennusten käytöstä ja kunnossapidosta;

3) kiinteistön ja rakennuksen perusparannuksesta, lisärakentamisesta ja lisäalueen hankkimisesta (uudistus);

4) yhtiön toimintaan taikka kiinteistön tai rakennuksen käyttöön liittyvän hyödykkeen yhteishankinnasta; sekä

5) muista yhtiölle kuuluvista velvoitteista.

Yhtiöjärjestyksessä voidaan määrätä, että osakkeen uuden omistajan vastuuta koskevia 7 §:n säännöksiä ja yhtiövastikkeen perintää koskevia 8 luvun säännöksiä sovelletaan myös silloin, kun osakkeenomistajan maksuvelvollisuus perustuu sopimukseen, joka koskee tiettyä kiinteistön tai rakennuksen käyttöön liittyvää käyttömaksua tai osakehuoneistoissa käytettävien tiettyjen laitteiden tai muiden hyödykkeiden yhteishankintaa.

3 §
Erilaiset yhtiövastikkeet
Yhtiövastike voidaan yhtiöjärjestyksessä määrätä maksettavaksi siten, että tiettyjä menoja varten on eri maksuperuste tai että maksuvelvollisuus koskee vain tiettyjen osakkeiden omistajia.

Jos yhtiöjärjestyksessä määrätään pääomavastikkeesta ja jollei yhtiöjärjestyksessä toisin määrätä, pääomavastikkeella katetaan pitkävaikutteiset menot, jotka aiheutuvat kiinteistön ja rakennuksen hankinnasta, rakentamisesta, peruskorjauksesta ja uudistuksesta.

4 §
Yhtiövastikkeen maksuperuste
Vastikkeen maksuperusteesta on määrättävä yhtiöjärjestyksessä. Perusteena voi olla esimerkiksi huoneiston pinta-ala, osakkeiden lukumäärä taikka veden, sähkön, lämmön tai muun hyödykkeen todellinen tai luotettavasti arvioitavissa oleva kulutus.

Osakkeenomistajan on ilmoitettava yhtiölle huoneistossa asuvien tai sitä muuten käyttävien henkilöiden lukumäärä, jos henkilömäärä on vastikkeen maksuperusteena.

10.2.2 Tulevat muutokset sääntelyyn asunto-osakeyhtiölaissa

Edellisen kappaleen voimassa olevaan asunto-osakeyhtiölakiin on tämän raportin kirjoitushetkellä valmisteilla muutoksia. Asunto-osakeyhtiölain 3 luvun 4 §:n 1 momentista suunnitellaan mahdollisten vastikeperusteiden listalta poistettavaksi vesi. Tilalle olisi tulossa vesikustannusten jakamisen erityissääntö 4 a §. Alla kyseiset kohdat otteena valmisteilla olevasta laista:

3 luku
Yhtiövastike
4 §
Yhtiövastikkeen maksuperuste
Vastikkeen maksuperusteesta on määrättävä yhtiöjärjestyksessä. Perusteena voi olla esimerkiksi huoneiston pinta-ala, osakkeiden lukumäärä taikka sähkön, lämmön tai muun hyödykkeen todellinen tai luotettavasti arvioitavissa oleva kulutus.

4 a §
Vesikustannusten jakaminen
Edellä 4 §:stä poiketen veden yhteishankinnasta yhtiölle aiheutuvien menojen osalta vastikkeen perusteena on luotettavasti mitattu todellinen kulutus. Osakkeenomistajalle on toimitettava kuukausittain tiedot veden kulutuksesta osakehuoneistossa. Osakkeenomistajalle on 1 momentissa tarkoitetun vastikkeen perinnän yhteydessä toimitettava tiedot myös muista vastikkeen määräämisen perusteista. Tarkempia säännöksiä tässä pykälässä tarkoitetun vastikkeen määräämisestä sekä veden kulutuksesta ja vastikkeen perinnän yhteydessä annettavista tiedoista annetaan valtioneuvoston asetuksella.

10.3 Periaatteet kustannusten jakamiseen

Tässä kappaleessa esitetään periaatteet, joiden mukaan lämmityksen ja jäähdytyksen kustannuksia voidaan jakaa. Jokainen rakennus, jolla on monta käyttäjää, on oma yksilöllinen kokonaisuus tapauskohtaisine teknisine järjestelmineen. On huomioitava, että esitettyjä kustannusten jakamisen periaatteita tulisi aina tulkita oikeudenmukaisuusperiaatteen mukaisesti, eli välttäen tilannetta, jossa käyttäjälle kohdistuu omasta käytöstä riippumattomia kuluja, tai, että käyttäjä ei vastaa omista kuluistaan.

