

Ida Rönning

Asuinrakennusten ilmanvaihdon perusparan- nusvaihtoehtojen tarkastelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

15.3.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Ida Rönberg Asuinrakennusten ilmanvaihdon perusparannusvaihtoehtojen tarkastelu 47 sivua + 7 liitettä 15.3.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	talotekniikkaosaston päällikkö Sari Heino yliopettaja Aki Valkeapää
<p>Tämä insinööriytyö käsittelee asuinrakennusten ilmanvaihdon perusparannusvaihtoehtoja ja niiden kustannuksia. Työn tavoitteena oli laatia yritykselle ilmanvaihdon perusparannusvaihtoehtoja käsittelevä raportti, jota voidaan hyödyntää asuinrakennusten ilmanvaihdon korjaus- tai uusimishankkeiden suunnittelun yhteydessä.</p> <p>Tarkastelussa hyödynnetään viittä luvussa 11 esiteltyä asuinkerrostalokohdetta. Osassa kohteista on toteutettu ilmanvaihdon perusparannuksia, ja yhdessä kohteessa kaukojäähdytysjärjestelmä asennettiin rakennukseen.</p> <p>Työn alussa esitellään kolme tavanomaista asuinkerrostalon ilmanvaihtojärjestelmää. Järjestelmät ovat painovoimainen, koneellinen poisto-, ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Työn keskiosassa käsitellään järjestelmien perusparannusvaihtoehtoja, kuten olemassa olevan järjestelmän koneellistamisesta, lämmön talteenotolla varustamista ja kaukojäähdytysjärjestelmän asentamista asuinrakennukseen. Myös painovoimaisen ja koneellisen poistoilmanvaihdon kunnostamista tutkittiin.</p> <p>Lopuksi tuodaan esille ilmanvaihdon perusparannushankkeiden kustannuslaskentaa. Laskennassa on hyödynnetty referenssikohteissa toteutettuja ilmanvaihdon perusparannushankkeiden tietoja. Hanketietojen avulla investoinneille saatiin laskettua takaisinmaksuaikoja sekä selvitettyä, toiko perusparannus asunto-osakeyhtiölle säästöjä lämmitysenergian kuluissa.</p> <p>Lopputulokseksi saatiin vaihtelevia takaisinmaksuaikoja, mutta lämmöntalteenottojärjestelmä nousi selvästi esiin kustannustehokkaana perusparannusvaihtoehtona. Tästä työstä on hyötyä tulevia ilmanvaihdon perusparannushankkeita suunnitteleville, koska se antaa kuvaa siitä, miten eri perusparannustoteutukset eroavat toisistaan ja mistä niiden kustannukset muodostuvat. Raporttia hyödyntämällä voidaan tarjota taloyhtiöille kustannustehokkaita ratkaisuja ilmanvaihdon perusparantamisen toteutuksiin.</p>	
Avainsanat	asuinrakennus, ilmanvaihdon perusparannus, lämmön talteenotto, kustannuslaskenta, elinkaarilaskenta

Author Title	Ida Rönnerberg Various methods of modernising ventilation systems in apartment buildings
Number of Pages Date	47 pages + 7 appendices 15 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Orientation
Instructors	Sari Heino, Head of Unit Aki Valkeapää, Principal Lecturer
<p>This final year project studied various methods of modernising ventilation systems in apartment buildings. The aim of the Bachelor's thesis was to draw up a report of the renovation alternatives and their costs to be used as a basis for future planning of projects for customers.</p> <p>Five different types of apartment buildings were used as sources. By gathering information about completed renovations, calculations for both the time required to recover investments and the lifespans were made.</p> <p>Three ventilation systems, i.e. natural ventilation, exhaust-only mechanical ventilation, and mechanical ventilation with both supply and exhaust, were covered, and various ways to renovate and modernise the ventilation systems observed. The types of modernisations explored were natural systems renovated or modernised by mechanisation, mechanical ventilation equipped with heat recovery systems, and one case of an apartment building equipped with cooling.</p> <p>For all of these renovations and modernisations, the cost-efficiency and lifespan calculations were presented in the thesis. The results differed, but mechanical ventilation equipped with heat recovery systems is clearly a solution for the future when taking cost-efficiency into consideration.</p> <p>As a conclusion, this thesis can be used to help finding the best optimized solution to future renovations, when considering energy-efficiency, cost-efficiency and lifespans of various ventilation systems.</p>	
Keywords	ventilation systems, apartment building, cost-efficiency, lifespan

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleisiä käsitteitä	2
3	Ilmanvaihdolle asetetut vaatimukset	3
3.1	Rakentamismääräyskokoelman osa D2	3
3.2	Sisäilmastoluokitus 2008	4
3.2.1	Sisäilmastoluokituksen käyttö	5
3.2.2	Sisäilmastoluokat	6
3.3	Asumisterveysohje	7
4	Asuinrakennusten ilmanvaihto	8
4.1	Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä	10
4.2	Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä	12
4.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	13
4.3.1	Keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	14
4.3.2	Asuntokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	14
4.4	Lämmön talteenotto	16
5	Tarve ilmanvaihtojärjestelmien saneeraukselle	17
6	Ilmanvaihdon saneerauksen vaiheet	19
6.1	Tarveselvitykset	19
6.1.1	Korjaustarpeet	19
6.1.2	Käyttäjäkysely	19
6.2	Kuntoarvio	20
6.3	Kuntotutkimus	20
7	Ilmanvaihdon saneerauksessa huomioitavat asiat	21
7.1	Korjausten laajuus	21
7.2	Paloturvallisuus	22
7.3	Koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän vaatimat asennustilat	22
8	Ilmanvaihdon peruskorjauksen vaihtoehdot	23

8.1	Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän kunnostaminen	24
8.1.1	Hormien kunnostus	24
8.1.2	Ilman suodatus	25
8.1.3	Raitisilmamäärän lisääminen	25
8.2	Koneellisen poistoilmanvaihdon kunnostaminen	26
9	Ilmanvaihtojärjestelmien perusparannusvaihtoehtojen tarkastelu	27
9.1	Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän perusparantaminen	28
9.2	Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän perusparantaminen	29
9.3	Lämmön talteenoton lisääminen	29
10	Kaukojäähdytys	30
11	Referenssikohteet	31
11.1	Lähtötiedot	32
11.2	Painovoimainen ilmanvaihto koneelliseksi poistojärjestelmäksi	33
11.2.1	Kohteen lähtötiedot	33
11.2.2	Kustannukset	33
11.3	Painovoimainen ilmanvaihto koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi LTO:lla	34
11.3.1	Kohteen lähtötiedot	34
11.3.2	Kustannukset	35
11.4	Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä LTO:lla	36
11.4.1	Kohteen lähtötiedot	36
11.4.2	Kustannukset	36
11.5	Koneellinen poistoilmanvaihto tulo- ja poistoilmanvaihdoksi LTO:lla	38
11.5.1	Kohteen lähtötiedot	38
11.5.2	Kustannukset	38
11.6	Kaukojäähdytys	39
11.6.1	Kohteen lähtötiedot	39
11.6.2	Kustannukset	40
12	Kustannusvertailu	41
13	Yhteenveto	43
	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1. RakMK D1 liite 1, ilmavirtamääräykset

Liite 2. Ilmanvaihdon peruskorjauksen toimenpidevaihtoehdot

Liite 3. Painovoimaisen järjestelmän muutos koneelliseksi poistojärjestelmäksi

Liite 4. Painovoimaisen järjestelmän muutos koneelliseksi tulo- ja poistojärjestelmäksi LTO:lla

Liite 5. Koneellisen poistojärjestelmän varustaminen LTO:lla

Liite 6. Koneellisen poistojärjestelmän muutos tulo- ja poistojärjestelmäksi LTO:lla

Liite 7. Kaukojäähdytysjärjestelmän lisääminen vanhaan kerrostaloon

Lyhenteet

IV ilmanvaihto

LTO lämmön talteenotto

LVI lämpö, vesi, ilma

LVIS lämpö, vesi, ilma, sähkö

RakMK Suomen rakentamismääräyskokoelma

RT-Kortisto Rakennustieto Oy:n ylläpitämä kortisto joka käsittää ajankohtaista tietoa rakennusalan säädöksistä, ohjeista ja tuotetiedoista.

1 Johdanto

Kun asuinrakennuksiin tehdään peruskorjauksia, voidaan samassa yhteydessä mahdollisesti toteuttaa myös ilmanvaihtojärjestelmien perusparannuksia. Perusparannuksilla halutaan parantaa sisäilmanlaatua ja viihtyvyyttä. Vaihtoehtoja tähän ovat esimerkiksi kaukojäähdytyksen lisääminen, ilmanvaihdon toiminnan parantaminen kunnostamalla tai koneellisen ilmanvaihdon asentaminen.

Asuinrakennusten ilmanvaihdon perusparannuksia voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Aina ei ole kuitenkaan niin selvää, minkälainen kustannus ja saavutettu hyöty tehdyillä investoinneilla on. Rakennuksille asetetut edellytykset tai rakentamismääräykset voivat myös asettaa perusparannuksen toteuttamiseen rajoitteita.

Työssäni keskityn tutkimaan kolmea eri perusparannusten toteutustapaa: painovoimaisen järjestelmän koneellistaminen, koneellisen järjestelmän varustaminen lämmön talteenotolla ja viihtyvyyttä lisäävää kaukojäähdytystä. Tarkastelen myös toteutustapojen kustannustehokkuutta, keskittyen investointikustannuksiin ja mahdollisiin energiansäästöihin.

Insinööriyön tavoitteena on laatia yritykselle ilmanvaihdon perusparannusvaihtoehtoja käsittelevä raportti, jota voidaan hyödyntää asuinrakennusten ilmanvaihdon korjaus- tai uusimishankkeiden suunnittelun yhteydessä. Raporttia hyödyntämällä voidaan tarjota taloyhtiöille kustannustehokkaita ratkaisuja ilmanvaihdon perusparantamisen toteutusvaihtoehtoihin.

Insinööriyö laaditaan talonrakennusalan konsultointi-, suunnittelu- ja rakennuttamispalveluja tarjoavan Wise Group Finland Oy:n kanssa yhteistyössä. Työ laaditaan korjausrakentamisen toimialan rakennuttamis- ja valvontaosastolle. Työn ohjaajana toimii talotekniikka osaston päällikkö Sari Heino.

2 Yleisiä käsitteitä

Ilmanvaihtoon liittyy paljon erilaisia käsitteitä ja määritelmiä. Jotta aiheeseen liittyvistä käsitteistä saisi paremman yleiskuvan, ne ovat lueteltuna alla.

RT-kortissa 56- 10831 (LVI 03-10378) (1) on esitetty määritteet seuraavalla tavalla:

Ilmanvaihto

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan huoneilman laadun ylläpitämistä ja parantamista huoneen ilmaa vaihtamalla.

Ilmastointi

Ilmastoinnilla tarkoitetaan huoneilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden ja ilman liikkeen hallintaa tulo- ja kierrätysilmaa käsittelemällä.

Koneellinen poistoilmajärjestelmä

Koneellinen poistoilmajärjestelmä on järjestelmä, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmavuotoina.

Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä

Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä on järjestelmä, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tuodaan lämmitettyä/jäähdytettyä ja suodatettua ulkoilmaa puhaltimen avulla.

Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä

Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä on järjestelmä, jonka toiminta perustuu korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin.