On myös mahdollista tehdä tarkempi tapauskohtainen selvitys energian ja kustannusten jakautumisesta, sekä yksityiskohtaisempia mittauksia energiavirroista, kuin tässä yhteydessä esitetään. Näin saatujen tietojen käyttäminen kustannusten jakamisen perusteena on perusteltua, kun tietojen oikeellisuus varmistetaan. Tällä tavoin menettelemällä voidaan huomioida tarkemmin esimerkiksi järjestelmähäviöitä.

Mikäli käyttäjien osuus käytetyn hyödykkeen kokonaiskulutuksesta voidaan mitata luotettavasti, käytetään hyödykkeen mitattua kulutustietoatietoa kustannustenjakoperusteena. Mikäli hyödykkeen kulutusta ei voida mitata, arvioidaan osuus kokonaisuudesta esimerkiksi pinta-alaperusteisesti tai henkilömäärän mukaan. Yhteistilojen osalta kustannukset jaetaan yleensä pinta-alaperusteisesti tai henkilömäärän mukaan, kuitenkin hyötynäkökohta huomioiden. On huomioitava, että jos käyttäjien palvelutaso, lähinnä olosuhteet, poikkeavat toisistaan voimakkaasti, tulee tämä huomioida kustannusten jaossa.

10.3.1 Lämmitys

Lämmitysenergia on käyttäjäkohtaisesti mitattu

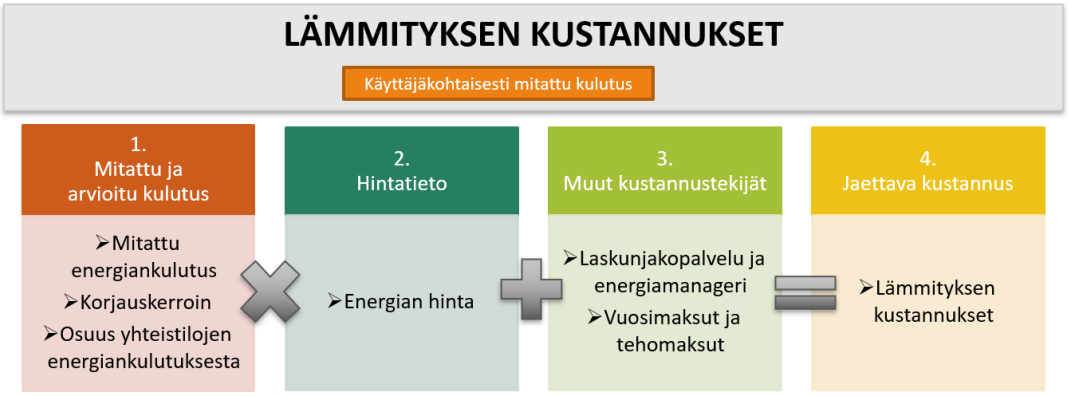
Lämmitysenergian osalta käyttäjäkohtainen mittaaminen on harvinaista. Jos huoneistojen kulutuksessa ei ole eroja, niin mittauksella ei saavuteta hyötyä. Suurilla kulutuksen eroilla mittaus voi tuoda hyötyä. Jos käyttäjä ei voi vaikuttaa kulutukseensa, niin kulutusten tarkka jako ei tuo hyötyä energiansäästönä. Toimisto- ja liikerakennusten osalta muiden asioiden merkitys kustannuksissa on määräävä: energian osuus vuokrassa voi olla hyvin pieni.

Lämmitysenergian kustannusten jakamisen perusongelma on käytetyn lämmitysenergian mittaamisen vaikeus. Ostettavaa lämmitysenergiaa tulee varsinaisen tilalämmityslaitteen lisäksi myös muun muassa ilmanvaihdon kautta ja johtumalla naapurikäyttäjiltä. Esimerkiksi rakennuksen lämmönjakohuoneen yläpuolella ei välttämättä tarvitse lisälämmitystä lainkaan.

Jos rakennuksen pääasiallisen tilalämmitysjärjestelmän energiavirrat on kuitenkin käyttäjäkohtaisesti mitattu, voidaan kustannusten jako tehdä näiden mittausten perusteella. Erilaisten kompensaatioiden käyttäminen esimerkiksi nurkkahuoneiston tai muun syyn takia on mahdollista. Kustannustenjako voidaan tehdä myös niin sanottujen lämmityskustannusten jakolaitteiden, eli HCA-laitteiden (heat cost allocator) avulla, joiden käyttölogiikka perustuu lämmityslaitteiden pintalämpötilaan ja pinta-alaan. Kun lämpötilatieto ja lämmityslaitteiden koko on tiedossa, voidaan kokonaiskustannukset jakaa näin ollen käyttäjien kesken. Tarkemmin tässä menetellään kuitenkin HCA-laitteiston toimittajan tai palveluntarjoajan ohjeiden mukaisesti. Yhteisten tilojen osuus huomioidaan HCA-laitteita käytettäessä yleensä veloittamalla rakennuksen energialaskusta

tietty %-osuus (20 - 50 %) kiinteänä neliöpohjaisena maksuna.

Euroopan komission ohjeistuksen mukaisesti kiinteästi veloitettava osuus pitää olla riittävän suuri, jotta kiinteistön omistajalla säilyy taloudellinen kannuste toteuttaa energiatehokkuusinvestointeja. Huoneistokohtaisesti toteutuneeseen kulutukseen perustuvan veloituksen tulee kuitenkin pysyä riittävän suurena, jotta käyttäjällä säilyy kannuste energiansäästöön. Euroopan komission näkemyksen mukaan tasapainon hakeminen tässä on jäsenvaltioiden vastuulla.



Kuva 30. Lämmityksen kokonaiskustannuksen muodostuminen, kun lämmitysenergia on käyttäjäkohtaisesti mitattu.

Kuvan 30 laatikon 1 mitattu energiankulutus, tarkoittaa käyttäjäkohtaisesti mitattua tilalämmitysenergiaa. Mitattua energiankulutusta voidaan korjata korjauskertoimella, jos on tarpeen ottaa huomioon rakennuksen eri osissa olevien huoneistojen erilainen lämmöntarve. Tämä energiamäärä kerrotaan energian hinnalla, jolloin saadaan selville käyttäjän energiakustannus. Energian hinta ja energian kulutus voidaan mitata ajan mukaan monella eri tarkkuudella. Voidaan käyttää kuukausikeskiarvoa ja kuukausikulutustietoa, tai voidaan esimerkiksi käyttää tuntitason dataa. Tarkemman tiedon käyttö on perusteltua, jos energia on hinnoiteltu ajan mukaan dynaamisesti. Yksinkertaisemmin toteutettuna lasketaan keskimääräinen hinta, joka lasketaan ja vahvistetaan vuosittain, vaikka kustannusten laskutus olisikin tiheämmin.

Jos taloyhtiössä on toteutettu käyttäjäkohtainen mittaus, on huomioitava kunkin käyttäjän energiankulutuksen lisäksi yhteisten tilojen osuus. Tämä näyttäytyy päämittauksesta ”yli jäävänä” osuutena ja se jyvitetään käyttäjille lähtökohtaisesti pinta-ala perusteisesti. Samoin HCA-laiteita käytettäessä yleiset tilat jäävät mittaroimatta. Tämä huomioidaan yleensä järjestelmän puolesta kertoimella.

Kuvan 30 laatikoissa 3 olevat kiinteäluontoiset kustannukset voidaan jakaa käyttäjien kesken käytetyn energiamäärien mukaisesti, pinta-alaperusteisesti, käyttäjien kesken tasan tai energiamittarien lukumäärään pohjautuen. Energiamittarien lukumäärään perustuva jako voi tulla kyseeseen esimerkiksi laskunjakopalvelun kustannusten jaossa. Energialiittymän vuosimaksun osalta huomioidaan se osuus, joka kyseisellä energialiittymällä tuodusta energiasta käytetään tilojen lämmittämiseen.

Käyttäjäkohtaista mittausta ei ole

Kun lämmitysenergian käyttäjäkohtaista mittausta ei ole, jaetaan kustannukset parahiten soveltuen joko pinta-ala perusteisesti tai tilavuusperusteisesti. Myös näiden yhdistelmää tai muuta tarkempaa menetelmää voidaan käyttää. Jaettavat lämmityskustannukset muodostuvat kuvan 31 mukaisella periaatteella.