Palautusilma

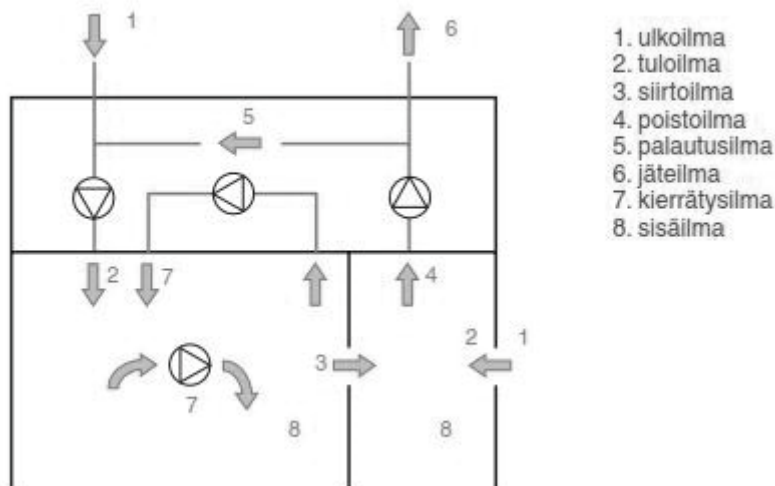
Palautusilma on ilma, joka palautetaan tuloilmana siten, että palautettavassa ilmassa on kahden tai useamman eri huonetilan poistoilmaa.

Siirtoilma

Siirtoilma on ilmaa, joka johdetaan tilasta toiseen tilaan.

Ilmavirrat

RT-kortissa 56- 10831 (1) on esitetty tässä työssä käytettävien ilmavirtojen nimityksiä kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Ilmavirtojen nimitykset (1)

3 Ilmanvaihdolle asetetut vaatimukset

3.1 Rakentamismääräyskokoelman osa D2

Ympäristöministeriön asunto- ja rakennusosaston asettamat määräykset ja ohjeet rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMK) osassa D2. Osa D2 asettaa määräyksiä sekä asunnon sisäilmastolle että ilmanvaihdolle.

Rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan rakennuksen sisäilmaston tulee olla viihtyisä, terveellinen ja turvallinen kaikissa tavanomaisissa sääoloissa. Tämä luo myös perustan rakennuksen suunnittelulle ja rakentamiselle. Talon suunnittelu ja rakentaminen on kokonaisuus, jossa tulee huomioida myös siinä tilassa oleskeltavat henkilöt ja tilan käyttötarkoitus.

RakMK D2:n mukaan rakennusta suunniteltaessa tulee huomioida mm. sisäiset kuormat, kuten lämpö- ja kosteuskuormat ja ulkoiset kuormat, kuten sää- ja ääniolosuhteet sekä ulkoilman laatu ja rakennuksen sijainti. (2)

RakMK D2:n liitteessä on asuinrakennuksille asetettuja ohjearvoja ilmavirroille, ilman liikkeille sekä äänitasoille. RakMK D2 esittää taulukossa 1 (liite 1) asuinrakennuksille asetetut ilmanvaihtokertoimet. Asuntojen eri osille on määritetty pienimmät sallitut arvot ilman vaihtumiselle. Jokaisen huoneiston ilmanvaihtokerroin pitäisi olla vähintään 0,5 l/h. Asetettu arvo voi olla eri, jos huoneistossa on mahdollista tehostaa ilman vaihtumista esim. liesituulettimen avulla. (3)

Rakentamismääräyskokoelma sisältää myös muita osia, jotka liittyvät ilman vaihtuvuuteen ja asennuksiin. Osat E1 ja E7 käsittelevät yleisesti paloturvallisuuteen liittyviä asioita. Osa E1 käsittelee rakennusten paloturvallisuutta ja paloluokituksia (4). E7 käsittelee ilmanvaihtolaitteistojen sekä sen osien paloturvallisuutta (5).

3.2 Sisäilmastoluokitus 2008

Sisäilmastoluokitus 2008 on Sisäilmayhdistys Ry:n laatima asiakirja, joka sisältää sisäilmastolle asetettuja tavoite- ja suunnitteluarvoja. Luokitus täydentää monia eri määräyksiä, mm. Suomen rakentamismääräyksiä (RakMK), rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia (RYL) sekä rakennus- ja LVI-selostusohjeita ja ohjekortteja (RT-, LVI-kortit) sekä muita rakentamiseen liittyviä asiakirjoja. Vaikka luokitus perustuu virallisiin dokumentteihin, sisäilmastoluokitus ei kuitenkaan kumoja viranomaisten asettamia säädöksiä tai niistä tehtyjä tulkintoja.

Luokitusta voidaan käyttää rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennusteollisuuden apuna silloin, kun tavoitteena on rakentaa viihtyisämpiä ja ennen kaikkea terveellisempiä rakennuksia. Luokitus on tehty uudisrakentamisen pohjalle, mutta sitä voidaan käyttää sovelletusti myös korjausrakentamisessa.

Luokitus-opas koostuu kolmesta eri osiosta. Ensimmäinen osio *Sisäilmaston tavoitearvot* asettaa suositusarvoja (suureita) ja pitoisuuksia lämpöoloille, ilman epäpuhtauksille sekä ääni- ja valaistusolosuhteille. Tarkoituksena on, että pitoisuudet ja arvot voidaan mitata ja todentaa kustannustehokkain keinoin yleisesti hyväksytyillä mittausmenetelmillä.

Luokituksen toinen osio *Suunnittelu- ja toteutusohjeet* sisältää ohjeistuksen suunnittelussa ja rakennustyömaan eri vaiheissa noudatettavista periaatteista ja menettelytavoista.

Luokituksen kolmas osio *Vaatimukset rakennustuotteille* käsittelee rakennusmateriaalien ja ilmanvaihtotuotteiden päästöjä. Osion on tarkoitus edistää vähäpäästöisten materiaalien käyttöä. Rakennusmateriaaleissa huomioidaan vain niiden kemiallisten päästöjen pitoisuuksia, kun tavoitteena on mahdollisimman puhdas sisäilmasto. Rakennusmateriaalien päästöluokituksen avulla rakennusmateriaaleille voidaan asettaa raja-arvoja ja jakaa ne eri luokkiin päästöjänsä perusteella. (6)

3.2.1 Sisäilmastoluokituksen käyttö

Sisäilmastoluokitusta voidaan käyttää, kun halutaan asettaa sisäilmastolle tavoitteita, jotka koskevat työ- tai asuintiloja sekä toimisto- ja julkisia rakennuksia.

Sisäilmastoluokitus toimii rakennuskohteen suunnittelijoiden, rakennuttajan, omistajan ja käyttäjän apuvälineenä sisäilmaston tavoitetasojen määrittämisessä. Nykytietojen perusteella luokituksessa annetut tavoitetasot esittävät terveyden ja viihtyisyyden kannalta turvallisia ja viranomaisvaatimuksia laadukkaampia sisäilmasto-olosuhteita.

Kohteelle tehtävää remonttia suunniteltaessa rakennuttaja valitsee kohteelle sopivan tavoitetason sisäilmastolle ja suunnittelijat esittävät tapoja, joilla valittu taso voitaisiin saavuttaa. Jotta lopputulos olisi suunnitelmien mukainen, tavoitetasojen täytyminen varmistetaan valvonnalla.

Suomessa on arvioitu, että ihmiset viettävät jopa 90 % vuorokauden ajasta sisätiloissa. Sisäilman laadulla on siis hyvin suuri merkitys ihmisen terveydelle ja hyvinvoinnille. (7) Tämän luokituksen perusteella voidaan todeta, että nykypäivänä luokituksen tavoitearvojen toteutuessa ja jos rakennuksessa on suunnitellulla tavalla toimiva ilmanvaihto eikä epäpuhtauslähteitä ole, terveille henkilöille ei aiheudu terveystahaitta. (6)

3.2.2 Sisäilmastoluokat

Sisäilmastoluokitus on jaettu kolmeen luokkaan: S1, S2 ja S3. Luokista S1 on paras ja S3 huonoin. Luokkaan S1 kuuluvassa sisäilmastossa oleskelevien tyytyväisten henkilöiden osuus on suurempi ja riski sairastua pienempi. Alin luokka S3 on taso, joka vastaa lainsäädännössä määritettyä vähimmäistasoa. Jokaisen asuinrakennuksen sisäilmaston toteutuksessa on pyrittävä vähintään tähän tasoon. (1)

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Sisäilmastoluokassa S1 käyttäjällä on paras mahdollisuus vaikuttaa sekä tilassa vallitseviin lämpöoloihin että ilmanvaihdon toimintaan. Luokkaan S1 kuuluvissa tiloissa on viihtyisät lämpöolot ympäri vuoden ja esimerkiksi kesähelteiden aiheuttamaa yllilämpenemistä ei ole havaittavissa. Suomessa vallitsevan ilmaston ja rakennusten sisäisten lämpökuormien takia sisäilmastoluokan S1 saavuttaminen vaatii lähes poikkeuksetta koineellista jäähdytystä ja huonekohtaista lämpötilan säätöä. (6)

Kun sisäilmassa ei esiinny ilman laatua heikentäviä epäpuhtauksia, sen myötä sisäilma täyttää erityisvaatimuksia asettavien ryhmien vaatimukset. Erityisryhmillä tarkoitetaan esimerkiksi vanhempaa väestöä, allergikkoja tai hengityselinsairaita. (1)

S2: Hyvä sisäilmasto

Sisäilmastoluokassa S2 sisäilman laatu on hyvä, eikä vetoa esiinny. Kesähelteet voivat kuitenkin aiheuttaa väliaikaista yllilämpenemistä, ja lämpötila voi nousta viihtyisän tason yläpuolelle. (1) Ilmanlaatua heikentäviä hajuja tai muita epäpuhtauksia ei ole. S2-luokan tilojen sisäilmastossa on hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet. Vuoden 2008 sisäilmastoluokituksessa S2-luokka on määritetty hyvän sisäilmaston perustasoksi. (6)

S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Sisäilmastoluokassa S3 sisäilman laatu ja tiloissa vallitsevat lämpöolot täyttävät vain rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. Tiloissa voi esiintyä tunkkaisuutta, ja korkeat lämpötilat kesäisin eivät ole harvinaisuus. (1) Valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät myös vähimmäisvaatimukset (6).

Painovoimaisissa ilmanvaihdon rakennuksissa S3 on tavanomainen luokka sisäilmastolle. Rakennuksessa, jossa on painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä, luokituksen tasoa voi olla vaikea saavuttaa muuttuvien lämpötilojen ja sääolosuhteiden takia. (1)

3.3 Asumisterveysohje

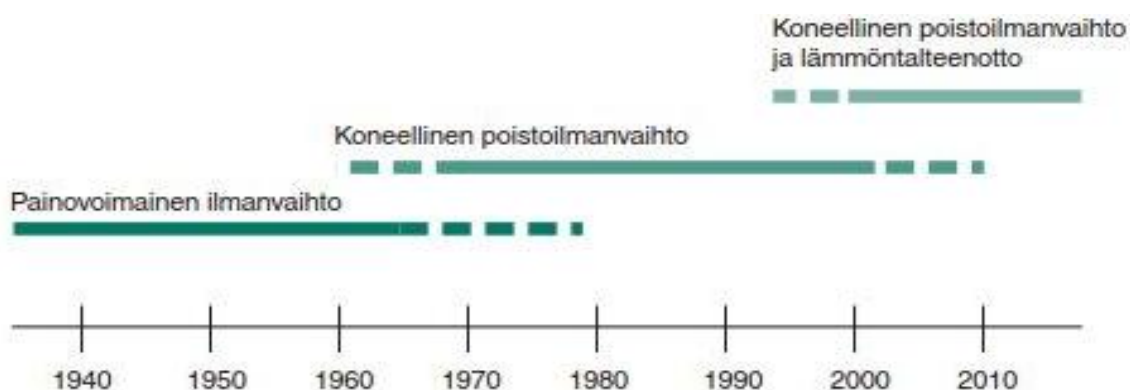
Ilmanvaihtoon liittyvää sisäilmaston laatutasoa ja puhtautta käsitellään myös Asumisterveysohjeessa. Ohje perustuu terveydensuojelulakiin, joka käsittelee asunnontarkastuksen ja oleskelutilojen terveydellisten olojen valvonnan tehtävien sisältöä ja ohjeistusta sekä terveyshaittoja. Terveyshaitoilla tarkoitetaan asuinympäristössä olevia tekijöitä tai olosuhteista aiheutuvia sairauksia tai terveyden häiriöitä.

Asumisterveysohje on sosiaali- ja terveysministeriön laatima opas, joka perustuu terveydensuojelulakiin. Ohje käsittelee asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaalisia, kemiallisia ja mikrobiologisia tekijöitä. Ohjeessa esitetään raja-arvoja sisäilmaston epäpuhauksien pitoisuuksille. Kemialliset ja mikrobiologiset epäpuhtaudet eivät aiheuta ongelmia, jos kaikkia määräyksiä noudatetaan eikä sallittuja raja-arvoja ylitetä. Ohjeessa esitetään asuntojen ja muiden oleskelutilojen olosuhteita kuvaavien tekijöiden mittaustapoja ja -menetelmiä sekä sitä, miten tuloksia voidaan tulkita.

Opasta voidaan käyttää esimerkiksi kunnan viranomaisen terveydensuojelun työtehtävissä apuna erityisesti asunnontarkastuksissa. Ohjetta voi hyödyntää myös rakennusten korjaajat, rakentajat ja kuntotutkijat. Kuten jo aiemmin on mainittu, ohjeissa ja oppaissa esitetyt ohjeistukset, raja-arvot tai vaatimukset eivät ole sitovia. Lait, joihin nämä ohjeet ja oppaat perustuvat, sen sijaan ovat. (8)

4 Asuinrakennusten ilmanvaihto

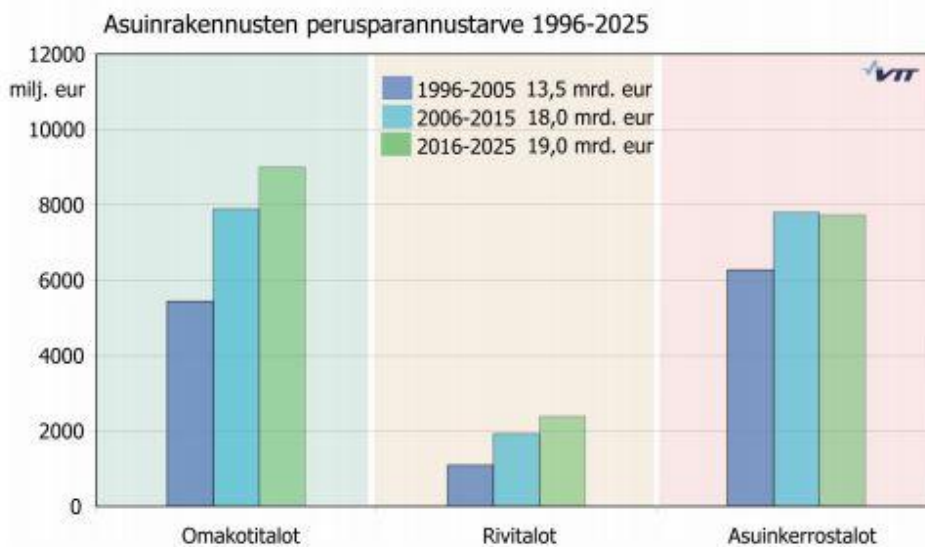
Ennen 1960-lukua rakennetuissa taloissa tavallisin ilmanvaihtojärjestelmä on painovoimainen järjestelmä. 1960-luvun alussa koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä yleistyi (kuva 2). Kun koneellisia tulo-poistojärjestelmiä alettiin rakentaa 1990-luvulla, alettiin myös kiinnittää huomiota energiakuluihin. Kulutusseuranta yleistyi ja energiatehokkaampi ratkaisuja ruvettiin tutkimaan. Tästä kehittyi myös nykypäivänä suosittu lämmöntalteenottojärjestelmä.



Kuva 2. Asuinkiinteistöjen ilmanvaihdon toteutus eri vuosikymmenillä (1)

Suomen rakennuskannan vanhetessa talojen linjasaneerauksille on jatkuva tarve. Linjasaneerausten yhteydessä voidaan tarvittaessa toteuttaa myös ilmanvaihdon saneeraus, ja ilmanvaihtourakan laajuus riippuukin hyvin paljon siitä, mikä ilmanvaihtojärjestelmä rakennuksessa on ennestään käytössä.

Nykyisin monissa rakennuksissa on edelleen käytössä yksinkertainen painovoimainen järjestelmä, mutta lisääntyvässä määrin näihinkin rakennuksiin muutetaan järjestelmä koneelliseksi eri remonttien yhteydessä. Ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan joko pelkällä koneellisella poistolla, koneellisella tulo- ja poistotoiminnoilla, tai viihtyvyyden kannalta rakennukseen voidaan lisätä jopa jäähdytys. (1)



Kuva 3. Asuinrakennusten perusparannustarve vuosina 1996–2025, VTT (9)

Kuvassa 3 on esitetty asuinrakennusten perusparannuksille tarvittavia investointeja. Kuvassa on myös esitetty perusparannustarve vuodesta 1996 aina vuoteen 2025 saakka. Asuinkerrostalojen perusparannustarve on suurin aikajaksolla 2006–2015, mutta pienenee vuosina 2016–2025. Yksi syy tarpeen pienenemiselle voi olla, että uusia asuinrakennuksia rakennettiin vähemmän 1970-luvun alussa. (9)

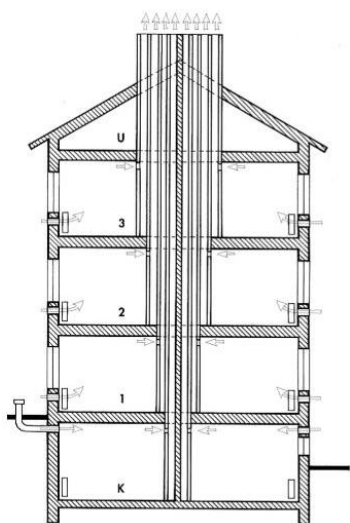
Ilmanvaihdon peruseriaatteena kaikissa eri ilmanvaihtojärjestelmissä on, että raitista ulkoilmaa tuodaan sisätiloihin ja likainen jäteilma poistetaan huonetilasta likaisten tilojen poistoilmahormien kautta (10, s. 164–166).

Seuraavassa luvussa käsitellään asuinkerrostalojen kolmea tavallisinta ilmanvaihtojärjestelmää tarkemmin: painovoimainen ilmanvaihto-, koneellinen poistoilmanvaihto- sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Eroavaisuutena järjestelmien välillä on mm. jäte- eli likaisen ilman poistotapa rakennuksesta.

4.1 Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä

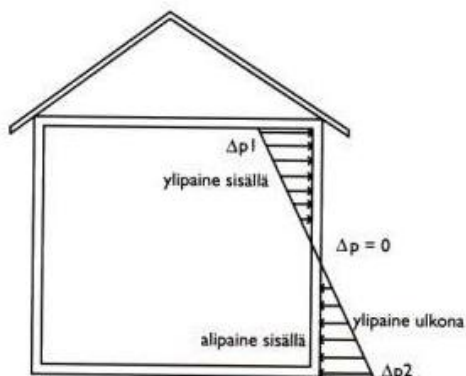
Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ulkoilma tuodaan asuintiloihin korvausilmaventtiilien ja rakennuksen vaipan rakojen kautta. Rakennuksen sisäilma siirtyy tilasta toiseen korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamien paine-erojen avulla, joten järjestelmän toiminta on hyvin riippuvainen säästä. (2) Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä johdetaan poistoilma pois rakennuksesta likaisissa tiloissa olevien poistoilmahormien kautta. Lämmin jäteilma poistuu suoraan ulkoilmaan, mutta muissa ilmanvaihtojärjestelmissä tämä on huomioitu energiansäästön näkökulmasta ottamalla lämpöenergiaa talteen.

Asuntojen poistoilmahormit kulkevat jokaisesta asunnosta omanaan vesikatolle asti. Poistoilmahormeja on esimerkiksi kylpyhuoneissa, WC-tiloissa sekä keittiössä liesitulehdyttimen yhteydessä oleva kanava. Huoneiston muiden tilojen poistoilma johdetaan yleensä näihin tiloihin siirtoilmareittien tai -laitteiden avulla. (1) Kuvassa 4 on esitetty painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän periaate.



Kuva 4. Asuinkerrostalon painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän periaate (1)

Painovoimaisen järjestelmän toiminnan perustuminen paine-eroihin on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate (1)

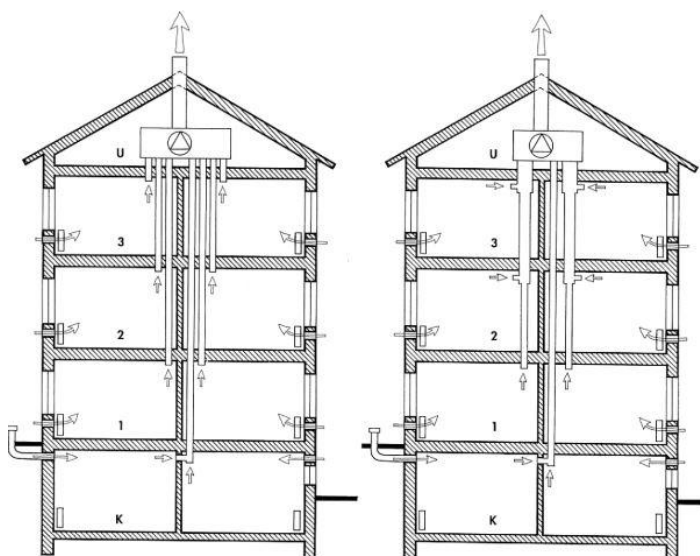
Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän yhtenä haasteena on saada toteutettua tarpeellinen tuloilman virtaus oleskelutiloihin. Toisena haasteena ovat järjestelmän hyvin pienet säätömahdollisuudet, koska järjestelmässä on yleisemmin käytössä rakenneaineisia poistoilmahormeja sekä perinteisiä tuloilman rako- tai ritiläventtiileitä. Normaalisti asunnot ovat alipaineisia, poistoilmavirta on noin 10 % suurempi kuin tuloilmavirta. Jos paine-eroa ei ole tarpeeksi, ilma ei vaihdu ja ilmanvaihto toimii huonosti. Jos paine-ero sisä- ja ulkotilojen välillä on pieni, alipainetta ei muodostu ja ilmavirrat saattavat jopa vaihtaa suuntaa. (11) Jos poistoilmanvaihto ei toimi, voi sisäilman kosteus nousta liian korkeaksi ja riskit rakenteiden kosteusvaurioille kasvavat (10, s. 168).

Painovoimaisessa järjestelmässä tuloilman vedoton sisääntuonti aiheuttaa ongelmia. Kylmä tuloilma laskeutuu lähelle lattiatasoa, kun lämmin ilma nousee ylöspäin ja poistuu tilasta aiheuttaen vedontunnetta. (1)

Ilman siirtymisreitit olisi suunniteltava niin, että sisäilmasto olisi mahdollisimman terveellinen ja päästötön. Ilmavirtojen vaihtaessa suuntaa, kasvavat riskit sille, että epäpuhtaudet kuten lika ja pöly leviävät sisäilmaan. Nämä suurentavat terveysriskejä ja aiheuttavat viihtyvyyshaittoja. (11) Tiloissa tulee käyttää palautus- tai siirtoilmana vain ilmanpuhtaudeltaan samanarvoista tai puhtaampien tilojen ilmaa. Ilma ei saa sisältää haitallisia määriä epäpuhtauksia eivätkä hajut saa päästä leviämään tilojen välillä. Painovoimaisessa järjestelmässä tulisi saavuttaa vähintään sisäilmastoluokitus S3, mutta se voi olla haasteellista muuttuvien ulkona vallitsevien olosuhteiden takia. Ilmanvaihtoa voidaan yrittää tehostaa tuulettamalla ikkunoiden kautta. (1)

4.2 Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä

1960-luvun jälkeen koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän asennus yleistyi. Järjestelmä voidaan toteuttaa yhteiskanavajärjestelmällä tai erilliskanavoinnilla. Yhteiskanavoinnissa kaikki poistoilmaventtiilit kytketään samaan runkokanavaan, josta poistoilma johdetaan koneellisesti katolle. (11) Nykyisin yhteiskanavoinnin yhteydessä on havaittu ongelmia äänen kulkeutumisen kanssa, joten koneellisen poistoilmanvaihdon erilliskanavointi, huoneistokohtaisten poistoilmahormien muodossa, on yleistynyt. (10, s. 170.) Kuvassa 6 on esitetty poistoilmanvaihdon huoneistokohtaisen sekä yhteiskanavoinnin periaatteet.