Tarkastelun voi tehdä järjestelmäkohtaisesti, jolloin eri järjestelmille (ilmanvaihto, tilalämmitys) kustannukset lasketaan erikseen ja kokonaisuus on näin laskettujen osien summa. On mahdollista käyttää sekä käyttäjäkohtaisen mittauksen mukaisesti laskettua tietoa, että arvioitua tietoa eri järjestelmien kesken.

Esimerkiksi ilmanvaihdon lämmityskustannukset on jaettava arvioitujen osuuksien perusteella, vaikka tilalämmitysenergiankäyttö olisikin käyttäjäkohtaisesti mitattu.

Kuva 31. Lämmityksen kokonaiskustannuksen muodostuminen, kun käyttäjäkohtaista mittausta ei ole.

Kuvan 31 laatikon 1 arvioitu energiankulutus, tarkoittaa käyttäjäkohtaisesti arvioitua lämmitysenergiaa, joka on esimerkiksi koko rakennuksen lämmitysenergia kerrottuna käyttäjän pinta-alan ja rakennuksen kokonaispinta-alan suhteella. Tämä energiamäärä kerrotaan energian hinnalla, jolloin saadaan selville käyttäjän energiakustannus. Pinta-alan sijasta voidaan käyttää myös tapauskohtaisesti paremmin soveltuvaa indikaattoria, esimerkiksi tilavuus. Koska käytetty energiamäärä on arvio, ei sen määräytymistä ajan mukaan voida määrittää.

Kuvan 31 laatikoissa 3 olevat kiinteäluontoiset kustannukset voidaan jakaa käyttäjien kesken käytetyn energiamäärien mukaisesti, pinta-alaperusteisesti, käyttäjien kesken tasan tai energiamittarien lukumäärään pohjautuen. Energiamittarien lukumäärään perustuva jako voi tulla kyseeseen esimerkiksi laskunjakopalvelun kustannusten jaossa. Energialiittymän vuosimaksun osalta huomioidaan se osuus, joka kyseisellä energialiittymällä tuodusta energiasta käytetään tilojen lämmittämiseen.

Kustannusten jakaminen pinta-alaperusteisesti, kun rakennuksessa on vain energian päämittaus, on kuitenkin yksinkertaisin ja oikeudenmukaisena pidettävään jakoon johtava peruste.

10.3.2 Jäähdytys

Jäähdytysenergia on käyttäjäkohtaisesti mitattu

Jäähdytysenergian kustannusten jakamisen perusongelma on sama kuin lämmitysenergian suhteen: käytetyn jäähdytysenergian mittaamisen vaikeus. Ostettavaa jäähdytysenergiaa tulee varsinaisen tilajäähdytyslaitteen lisäksi myös muun muassa ilmanvaihdon kautta ja johtumalla naapurikäyttäjiltä. Esimerkiksi rakennuksen lämmönjakohuoneen yläpuolella saatetaan tarvita huomattavasti enemmän jäähdytysenergiaa.

Jos rakennuksen pääasiallisen tilajäähdytysjärjestelmän energiavirrat on kuitenkin käyttäjäkohtaisesti mitattu, voidaan kustannusten jako tehdä näiden mittausten perusteella. Erilaisten kompensaatioiden käyttäminen esimerkiksi nurkkahuoneiston tai muun syyn takia on mahdollista.

Kuva 32. Jäähdytyksen kokonaiskustannuksen muodostuminen, kun jäähdytysenergia on käyttäjäkohtaisesti mitattu.

Kuvan 32 laatikon 1 mitattu energiankulutus, tarkoittaa käyttäjäkohtaisesti mitattua tilajäähdytysenergiaa. Mitattua energiankulutusta voidaan korjata korjauskertoimella, jos on tarpeen ottaa huomioon rakennuksen eri osissa olevien huoneistojen erilainen jäähdytystarve. Tämä energiamäärä kerrotaan energian hinnalla, jolloin saadaan selville käyttäjän energiakustannus. Energian hinta ja energian kulutus voidaan mitata ajan mukaan monella eri tarkkuudella. Voidaan käyttää kuukausikeskiarvoa ja kuukausikulutustietoa, tai voidaan esimerkiksi käyttää tuntitason dataa. Tarkemman tiedon käyttö on perusteltua, jos energia on hinnoiteltu ajan mukaan dynaamisesti.

Jos taloyhtiössä on toteutettu käyttäjäkohtainen mittaus, on huomioitava kunkin käyttäjän energiankulutuksen lisäksi yhteisten tilojen osuus. Tämä näyttäytyy päämittauksesta ”yli jäävänä” osuutena ja se jyvitetään käyttäjille lähtökohtaisesti pinta-alaperusteisesti.