Kuva 6. Huoneistokohtainen poistoilmanvaihto ja poistoilmanvaihdon yhteiskanavointi (1)

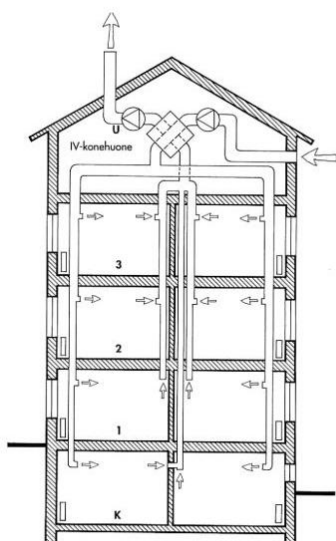
Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä eroaa painovoimaisesta järjestelmästä siten, että poistoilma poistetaan tiloista vesikatolla sijaitsevan huippuimurin tai ullakolle sijoitetun puhaltimen avulla. Järjestelmä ei myöskään ole riippuvainen sää- tai paineolosuhteista. (11) Koneet aiheuttavat alipaineen tiloihin ja imevät poistoilman pois tiloista, ja puhdas ulkoilma tuodaan ulkoilmaventtiilien avulla sisätiloihin.

Tässä järjestelmässä on sekä hyviä että huonoja puolia. Hyvinä puolina on, että ilmanvaihtoa saadaan tehostettua ja esimerkiksi kosteutta poistettua sisätiloista tehokkaasti. Myös tuloilmaa voidaan suodattaa. Järjestelmän huono puoli on järjestelmän aiheuttama vedon tunne. Vesikatolla tai ullakolla sijaitsevat koneet imevät ilmaa pois oleskelutiloista, ja tämä voi helposti aiheuttaa vedon tunnetta, koska korvaavaa raitisilmaa ei lämmitetä.

Tässä järjestelmässä on myös haasteellista saada toteutettua tarpeellinen tuloilman virtaus oleskelutiloihin. (1) Koneelliseen poistoilmanvaihtojärjestelmään on mahdollista lisätä lämmön talteenotto (29). Tästä on kerrottu tarkemmin luvussa 4.4 Lämmön talteenotto.

4.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä sekä raitis- että jäteilma johdetaan rakennukseen ja ulos koneellisesti. Tuloilma johdetaan puhtaisiin tiloihin, kuten makuu- ja olohuoneisiin, ja poistetaan likaisista tiloista, kuten muissakin järjestelmissä.



Kuva 7. Koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä LTO:lla (1)

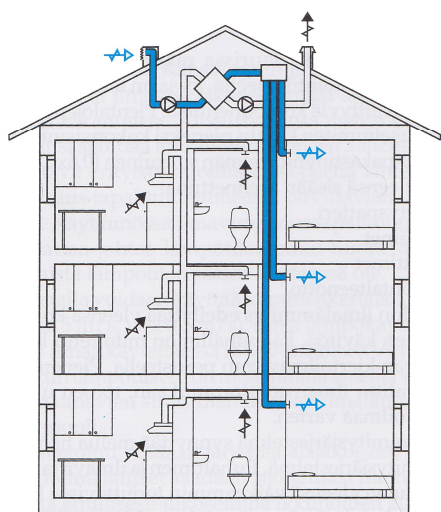
Koneellisessa tulo- ja poistojärjestelmässä tuloilmavirrat määräytyvät RakMK D2:n mukaan. Ilmavirrat on esitetty liitteessä 1.

Tuloilman käsittely erottaa tämän järjestelmän muista ilmanvaihtojärjestelmistä. Tuloilmaa voidaan lämmittää jäteilmasta saatavan hukkalämmön avulla, järjestelmä voidaan siis varustaa lämmöntalteenottoyksiköllä (LTO). Tuloilmaa voidaan tarpeen mukaan myös suodattaa ja jäähdyttää, ja kokonaisuutena järjestelmä mahdollistaa hyvät säätöominaisuudet ilmanvaihdolle.

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: keskitetyllä järjestelmällä tai asuntokohtaisilla ilmanvaihtolaitteilla.

4.3.1 Keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

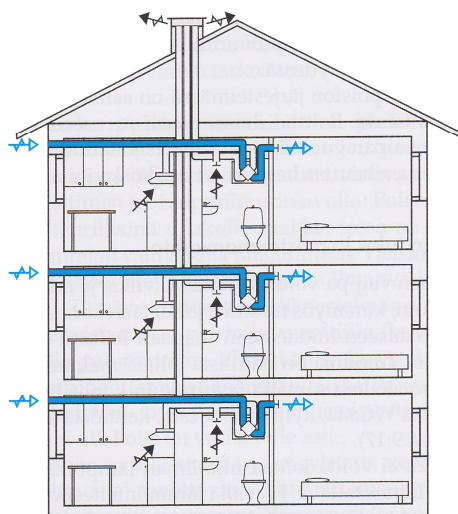
Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto (kuva 8) perustuu ilman liikuttamiseen keskitetysti. Useamman huoneiston ilmanvaihto voidaan toteuttaa yhdellä yhteisellä ilmanvaihtokoneella tai porraskohtaisesti muutamalla koneella. Yhden ilmanvaihtokoneen palvelualueeseen voi myös kuulua rakennuksen kaikki tilat. Tulo- ja poistoilmakanavat kulkevat yhteiskanavoinnin tavoin vesikatolla tai ullakoilla sijaitseville tulo- ja poistoilmanvaihtokoneille. Huoneistokohtaisilla venttiileillä voidaan säätää ilmavirtoja, mutta säätöalue on rajallinen. Myös suurien ilmanvaihtokoneiden ja niiden tarvitsemien huoltotilojen sijoittaminen rakennuksiin voi aiheuttaa ongelmia. Samoin kuin koneellisessa poistoilmanvaihdossa, yhteiskanavointi on haasteellinen sen aiheuttamien äänihaittojen takia. Näin ollen asuntokohtainen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä on ominaisuuksiltaan toimivampi ratkaisu. (10, s. 169–173.)



Kuva 8. Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä LTO:lla (10)

4.3.2 Asuntokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

Asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä (kuva 9) jokaiseen asuntoon asennetaan oma ilmanvaihtokone, joka yleisimmin on varustettu lämmöntalteenotolla. Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet mahdollistavat sen, että asukas voi itse säätää järjestelmää tarpeen mukaan.



Kuva 9. Asuntokohtainen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä LTO:lla (10)

Asuntokohtainen ilmanvaihtokone (kuva 10) sijoitetaan sellaiseen tilaan, jossa koneen tai kanavoinnin aiheuttama ääni ei häiritse tilassa oleskelevia, esimerkiksi wc-tilaan, kylpyhuoneeseen tai vaatehuoneeseen. Ilmanvaihtokone sisältää puhaltimen, säätölaitteet ja se on useimmiten varustettu lämmöntalteenotolla. Myös ilman suodatus ja jälkilämmittäminen on mahdollista. Koneen jälkeen asennetaan aina äänenvaimennus.



Kuva 10. Vallox-merkkinen asuntokohtainen ilmanvaihtokone (12)

Asukas voi halutessaan tehostaa huoneiston kokonaispoistoilmavirtaa tarpeen mukaan, esimerkiksi pyykin kuivatuksen tai ruuanlaiton ajaksi. Tehostus voi olla esimerkiksi 30 % normaalin käyttöajan ilmavirroista. Keittiössä tehostus toteutetaan usein liesituulettimen avulla. Jotta järjestelmä toimisi energiatalouden kannalta kannattavasti, ilmanvaihtoa voidaan säätää myös poissaolojen mukaan. Asunnon ollessa tyhjänä ilmanvaihtoa on mahdollista pienentää 60 % normaaliajan ilmanvaihdosta. Myös rakennuksen vaipan tiiveys vaikuttaa energiakuluihin.

Kerrostaloissa yleisenä ongelmana esiintynyt hajuhaittojen leviäminen, esim. porrashuoneen kautta muihin tiloihin, voidaan minimoida asentamalla asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet. Järjestelmä ei aiheuta porrashuoneeseen alipainetta, joka liikuttaisi hajuja alakerroksista ylempiin kerroksiin.

Asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä sopii kerrostaloihin riippumatta niiden korkeudesta. Järjestelmä ei vaadi pitkiä kanavavetoja, joten se soveltuu myös hyvin korkeisiin kerrostaloihin. (13)

4.4 Lämmön talteenotto

Poistettaessa lämmennyttä jäteilmaa asuintaloista ilman sisältämä lämpöenergia menee suoraan harakoille. Tätä lämpöenergiaa voidaan myös hyödyntää. Koska Suomessa ulkoilma pääosin on sisäilmaa kylmempää, sen lämmittämiseen menee turhaan energiaa, kun sitä samalla poistuu jäteilman mukana rakennuksesta. LTO- eli lämmön talteenotto ottaa talteen talosta poistuvan jäteilman lämpöenergian lämmönsiirtimen avulla ja hyödyntää sitä sisäilman lämmittämiseen. (14) Poistoilmasta talteen otettua lämpöenergiaa voidaan myös hyödyntää rakennuksen tilojen lämmityksessä tai käyttöveden lämmityksessä (29).

Lämmöntalteenoton hyötysuhde kertoo, kuinka suuri osa hukkalämmöstä saadaan talteen rakennuksesta poistuvasta poistoilmasta. Lämmöntalteenottolaitteiden tehokkuudesta käytetään terminä usein vuosihyötysuhdetta. Esimerkiksi 75 % vuosihyötysuhde tarkoittaa, että 75 % poistuvasta lämmöstä voidaan hyötykäyttää ulkoa tulevan ilman lämmitykseen. Arvo kertoo, kuinka monta prosenttia ilmanvaihdon tarvitsemasta lämmitystarpeesta voidaan kattaa lämmön talteenoton avulla, eli kuinka paljon energiaa säästyy. Vuosihyötysuhde ei kuvaa vain laitteen ominaisuuksia, vaan kuvaa tarkemmin ilmanvaihtokokonaisuuden todellista hyötysuhdetta. Vuosihyötysuhde tarkoittaa koko rakennuksen ilmanvaihdolle laskettavaa arvoa. (14)

Yleisesti kun halutaan ottaa talteen lämpöenergiaa poistoilmasta, tulee varmistua poistoilman luokitukselta. Rakennuksesta poistettava jäteilma jaetaan neljään eri luokkaan (1–4). Luokan 1 poistoilma on puhtain ja muodostuu pääosin ihmisistä tai rakenteista

lähtöisin olevista epäpuhtauksista. Luokan 4 poistoilma on likaisin ja sisältää merkittävässä määrin enemmän epäpuhtauksia kuin luokan 1 jäteilma. Tämän luokan ilmaa ei voida käyttää sellaisenaan palautus- tai siirtoilmana huoneistoissa. Esimerkiksi kun halutaan ottaa lämpöenergiaa talteen luokan 4 poistoilmasta, on käytettävä virtaavan väliaineen välityksellä toimivaa lämmön talteenottoa, jotta tulo- ja poistoilmat eivät pääse sekoittumaan keskenään. Lämmöntalteenottolaitteen paineet suunnitellaan siten, että vuotoilma virtaa suurimmaksi osaksi tuloilmapuolelta poistoilmapuolelle. Ilmanvaihdon poistoilmasta talteen otettavan lämpömäärän tulee olla vähintään 30 % ilmanvaihdon lämmityksen vaatimasta lämpömäärästä, jotta se olisi kannattavaa käyttää. Aina ei kuitenkaan ole järkevää hyödyntää lämmön talteenottoa. Jos poistoilman lämpötila lämmityskaudella on alle +15 astetta tai se on erityisen likaista, lämmön talteenoton rakentaminen ei ole kannattavaa. (2)

Lämpöenergian tarvetta voidaan pienentää esimerkiksi parantamalla rakennuksen vaipan tiiveyttä tai lämmöneristystä. Lämmön talteenoton ja tuloilman tehokas suodatus perustuu pitkälti siihen, kuinka tiivis rakennuksen vaippa on. Tiiviys mahdollistaa sen, että ilmaa ei pääse karkaamaan vaan kaikki ilma saadaan kiertämään ilmanvaihtojärjestelmän kautta. (11)

5 Tarve ilmanvaihtojärjestelmien saneeraukselle

Vanhemman rakennuskannan ilmanvaihtojärjestelmän korjaamis- tai uusimishanke saa yleensä alkunsa siitä, että asukkaat ilmoittavat kokemistaan epämukavuuksista. Tunkkainen sisäilma, tilojen välillä siirtyvät epämiellyttävät hajut tai meluhaitat ovat yleisiä epämukavuuteen ja viihtyvyyteen vaikuttavia asioita. Myös vedon tunne, ikkunoiden huurtuminen tai ilman kuivuus voivat aiheuttaa käyttäjälle epämukavuuden tunnetta. Usein nämä asiat ovat viitteitä siitä, että ilmanvaihtojärjestelmä ei toimi oikealla tavalla, kanavisto vaatii korjausta tai että tiloissa on kosteus- ja homevaurioita.

Myös energiatehokkuusvaatimukset ovat kiristyneet. Muuttuneet vaatimukset johtavat vanhemmassa asuinkerrostalokannassa usein erilaisten energiansäästöhankeiden suunnittelun lisääntymiseen. Pelkkä rakenteiden tiivistäminen ja korjaaminen eivät välttämättä riitä tekemään rakennuksen käytöstä energiatehokkaampaa. Arviolta noin 15 % kokonaislämpöhäviöistä aiheutuu ikkunoiden vuodoista, 17 % rakennuksen ulkovaipan

vuodoista ja jopa 36 % ilmanvaihtojärjestelmän lämpöhäviöistä. Osakkaiden maksamista yhtiövastikkeesta 1970-luvulla rakennetusta talossa voi jopa 20 % kulua pelkästään lämmityskustannuksiin.

Vaikka asukkaat pelkäävät remonteista aiheutuvia kustannuksia, ei tule kuitenkaan unohtaa, että kiinteistön arvo usein nousee korjaustoimen seurauksena. Tulevaisuudessa tullaan näkemään myös lisääntyvissä määrin huoneistokohtaisia mittareita. Näin jokainen asukas voi itse vaikuttaa kuluihinsa. Huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet, vesimittarit ja energiamittarit antavat käyttäjälle todellisen kulutuksen kuvan, ja sen myötä kuluttaja voi itse vaikuttaa suoraan käyttämänsä energian- ja vedenkulutukseen.

Se, että jokaisessa huoneistossa on omat laitteet, joita asukas voi itse säätää, ei poista sitä, että myös niiden käyttäminen aiheuttaa kuluja. Kuluja muodostuu laitteiden käytöstä ja huoltotoimenpiteistä. Kun jokaisessa asunnossa on omat laitteensa, nämä kulut myös kohdistuvat jokaiselle asunnon asukkaalle, eikä taloyhtiöille yhteisenä kuluna. Arvion mukaan tasaisin väliajoin tehtävä kanaviston puhdistus ja ilmajohdon säätö maksaa asuinkerrostalossa noin 1–2 €/m². (11)

Hintaan vaikuttaa merkittävästi, minkälainen kohde on kyseessä ja minkälainen ilmanvaihtojärjestelmä rakennuksessa on. Hintaan vaikuttaa myös rakennuksen lattian pinta-ala, venttiilien määrä ja se mitä muita toimenpiteitä urakkaan tarvitaan. Suositus huoltovälille on 1–10 vuotta riippuen käyttökuormituksesta. Asuinkerrostaloissa huoltoväli on yleensä noin 10 vuotta. (15)

Kun hanketta suunnitellaan, järjestelmälle tehdään nykyaikainen kuntokartoitus. Samalla voidaan myös tarkastella kunnostus- ja uusimismahdollisuuksia tai todeta vanhan järjestelmän käyttöajan täytyneen. Joskus voidaan hyödyntää vanhoja järjestelmiä kokonaisuudessaan ja joskus yksittäisiä osia. Kustannustehokkaat ratkaisut otetaan nykyään huomioon jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. (11)

6 Ilmanvaihdon saneerauksen vaiheet

Laadukkaan peruskorjauksen suunnitteluun ja toteuttamisen mahdollistamiseksi tarvitaan mahdollisimman kattavat lähtötiedot. Rakennuksen, rakenteiden ja laitteiden kunnon sekä nykytilanteen selvittäminen mahdollisimman tarkasti on lopputuloksen osalta olennaista.

6.1 Tarveselvitykset

6.1.1 Korjaustarpeet

Jos ilmanvaihtojärjestelmää korjataan tai muutetaan, pyritään siihen, että uusi järjestelmä vähintään säilyttää tai parantaa entisen järjestelmän ilmanvaihdon laatutasoa. Kun hanketta valmistellaan, tehdään yleensä tarveselvitys, jossa selvitetään, mitä mahdollisia tarpeita ilmanvaihtojärjestelmän korjaamiselle olisi. Korjaustarpeet voivat olla toiminnallisia, rakennus- tai LVI-tekniisiä.

Toiminnalliset tarpeet voivat olla asukkaiden omiin mieltymyksiin perustuvia, esimerkiksi tilan käyttötarkoituksen muuttuminen, lisätilan tarve tai materiaaleja koskevia muutoksia. Rakennetekniset korjaustarpeet koskevat esimerkiksi kosteus- ja homevauriutilanteissa materiaalien uusimista, lattian kallistusten ja putkiasennusten muutoksia tai rakennustarvikkeiden päästöjä. Vanhat vedeneristykset voivat olla puutteellisia, ja kosteutta voi olla havaittavissa, myös asbestia on voitu käyttää eristyksissä.

LVI-tekniset korjaustarpeet voivat olla esimerkiksi ilmanvaihdon riittämättömyys, putki-
vuodot tai havaitut vuotoriskit, kaivojen uusimiset tai vesikiertoisen lattialämmityksen lisääminen. (16, s. 26.)

6.1.2 Käyttäjäkysely

Tarveselvityksen ohella voidaan tehdä myös käyttäjäkysely. Kyselyssä tiedustellaan LVIS-järjestelmissä havaittuja virheitä ja puutteita. Yleisimmät käyttäjien ilmoittamat viat ovat huono sisäilman laatu, heikko ilmanvaihto sekä hajujen leviäminen rakennuksen sisällä. (11)

6.2 Kuntoarvio

Kuntoarviossa voidaan arvioida sisäilman laatua, viihtyvyyttä ja kosteuden hallintaa. Myös laitteiden ja ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta tarkastellaan ja laitteiston jäljellä oleva käyttöikä arvioidaan. Sisäilman laatua tarkkaillaan henkilöiden oireiden, tunkkaisuuden ja esimerkiksi hajujen esiintymisen perusteella. Myös kosteuden esiintymistä rakenteissa arvioidaan.

Kuntoarviossa rakenteet, vesi- ja viemärlaitteiden ja ilmanvaihtolaitteiden kunto arvioidaan silmämääräisesti. Silmämääräisen tarkastelun lisäksi voidaan käyttää myös mittalaitteita apuna alustavaan kartoitukseen. Pintakosteuden tunnistinta, ilmavirtausmittaria ja lämpömittaria käytetään usein arvioinnin yhteydessä.

6.3 Kuntotutkimus

Kuntokartoituksen tai -arvion perusteella voidaan tarvittaessa tehdä tarkempia tutkimuksia. Arvioiden perusteella valitaan tarkempia tutkimuksia vaativat kohteet tai laitteet. Kuntotutkimuksissa voidaan tutkia rakenteita ainetta rikkovien menetelmien avulla tai tarkemmilla mittalaitteilla. Ilmavirta- ja painesuhteiden mittauksia sekä kosteuden ja sisäilmaston olosuhteiden seurantamittauksia voidaan myös toteuttaa pidemmän aikaa kestävässä seurantajakson muodossa. (1; 16, s. 26–27.)

Ilmanvaihtojärjestelmän tutkimuksen yhteydessä voidaan käyttää erilaisia tutkimusmenetelmiä. Tarkemman tiedon esimerkiksi hormiston kunnosta voi saada selville videokuvalla, merkkisavukokeiden tai kuulauksen avulla. (17)

7 Ilmanvaihdon saneerauksessa huomioitavat asiat

Ilmanvaihtojärjestelmien uusiminen ei ole täysin ongelmaton. Uusimisten yhteydessä on havaittu muun muassa hygienia- ja ääniongelmia sekä kohonnutta lämmitysenergian ja sähkön kulutusta. Myös huoltokustannukset ovat voineet kasvaa.

Jotta välttytäisiin tällaisilta ongelmilta, taloyhtiön kannattaisi jo hankkeiden suunnittelu- vaiheissa kääntyä ammattilaisten puoleen, vaikka se toisi hieman enemmän kuluja. Ilmanvaihtojärjestelmien korjaamisen tai uusimisen suunnittelussa ja päätösten teossa on järkevää hyödyntää saatavilla olevaa ammattiosaamista toimivan lopputuloksen varmistamiseksi. Kohteeseen sopimattomat ja kalliit ratkaisut voivat aiheuttaa ongelmia ja nostaa todellisia kustannuksia korkeiksi. Oikeiden materiaalien, laitteiden ja järjestelmien valinta on siis olennaista myös kustannustehokkuuden kannalta. Suunnittelijoiden, viranomaisten ja urakoitsijoiden kesken hyvä yhteistyö on tärkeää toimivaa ratkaisua haettaessa. (11)

7.1 Korjausten laajuus

Vaikka ilmanvaihtoon liittyvien hankkeiden kustannukset voivat olla suuria, niiden toteuttaminen on loppujen lopuksi yleensä kannattavin vaihtoehto. Niiden tilalla tehtävät rakennustekniset työt, esimerkiksi ulkoseinärakenteiden korjaaminen tai tiivistäminen, voivat koitua vielä kalliimmaksi vaihtoehdoksi. Vanhojen talojen rakenteista voi kulkeutua epäpuhtauksia ja kosteutta hallitsemattomien ilmapirtausten mukana, ja nämä voivat aiheuttaa sisäilman laadun heikkenemistä. Ilmanvaihtojärjestelmän korjaamisella tai kunnostamisella voidaan hallita ilman kulkeutumista ja välttää epäpuhtauksien leviämistä huoneilmaan. Välipohja- ja ulkoseinärakenteiden korjaamiskustannukset voivat olla jopa useita satoja euroja neliötä kohden. (18)

Olemassa olevaa ilmanvaihtojärjestelmää ei välttämättä tarvitse uusia kokonaan. Vanha järjestelmä voi olla pääosin käyttökelpoinen, jos se täyttää tietyt ehdot. Järjestelmän tulee olla nykyisten vaatimusten mukainen, esimerkiksi tiiveyden osalta, palomääräykset täyttävä ja tietysti tarpeeksi tehokas tuottamaan tarpeelliset ilmamäärät ja ilmanvaihtuvuus. Vanha järjestelmä voi olla toimiva, jos rakennuksessa ei tehdä suuria tilamuutoksia

tai rakennuksen käyttötarkoitusta muuteta. Tilamuutokset aiheuttavat ilmanvaihtojärjestelmässä epätasapainoa, kun asetetut arvot ilmajäähdykselle eivät vastaakaan uusien tilojen tarpeita. (16, s. 108–109.)