Kuvan 32 laatikoissa 3 olevat kiinteäluontoiset kustannukset voidaan jakaa käyttäjien kesken käytetyn energiamäärien mukaisesti, pinta-alaperusteisesti, käyttäjien kesken tasan tai energiamittarien lukumäärään pohjautuen. Energiamittarien lukumäärään perustuva jako voi tulla kyseeseen esimerkiksi laskunjakopalvelun kustannusten jaossa. Energialiittymän vuosimaksun osalta huomioidaan se osuus, joka kyseisellä energialiittymällä tuodusta energiasta käytetään tilojen viilentämiseen. Kaukokylmän tapauksessa tämä kustannus on suoraan liittymän vuosimaksu (tai tehomaksu). Mikäli kylmä tuotetaan sähköllä, voidaan sähköliittymän kiinteät vuosimaksut jättää tämän osalta huomiotta.

Käyttäjäkohtaista mittausta ei ole

Kun jäähdytysenergian käyttäjäkohtaista mittausta ei ole (tyypillisin tapaus), jaetaan kustannukset parahiten soveltuen joko pinta-ala perusteisesti tai tilavuusperusteisesti. Myös näiden yhdistelmää tai muuta tarkempaa menetelmää voidaan käyttää. Jaettavat jäähdytyskustannukset muodostuvat kuvan 33 mukaisella periaatteella.

Tarkastelun voi tehdä järjestelmäkohtaisesti, jolloin eri järjestelmille (ilmanvaihto, tilajäähdytys) kustannukset lasketaan erikseen ja kokonaisuus on näin laskettujen osien summa. On mahdollista käyttää sekä käyttäjäkohtaisen mittauksen mukaisesti laskettua tietoa, että arvioitua tietoa eri järjestelmien kesken. Esimerkiksi ilmanvaihdon jäähdytyskustannukset on jaettava arvioitujen osuuksien perusteella, vaikka tilajäähdytysenergiankäyttö olisikin käyttäjäkohtaisesti mitattu, sillä ilmanvaihdon energiasisällön mittaaminen on teknisesti käytännössä mahdotonta koko rakennuksen kaikkien käyttäjien osalta.

Kuva 33. Jäähdytyksen kokonaiskustannuksen muodostuminen, kun käyttäjäkohtaista mittausta ei ole.

Kuvan 33 laatikon 1 arvioitu energiankulutus, tarkoittaa käyttäjäkohtaisesti arvioitua jäähdytysenergiaa, joka on esimerkiksi koko rakennuksen jäähdytysenergia kerrottuna käyttäjän pinta-alan ja rakennuksen kokonaispinta-alan suhteella. Tämä energiamäärä kerrotaan energian hinnalla, jolloin saadaan selville käyttäjän energiakustannus. Pinta-alan sijasta voidaan käyttää myös tapauskohtaisesti paremmin soveltuvaa indikaattoria, esimerkiksi tilavuus. Koska käytetty energiamäärä on arvio, ei sen määräytymistä ajan mukaan voida määrittää.

Myös ilman mittausta toteutetusta kustannustenjaossa on otettava yhteisten tilojen osuus huomioon. Tämä voidaan huomioida erikseen, tekemällä yhteisistä tiloista yksi ylimääräinen käyttäjä, jonka kustannukset jaetaan muille valitun jakoperusteen mukaisesti. Tämä ei yleensä ole kuitenkaan tarpeellista, sillä lähtökohtaisesti ei ole päämittauksella näkyvää ”yli jäävää” jaettavaa, vaan jako tehdään suoraan niin, että kaikkien käyttäjien yhteenlasketut osuudet kattavat myös yhteisten tilojen osuuden, jolloin yhteisten tilojen maksut jakautuvat valitun jakotavan mukaisesti painottuen käyttäjien kesken.

Kuvan 33 laatikoissa 3 olevat kiinteäluontoiset kustannukset voidaan jakaa käyttäjien kesken käytetyn energiamäärien mukaisesti, pinta-alaperusteisesti, käyttäjien kesken tasan tai energiamittarien lukumäärään pohjautuen. Energiamittarien lukumäärään perustuva jako voi tulla kyseeseen esimerkiksi laskunjakopalvelun kustannusten jaossa. Energialiittymän vuosimaksun osalta huomioidaan sen osuus, joka kyseisen energialiittymällä tuodusta energiasta käytetään jäähdyttämiseen.