Ilmanvaihtojärjestelmän korjaamis- ja uusimistarpeen laajuuden määrittelee sekä lähtötilanne, että mahdolliset rakennuttajan asettamat tavoitteet sisäilman laadulle ja energiankulutukselle. Painovoimaisen järjestelmän korjaamiseksi voi riittää pelkkä kunnostus, jos erityisiä vaatimuksia ei aseteta. Jos vaatimukset koskevat esimerkiksi sisäilman laatua, lämpöolojen hallintaa tai energiankulutusta, tulee valita uusi koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, joka varustetaan lämmön talteenotolla. (11)

7.2 Paloturvallisuus

Myös palo-osastointi tulee huomioida uutta järjestelmää suunniteltaessa. Ilmanvaihtokoneiden ja -konehuoneiden sijoitus, koneiden vaikutusalueet ja järjestelmän ilmanvaihtotyypit määräytyvät osittain sen mukaan, miten rakennusten tilojen palo-osastointi on muodostettu. Myös tilojen palokuormat vaikuttavat tuleviin asennuksiin. Esimerkiksi ravintoloille on järjestettävä oma ilmanvaihtojärjestelmä koneineen ja vähintään poistoilmakanavat eristettävä paloturvallisuuden takia. (16, s. 108.)

7.3 Koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän vaatimat asennustilat

Kun kohteeseen harkitaan koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän hankintaa, tulee huomioida myös uusien laitteiden sijoitukset ja niiden vaatimat tilat. Jos asuinkiinteistö on suuri kerrostalo, ilmanvaihto on helpompi järjestää yhdellä tai vain muutamalla keskuskooneella. Koneet ovat tuolloin myös suurempia ja vaativat suuremmat asennustilat.

Vanhoista rakennuksista ei välttämättä löydy sopivia tiloja uudelle tekniikalle. Vanhempien rakennusten kattorakenteen ollessa sopiva, antaa se mahdollisuuden uusien tilojen rakentamiselle. Erilliset ilmanvaihtokonehuoneet voidaan nostaa paikalleen elementteinä, ja ne sijoitetaan usein vesikatolle. (16, s. 109.) Kuvassa 11 näkyy vesikatolle sijoitettu erillinen konehuone.



Kuva 11. Katolle sijoitettu erillinen ilmanvaihtokonehuone (1)

Katolla sijaitsevien ilmanvaihtokonehuoneiden vaikuttaessa rakennuksen julkisivuun ja ympäristöön lopullisen sijoituksen määrää rakennusvalvontaviranomainen (16, s. 109). Vanhat rakennukset voivat olla suojelukohteita, ja niissä tehtävät rakennustekniset työt ovat museoviraston valvonnan alla, joten julkisivuun vaikuttavien muutosten tekeminen voi olla hankalaa. (16, s. 109;18)

Joissain tapauksissa vanhat hissit muutetaan konehuoneettomiksi hisseiksi saneerausten yhteydessä ja tällöin vanhat hissikonehuoneet jäävät tyhjiksi. Näitä ja muita saneerauksessa vapautuvia tiloja, esimerkiksi kellareita, voidaan hyödyntää tekniikan sijoittamisessa. (16, s. 109.)

8 Ilmanvaihdon peruskorjauksen vaihtoehdot

Vanhat olemassa olevat ilmanvaihtojärjestelmät voidaan kunnostaa eri tavoin. Liitteessä 2 on esitetty peruskorjaukseen liittyviä toimenpidevaihtoehtoja. Remonttien yhteydessä pyrkimyksenä on aina yltää sisäilmalle asetettujen vaatimusten tasolle, myös uudistetun tai uuden järjestelmän avulla. (1)

8.1 Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän kunnostaminen

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän kunnostukseen kuuluu useimmiten järjestelmän kunnan tarkastus, koko järjestelmän puhdistus, perussäätö sekä mahdollisten korvausilmaventtiilien asennus (11). Vanhoissa rakennuksissa on havaittu, että monet ulkoseinissä olevat korvausilmaventtiilit on muurattu umpeen, peitetty rakennusmateriaaleilla tai poistettu kokonaan. Hallittujen tuloilmareittien avulla voidaan parantaa järjestelmän toimintaa varmistamalla tuloilman tuominen rakennukseen. (19)

Seuraavissa luvuissa on tietoa painovoimaisen järjestelmän eri kunnostustavoista. Samoja kunnostustapoja voidaan käyttää myös muiden ilmanvaihtojärjestelmien korjauksissa.

8.1.1 Hormien kunnostus

Painovoimaisissa järjestelmissä voi olla käytössä vanhoja rakenneaineisia hormoneja. Hormeissa voi olla havaittavissa halkeamia ja rakoja. Koska myös rakenneaineisten hormien tiiveys on tärkeää järjestelmän toiminnalle, heikossa kunnossa olevat hormit voidaan kunnostaa esimerkiksi pinnoittamalla slammaustekniikalla, sukittamalla tai asentamalla hormiin uusi peltikanava.

Hormin slammaus käsittää hormin sisäpinnan massoituksen liukuvalumenetelmällä. Massaa valutetaan juuttikankaan avulla hormin sisäpinnalle. Hormin rappeumat ja halkeamat saadaan korjattua, ja hormista tulee tiivis. Tämän tekniikan etuna on se, että hormin pinta-ala ei pienene ja hormi täyttää tämän päivän tiiveys- ja palomääräykset, kun mahdolliset eristysvaatimukset huomioidaan. (20)

Hormin sukituksella tarkoitetaan hormin sisälle asennettavaa kumisukkaa tai -letkua. Sukka muotoillaan paineilman avulla muotoonsa ja kovetetaan höyryllä. Näin saadaan hormin sisälle uusi ilmakehä. Sukitustekniikan hyöty on siinä, että järjestelmää ei tarvitse nuohota ja sukkaa voidaan asentaa myös hankaliin paikkoihin eikä tekniikkaa käyttämällä pienennetä hormin pinta-alaa. Tähän tekniikkaan perustuu esimerkiksi FuranFlex-metodi. Kuvissa 12 ja 13 on esitetty FuranFlex-metodin käyttöä. (21)

Hormeja voidaan myös kunnostaa asentamalla sinne uutta sinkittyä tai haponkestävää pyöreää kanavaa. Ilmakanavasta tulee samalla tiivis, ja se vastaa palomääräyksiä. Tosin kanavaa pystytään asentamaan vain suoriin hormeihin ja pyöreän putken asentaminen perinteiseen neliönmuotoiseen rakenneaineiseen hormiin voi tuottaa ongelmia. (16, s. 109; 22)



Kuva 12. FuranFlex-hormin sukitus (21)



Kuva 13. FuranFlex-hormin sukitustapa (21)

8.1.2 Ilman suodatus

Painovoimaisessa järjestelmässä ilman laatua voidaan parantaa johtamalla raitisilma suodattimen läpi ennen vientiä sisätiloihin. Suodatin vaatii säännöllistä huoltoa, ja sen aiheuttama painehäviö järjestelmässä tulee huomioida järjestelmän mitoituksessa. (11)

8.1.3 Raitisilmamäärän lisääminen

Tarpeellisen määrän tuloilmaa ja sen tuomista sisätiloihin voidaan helpottaa asentamalla uusia raitisilmaventtiileitä. Venttiilit voidaan sijoittaa esimerkiksi ikkunan karmiin tai ikkunapenkkiin. Vaihtoehtona on myös vanhan olemassa olevan ikkunan vaihto uuteen tuloilmaikkunaan. Jos rakenteisiin ei haluta tehdä erillisiä reikiä raitisilmaventtiileitä varten, voi tuloilmaikkunan asennus olla järkevää. Tuloilmaikkuna mahdollistaa raitisilman tuonnin sisätiloihin aiheuttamatta mahdollista vedon tunnetta. Ilma liikkuu ikkunan yhteydessä olevien raitisilmaventtiileiden läpi ja jakautuu laajalle alueelle leveänä ilmasuihkuna sisätiloissa. Tosin, jos hankkeessa ei ole aikomuksena uusia ikkunoita, tämä vaihtoehto voi tulla kalliiksi.

Raitisilman hyvän virtauksen varmistamiseksi voidaan myös asentaa lämmityspatterin taakse tulevia raitisilmaventtiileitä. Tämä vaihtoehto on helposti toteutettavissa pattereiden tai venttiilien uusimisen yhteydessä. Kylmä raitisilma lämpenee patterin vaikutuksesta ja nousee ylöspäin kohti poistoilmaventtiileitä. Näin ollen kylmän ilman aiheuttama vedon tunnetta ei esiinny.

Yleisesti voidaan myös asentaa termostaateilla varustettuja raitisilmaventtiileitä. Venttiili säätyy itsestään ulkona vallitsevan lämpötilan perusteella, ja näin voidaan helpommin vaikuttaa sisätilojen lämpötilaan ja ilman virtaukseen. (1)

Jotta ilma vaihtuisi tehokkaasti sisätiloissa, raitisilmaventtiilien lisäämisen lisäksi voidaan tehdä muutoksia rakenteisiin. Ovirakomenettelyssä ovien alareunaa voidaan lyhentää tai oviaukkoa muuttaa, jotta ilma vaihtuisi ilmarakojen kautta. Oven yläpuolelle voidaan myös asentaa siirtoilmasäleikkö ilman vaihtumisen parantamiseksi. (19)

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän perussäädön hinnat ovat arviolta 40–50 asunnon asuinkerrostalossa noin 2 000–4 000 €. Jos venttiilejä tai muita toimilaitteita joudutaan vaihtamaan kokonaan uusiin, hinta nousee materiaalikulujen perusteella. (11)

8.2 Koneellisen poistoilmanvaihdon kunnostaminen

Koneellista poistoilmanvaihtojärjestelmää kunnostaessa voidaan järjestelmää huoltaa, puhdistaa, tiivistää ja korjata. Jos nämä toimenpiteet eivät ole järkeviä tehdä kustannussyistä, koko järjestelmän uusiminen voi olla kannattavampaa. (Liite 2.)

Samalla tavalla kuin painovoimaisessa järjestelmässä, koko järjestelmän ja kaikkien sen komponenttien tiiveys on olennaista järjestelmän toiminnan kannalta. Hormien kunnostus voi myös tässä tilanteessa parantaa järjestelmän toimivuutta pienempien vuotojen takia. Jos vanhoja hormoneja voidaan kunnostaa ja käyttää myös jatkossa, voidaan koneellisen poistoilmanvaihdon parantamiseksi asentaa uusia poistoilmaventtiilejä.

Koska koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä poistoilman vienti pois rakennuksesta toteutetaan laitteilla, kuten poistoilmapuhaltimilla ja pumpuilla, laitteiden toiminta vaikuttaa myös järjestelmän tehokkuuteen. Laitteiden uusiminen voi olla osa järjestelmän kunnostusta. Uudet laitteet kuluttavat vähemmän energiaa ja takaavat tarpeellisen ilman vaihtuvuuden. Sisätiloissa huippuimureista tai pumpuista aiheutuvia äänihaittoja voidaan minimoida lisäämällä äänenvaimentimia järjestelmään. (1)

Samoin kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa tuloilman virtaus sisätiloihin on olennaisessa roolissa tässä järjestelmässä. Varmistamalla tuloilmaventtiilien riittävyys voidaan parantaa järjestelmän toimintaa. (10, s. 171.)

9 Ilmanvaihtojärjestelmien perusparannusvaihtoehtojen tarkastelu

Ilmanvaihtojärjestelmän perusparannus perustuu siihen, että sen kunnostaminen uusilla toiminnoilla, laitteilla tai varusteilla tuo lisäarvoa sisäilman laadulle ja asumisviihtyvyydelle ja samalla energiankulutus pienenee. (1)

Jos kohteeseen suunnitellaan ilmanvaihtojärjestelmän perusparannusta, kannattaa hanke toteuttaa mahdollisen linjasaneerauksen yhteyteen. Linjasaneerauksessa vesi- ja viemäriinjat, ja mahdollisesti myös lämpölinjat, uusitaan. Kun vanhoja hormoneja ja rakenteita joudutaan joka tapauksessa purkamaan, ilmanvaihtojärjestelmän asennuksia voidaan tehdä kustannustehokkaasti samalla.

Jos ilmanvaihtojärjestelmän perusparannusta ei toteuteta linjasaneerauksen yhteydessä, kustannukset voivat nousta korkeiksi. Aiemmassa saneerauksessa korjattuja rakenteita voidaan joutua avaamaan ja märkätiloissa uusittuja pintoja rikkomaan ilmanvaihdon uuden tekniikan asennusten takia. (18)

Seuraavassa luvussa käsitellään eri perusparannusvaihtoehtoja. Myöhemmin esitetään myös esimerkkejä kohteista, joissa on toteutettu erilaisia ilmanvaihtojärjestelmien perusparannuksia.

9.1 Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän perusparantaminen

Kun järjestelmää kunnostetaan ja hormit saadaan tiiviimmiksi, myös ilmamäärät lisääntyvät ja näin ollen energiankulutus voi kasvaa. Kun painovoimaista ilmanvaihtoa verrataan koneelliseen poistojärjestelmään, energiankulutuksessa on selkeä eroavaisuus. Painovoimaisella ilmanvaihdolla ei ole varsinaista energiankulutusta, mutta järjestelmän koneellistaminen aiheuttaa suurempaa sähkönkulutusta. (23)

Kun painovoimaista järjestelmää perusparannetaan muuttamalla se koneelliseksi järjestelmäksi, voidaan tilat uusille ilmakehille ja nousukuiluille saada esimerkiksi purkamalla vanhoja rakenneaineisia ilma- ja savuhormeja. Yhteiskanavaperiaatteella päällekkäisten tilojen poistot voidaan liittää yhteiseen kunnostettuun hormiin, ja näin vain osa alkuperäisistä rakenneaineisista hormeista täytyisi kunnostaa. Loput voidaan poistaa käytöstä tai ne voidaan hyödyntää esimerkiksi putkikuiluna. Uusien kanavien asennusten myötä tulee varmistua siitä, ettei asuintiloista tule liian matalia uusien koteloiden ja katossa kulkevien kanavien vuoksi. (11; 16, s. 109.)

Painovoimaisen järjestelmän muuttaminen koneelliseksi ilmanvaihtojärjestelmäksi asettaa tiettyjä edellytyksiä. Vanhan ilmanvaihtojärjestelmän olemassa olevat kanavat, hormit ja niihin liittyvät laitteet tulee kunnostaa tai uusia kokonaan koneelliseen järjestelmään sopiviksi. Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä vaatii ilmanvaihtokoneita, joko keskitetyn menetelmän mukaan esimerkiksi vesikatolle asennettuna tai sitten asuntokohtaisesti asennettuna. Kun painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä muutetaan koneelliseksi tulo- ja poistojärjestelmäksi, myös tuloilmakanavia ja laitteita lisätään ja tuloilmakoneet varusteineen asennetaan.

Vanhan ilmanvaihtojärjestelmän uusimisessa tulee huomioida nykypäivän paloturvallisuusvaatimukset. Liesituulettimet tulee liittää rasvakanavaan, joka johdetaan paloeristettynä katolle omana kanavana ja paloturvallisuussyistä näitä ei saa liittää normaaliin ilmanvaihdon poistokanavaan. (1)

Kunnostamisen yhteydessä lisäkuluja voi ilmaantua hankkeen edetessä. Hormien heikko kunto voi tulla yllätyksenä ja aiheuttaa korjaustoimenpiteitä. Myös muita yllättäviä kustannuksia, muiden korjaustoimenpiteiden vuoksi voi esiintyä, ja tämä voi lopulta joh-

taa siihen, että painovoimainen järjestelmä muutetaan vähintään koneelliseksi poistoilmanvaihtojärjestelmäksi. (11) Kun mietitään painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän perusparantamisen kustannuksia, voidaan todeta, perusparantaminen kannattaa tehdä. Välipohja- ja ulkoseinärakenteiden korjaamiskustannukset voivat maksaa jopa useita satoja euroja neliötä kohden, kun perusparannuksessa tehtävät korjaukset, esim. hormien kunnostukset maksavat arviolta noin 44 €/m². (18)

9.2 Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän perusparantaminen

Kun koneellista poistoilmajärjestelmää muutetaan koneelliseksi tulo- ja poistojärjestelmäksi tai siihen lisätään pelkkä lämmön talteenotto, uusia asennuksia joudutaan tekemään.

Kun perinteinen koneellinen poistojärjestelmä muutetaan tulo- ja poistojärjestelmäksi, järjestelmään pitää rakentaa uusi tuloilmajärjestelmä kanavineen ja laitteineen. Poistoilmajärjestelmissä on usein riittävää huoltoa ja korjata mahdolliset vauriot. Poistoilmalaitteita voidaan myös joutua uusimaan venttiileiden ja muiden päätelaitteiden lisäksi. (1; 16, s. 108.)

Koneellista poistoilmajärjestelmää parannettaessa on kannattavaa lisätä siihen lämmön talteenotto. Jäähdytys, ilman suodatus ja jopa ilman kostutus voidaan mahdollisuuksien mukaan lisätä tulojärjestelmään perusparannusten yhteydessä. (16, s. 108.)

9.3 Lämmön talteenoton lisääminen

Lämmön talteenottoa lisätään useimmiten vain koneelliseen ilmanvaihtojärjestelmään. Poistoilmasta talteen otettava lämpöenergia hyödynnetään ulkoa otettavaan raitisilman lämmittäminen ja järjestelmän lisäys aiheuttaa muutoksia konehuonetiloissa, kanavoinnissa ja tietysti ilmanvaihtokoneiden varustelussa. Painovoimaisessa ja koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä lämmön talteenotto voidaan toteuttaa esimerkiksi tuloilmaikkunan avulla. (1)

Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä poistoilman lämmön talteenotto voidaan toteuttaa myös poistoilmalämpöpumpputekniikalla. Koneellisen poistoon lisätty lämmöntalteenottojärjestelmä toimii samalla periaatteella kuin muutkin ilmanvaihtoon lisättävät lämmöntalteenottojärjestelmät, poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia hyödynnetään muissa rakennuksen järjestelmissä. Lämmöntalteenottojärjestelmät varustetaan useimmiten lämmöntalteenottokennostolla, puhaltimilla ja lämpöpumpuilla. Järjestelmää voidaan hyödyntää toisen lämmityslähteen, esimerkiksi kaukolämmön rinnalla. (29)

10 Kaukojäähdytys

Asumisviihtyvyyteen vaikuttaa suuresti lämpöolot. Kesähelteillä sisälämpötila ei saa nousta liian korkeaksi, tai ihmiset alkavat kärsimään siitä. Toimisto- ja liiketilojen viilennys on ollut tavallista jo useiden vuosien ajan, nyt samaa mukavuutta halutaan myös asumiseen. Talokohtaisen jäähdytyslaitteiston tilalla voidaan joillain alueilla käyttää kaukolämmön rinnalla tarjottavaa kaukojäähdytystä. Kaukojäähdytystä ei ole tarjolla yhtä laajasti kuin kaukolämpöä, mutta joillakin suuremmilla alueilla kaukojäähdytys on varteenotettava vaihtoehto. Kaukojäähdytystä tarjoavat mm. seuraavat energiayhtiöt: Helen, Turku Energia, Lahti Energia sekä Fortum, ja kaukojäähdytystä on saatavilla seuraavilla alueilla: Turku, Tampere, Espoo, Helsinki, Lahti, Heinola, Pori ja Lempäälä. (24; 25.)

Kaukojäähdytys toimii kuten kaukolämpö, mutta lämpimän veden sijasta keskitetyissä putkistoissa siirretään jäähdytettyä vettä. Jäähdytettyä vettä voidaan käyttää erilaisten tilojen ilman viilentämiseen tai teollisuuden prosesseissa. Lämmennyt paluuvettä voidaan puolestaan hyödyntää kaukolämmityksessä. Jäähdytysvettä käsitellään samalla tavalla kuin kaukolämpövettä. Käytössä lämmennyt jäähdytysvesi johdetaan takaisin jäähdytyslaitokselle, jossa se jäähdytetään uudelleen.

Rakennuskohtaiseen jäähdytysjärjestelmään verrattuna kaukojäähdytys on ympäristöystävällisempää. Jäähdytysenergiaa voidaan tuottaa suuremmissa yksiköissä, jolloin jäähdytys voidaan toteuttaa energiatehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. Rakennuksissa ei vaadita erillisiä jäähdytyskoneistoja, jolloin niiden huoltotarvetta ja kunnossapi-

totarvetta ei ole. Erillisiä jäähdytyskoneita ei tarvitse sijoittaa rakennukseen, joka vapauttaa tilaa muille toiminnoille, eikä rumentavia ulkoyksiköitä tarvitse sijoittaa rakennuksen ulkoseinille. Myös ilma- ja runkoäänihaitat vältetään, eikä tärinähaittoja ole. (25)

Kaukojäähdytysverkon kytkentä talon jäähdytysjärjestelmään voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: suoraan tai epäsuoraan. Suorassa tavassa kaukojäähdytysverkon jäähdytysvesi kiertää suoraan talon omassa jäähdytysverkostossa. Epäsuorassa kytkentätavassa käytetään erillistä jäähdytyspiiriä. Talon jäähdytyspiirin ja kaukojäähdytysverkon väliin sijoitetaan lämmönvaihdin. Suositeltavampi tapa on käyttää epäsuoraa kytkentää, kuten kaukolämpöverkossa. Suoraa kytkentää voidaan käyttää erityistapauksissa pienissä kohteissa, joissa yleensä on vain 2–3 asiakasta. (26)

Jäähdytysjärjestelmän lisääminen onnistuu rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmään, jos rakennuksessa on jo tuloilmalaitteet. Yleensä asuinrakennuksissa ei tarvita ilman kostutusta tai erityissuodatusta. Jäähdytysjärjestelmän suunnittelussa tulee erityisesti huomioida järjestelmän mitoitus, huoneistokohtainen säätömahdollisuus ja lauhduttimien sijoitus. Ilmanvaihtojärjestelmän kanavien lisäeristämistä voidaan tarvita. Tämä voi olla hankala toteuttaa erityisesti tilanpuutteen takia. Usein toimiva ratkaisu tällaisessa tapauksessa on asentaa asuntokohtaiset jäähdytyksellä varustetut ilmanvaihtokoneet. (1)

11 Referenssikohteet

Tässä luvussa esitellään neljä eri kerrostalokohdetta, joissa toteutettiin ilmanvaihdon perusparannus, ja yksi kohde, johon asennettiin kaukojäähdytysjärjestelmä. Luvussa käsitellään myös perusparannusten kustannuksia. Kustannuslaskennassa tarkastellaan eri perusparannushankkeiden kustannuksia sekä investointien että mahdollisten säästöjen näkökulmasta. Kaikki kohteet ovat samantapaisia kerrostalokohteita. Kolme kohdetta sijaitsee Mikkelissä, yksi Jyväskylässä ja kaukojäähdytyksen referenssikohde sijaitsee Helsingissä.