Kustannusten jakaminen pinta-alaperusteisesti, kun rakennuksessa on vain energian päämittaus, on kuitenkin yksinkertaisin ja oikeudenmukaisena pidettävään jakoon johtava peruste.

11 Yhteenveto

Tämän selvityksen keskeisimpänä tavoitteena on luoda periaatteet menetelmälle, jolla tarkastellaan huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen teknistä toteutettavuutta eri rakennustyypeissä. Kehitetyssä menetelmässä on huomioitu huoneisto-käsite, tyypilliset LVI-järjestelmät uusissa ja olemassa olevissa rakennuksissa, vallitsevat tyypilliset sisäolosuhteet sekä huoneiston käyttäjän vaikutusmahdollisuudet omaan energiankäyttöönsä.

Mikäli huoneistokohtainen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittaus vaatii merkittäviä muutoksia LVI-asennuksiin tai mittauksilla ei voida kohtuullisin toimenpitein kattaa merkittävää osaa huoneistokohtaisista energiavirroista ja huoneiston haltijan vaikutusmahdollisuudet huoneistonsa energiankäyttöön ovat vähäiset ja säästöpotentiaalin odotukset ovat pienet, katsotaan energiamittausten teknisen toteutettavuuden olevan heikko.

Ehdotetun menetelmän mukainen teknisen toteutettavuuden tarkastelu tehtiin asuinkerrostaloihin sekä toimisto- ja liikerakennuksiin. Tyypillisissä nousulinjaisissa patteriverkostoissa huoneistokohtaisten lämmönjakolaitteiden käyttö jää ainoaksi vaihtoehdoksi. Yleensä huoneistoon tulee lämmitys- ja jäähdytysenergiaa myös ilmanvaihdon kautta sekä putkistohäviöinä, jne. Näiden energiavirtojen mittaaminen johtaa monimutkaiseen järjestelmään.

Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että huoneistokohtaisen lämmitysenergian mittauksen tekninen toteutettavuus asuinkerrostaloissa on heikko. Olemassa olevissa patteriverkostokohteissa lämmityskustannusten jakolaitteiden käyttö on ainoa mahdollisuus. Lattialämmityskohteisiin ne eivät sovellu.

Huoneistokohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian mittauksen tekninen toteutettavuus toimisto- ja liikerakennuksissa on heikko. Olemassa olevissa ja uusissa tyypillisissä nousulinjaisissa patteriverkostokohteissa lämmityskustannusten jakolaitteiden käyttö on ainoa mahdollisuus. Näissä rakennuksissa huoneistokohtaisella energiankulutuksen mittauksella saavutettavat hyödyt ovat vähäiset, sillä toimisto- ja liikehuoneistojen käyttäjät eivät voi merkittävästi vaikuttaa olosuhteisiinsa ja energiankäyttöönsä.

Selvityksessä on lisäksi esitetty arviointiperusteet käyttäjäkohtaisen mittaamisen kustannustehokkuudelle. Heikon teknisen toteutettavuuden lisäksi, lämmityksen ja jäähdytyksen käyttäjäkohtainen mittaaminen johtaa yleensä taloudellisesti kannattamattomaan tilanteeseen.

Raportissa esitettyjä käyttäjäkohtaisen lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksen kustannusten jakamisen periaatteita voidaan hyödyntää säädösvalmistelussa, määritettäessä laskentasääntöjä lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksen kustannusten jakamiseksi.

Tekijät

Petri Kukkonen
Energia-asiantuntija

Erja Reinikainen
Johtava energia-asiantuntija

Lähdeluettelo

1. Asuinkerrostalon energiankulutuksen hallinta älykkään asukasportaalin avulla. Diplomityö Juuso Mäki, TTY 2013.
2. Granlund Consulting Oy simuloinnit Energiavirastolle 2017, julkaisematon raportti.
3. Finlex 545/2015: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista
4. RT 07-11299, Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset, Rakennustieto.
5. Motiva Oy:n verkkosivut https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato
6. Selvitys huoneistokohtaisten lämpömäärämittareiden ja lämmityskustannusten jakolaitteiden käytön edellytyksistä Suomessa. Asiakasraportti VTT-CR-07573-13.
7. Rakennukset käyttötarkoituksen mukaan 31.12.2018, Tilastokeskus