Jokaisen perusparannushankkeen tarkemmat tiedot on esitetty omilla alaotsikoilla tässä luvussa. Arvioidut kustannukset ja takaisinmaksuajat on esitetty yhteenvedona kuvajissa luvussa 12 Kustannusvertailu.

11.1 Lähtötiedot

Kaikki tässä työssä tehdyt laskelmat perustuvat alla olevan taulukon 1 lähtötietoihin. Perusparannushankkeiden investointikustannukset ja toteutuneet energian kulutukset, ennen ja jälkeen saneerauksen, on saatu referenssikohteiden tiedoista. Vuodessa saatavat säästöt ja investoinnin takaisinmaksuajat on laskettu yhtenevästi samoilla energian hinnoilla, vuosikorotuksilla ja laskentakorolla, että hankkeita voitaisiin vertailla keskenään.

Kustannuslaskennassa arvioitiin jokaiselle järjestelmän perusparannushankkeelle takaisinmaksuaika. Laskelmissa otettiin huomioon 5 %:n laskentakorko ja energiahinnan vuosittainen 1 %:n korotus. Kaukolämmitysenergian hinnaksi arvioitiin 70 €/MWh ja sähköenergian hinnaksi 110 €/MWh. Kaukojäähdytykselle ei laskettu takaisinmaksuaikaa, koska järjestelmä ei tuo suoranaista säästöä lämmitysenergiassa.

Taulukko 1. Laskelmien lähtötiedot

Laskentakorko	5 %	
Lämmitysenergian hinta	70	€/MWh
Sähköenergian hinta	110	€/MWh
Energiahinnan korotus vuodessa	1 %	

Järjestelmien investointien kannattavuutta voidaan arvioida laskemalla niiden nykyarvo, arvioidun 30 vuoden teknisen käyttöiän lopulla. Jos nykyarvo jää positiiviseksi, on investointi ollut kannattava. Negatiivinen nykyarvo taas tarkoittaa, että investointikustannuksia ei ole saatu katettua syntyneillä säästöillä. Nykyarvo lasketaan seuraavalla kaavalla (31):

$$P = \sum_{k=1}^n \frac{T_k}{(1+i)^k} - I_0 \quad \text{Kaava (1)}$$

P on nykyarvo vuoden n lopussa

T_k on vuoden k säästö kuluissa, €

i on laskentakorko

I_0 on alkuinvestointi, €

Takaisinmaksuajan laskenta ja kustannusten vertailu uusien ja vanhojen järjestelmien välillä on haastavaa. Suuri osa uuden asennetun järjestelmän tuomasta hyödystä voidaan suoraan pitää yleisviihtyvyyttä lisäävänä ominaisuutena.

11.2 Painovoimainen ilmanvaihto koneelliseksi poistojärjestelmäksi

11.2.1 Kohteen lähtötiedot

Ensimmäinen referenssikohde on 4-kerroksinen kerrostalo Mikkelin keskustassa. Talossa on kolme maanpäällistä kerrosta ja yksi maanalainen kellarikerros. Rakennus on valmistunut vuosina 1957–1960. Asuinhuoneistoja talossa on 36, ja huoneistoala on yhteensä 1 528 m². Samassa rakennuksessa sijaitsee myös yksi liiketila.

Kohteessa muutettiin painovoimainen ilmanvaihto koneelliseksi poistoilmanvaihdoksi linjasaneerauksen yhteydessä vuonna 2011. Rakennustyöt toteutettiin porraskohtaisesti ajalla lokakuu 2010 – kesäkuu 2011.

Urakassa poistettiin vanhat painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän hormit ja vapautunut tila hyödynnettiin kylpyhuoneiden laajennuksissa. Kosteiden tilojen vesieristykset uusittiin ja uusien LVIS-järjestelmien asennuksiin vaadittavia purku- ja rakennustöitä tehtiin. Kylpyhuoneita laajennettiin siten, että kaikkiin huoneistoihin saatiin lisättyä suihkupisteet. Myös kaikki vesikalusteet uusittiin. Urakassa asennettiin uudet ikkunat ja parvekeovet ja ne varustettiin Bioben dB-korvausilmaventtiileillä.

11.2.2 Kustannukset

Hankkeen kustannuksista huomioitiin vain ilmanvaihtourakkaa koskevat kustannukset. Tarkemmat laskelmat on esitetty liitteessä 3.

Kustannukset olivat seuraavat: kokonaishankkeen investointi 1 302 697 €. LVI-urakan osuus oli 295 077 € ja koko LVIS-peruskorjauksen neliöhinnaksi muodostui 853 €/m².

IV-urakan yhteiskustannus urakoitsijan mukaan oli 66 600 €. IV-urakan hinta koostuu niistä rakennus- ja sähkötoista, joita jouduttiin tekemään IV-asennusten mahdollistamiseksi.

Ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannus laskettiin asuinneliöiden pohjalta ja kustannukseksi saatiin yhteensä 44 €/m². Hinta koostuu remontti- sekä LVI-laitteiston kustannuksista.

Urakan jälkeen lämmitysenergiankulutus on pienentynyt. Rakennuksen keskimääräinen lämmitysenergian kulutus oli ennen remonttia 354 MWh/a ja urakan jälkeen 301 MWh/a. Energiankulutuksen pienentymisen myötä saatu säästö laskettiin järjestelmän 30 vuoden arvioidulle käyttöajalle. Pelkän IV-urakan kokonaiskustannuksen takaisinmaksuajaksi saatiin syntyneellä säästöllä 33 vuotta. 30 vuoden aikana lämmitysenergiankulutuksen pieneneminen tuo 64 000 €n säästöt asunto-osakeyhtiölle. Järjestelmän nykyarvo 30 vuoden käyttöajan jälkeen oli –2 634 €, eli investointi ei ollut kannattava pelkästään lämmitysenergian kulutuksen pienenemisen näkökulmasta.

Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että laskelmien mukainen säästö ei koske vain ilmanvaihtourakan tuomia säästöjä. Myös muut urakassa tehdyt korjaukset ja parannukset, esimerkiksi uudet vesikalusteet ja ikkunoiden uusimiset, vaikuttavat merkittävästi lämmitysenergian kulutukseen ja sen myötä lopputulokseksi saatuun arvoon. (23)

11.3 Painovoimainen ilmanvaihto koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi LTO:lla

11.3.1 Kohteen lähtötiedot

Toinen referenssikohde on 4-kerroksinen kerrostalo Mikkelissä. Talossa on kolme maanpäällistä kerrosta ja yksi maanalainen kellarikerros. Rakennus on valmistunut vuosina 1954–1955. Asuinhuoneistoja talossa on 16, ja huoneistoala on yhteensä 714 m². Samassa rakennuksessa sijaitsee myös yksi liiketila.

Vuonna 2014 painovoimainen ilmanvaihto muutettiin koneelliseksi tulo- ja poistojärjestelmäksi lämmön talteenotolla varustettuna. Ilmanvaihdon perusparannus tehtiin LVIS-peruskorjauksen yhteydessä. Rakennustyöt toteutettiin talon ollessa täysin tyhjä ajalla toukokuu 2014 – lokakuu 2014.

Myös tässä kohteessa poistettiin vanhat painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän hormit ja vanhat kylpyhuoneet purettiin pintamateriaaleiltaan. Uusien LVIS-järjestelmien asennuksiin vaadittavia purku- ja rakennustöitä tehtiin. Kylpyhuoneita laajennettiin siten, että kaikkiin huoneistoihin saatiin lisättyä WC, allas, suihku ja varaus pyykinpesukoneelle. Urakassa lisättiin yhteiset sauna- ja pesulatilat kuivaushuoneineen ja asuntokohtaisia irtaimistovarastoja lisättiin. Kellarissa sijainnut liiketila muutettiin asunnoiksi, jotka asunto-osakeyhtiö laittoi myyntiin urakan valmistuttua.

11.3.2 Kustannukset

Hankkeen kustannuksista huomioitiin vain ilmanvaihtourakkaa koskevat kustannukset. Tarkemmat laskelmat on esitetty liitteessä 4.

Kustannukset olivat seuraavat: kokonaishankkeen investointi 873 004 €. Laskelmissa huomioitiin asuntojen myynnistä saatu tulo, jonka jälkeen kokonaisinvestoinniksi jäi 723 004 €. LVI-urakan osuus oli 189 968 € ja koko LVIS-peruskorjauksen neliöhinnaksi muodostui 1012 €/m².

IV-urakan yhteiskustannus oli urakoitsijan mukaan 169 600 €. IV-urakan hinta koostuu niistä rakennus- ja sähkötöistä, joita jouduttiin tekemään IV-asennusten mahdollistamiseksi.

Ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannus laskettiin asuinneliöiden pohjalta ja kustannukseksi saatiin yhteensä 238 €/m². Neliöhintaan vaikutti remontin valmistuttua kahden asunnon myynti, eli kustannus oli asuntokohtaisesti todellisuudessa laskettua pienempi. Asunto-osakeyhtiö sai hankkeeseen myös 10 %:n käynnistysavustuksen, joka pienensi kuluja entisestään.

Urakan jälkeen kiinteistösähkön kulutus nousi merkittävästi. Suuri vaikuttava tekijä tähän oli rakennetut yhteiset sauna- ja pesulatilat. Tiloissa on lattialämmitykset, eikä rakennuksessa ollut saunatiloja aiemmin ollenkaan. Saunatilojen rakentaminen huomioitiin kokonaiskustannuksissa, mutta se ei vaikuttanut ilmanvaihdon perusparannuksen urakan hintaan. Kun perusparannushankkeen takaisinmaksuaikaa laskettiin, tulokseksi saatiin reilusti yli 100 vuotta. Koko hankkeen kustannukset olivat suuria neliökohtaisesti, ja 30

vuoden ajanjaksolta säästöä lämmityskuluissa saatiin vain 50 578 €n verran. Järjestelmän nykyarvo 30 vuoden käyttöajan jälkeen oli – 119 022 €, eli investointi ei ollut kannattava pelkästään lämmitysenergian kulutuksen pienentymisestä saatavalla säästöllä. (23)

11.4 Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä LTO:lla

11.4.1 Kohteen lähtötiedot

Tämän hankkeen referenssikohteena on käytetty *Lämmöntalteenotto kerrostalon poistoilmasta poistoilmalämpöpumpulla* -insinööriyössä esitettyä kiinteistöä. Juho Jormakan (Mikkelin AMK) työssä on esitetty kohteen investointi- ja energiankulutustiedot ja näitä on hyödynnetty tässä työssä, koneellisen poistoilmanvaihdon lämmöntalteenoton laskelmissa.

Kolmas esitettävä referenssikohde on Jyväskylässä sijaitseva 5-kerroksinen kerrostalo. Talo on valmistunut vuonna 1967, ja rakennuksessa on 39 asuinhuoneistoa ja kaksi liiketilaa. Rakennuksen yhteenlaskettu huoneistoala on 3 385 m² ja rakennustilavuus 15 330 m³.

Kohteeseen tehtiin laaja LVIS-saneeraus vuonna 2013. Linjansaneerauksessa uusittiin vesi- ja viemäriverkostot, kaukolämpötekniikka ja patteriventtiilit. Toisista kohteista poiketen tämän saneerauksen yhteydessä ei tehty suurempia muutoksia ilmanvaihtoon. Saneerauksen yhteydessä tehtiin vain varaukset tulevaa PILP-lämmöntalteenotto-järjestelmää varten. PILP-järjestelmä kytkettiin kaukolämmön lämmönsiirtimeen siten, että järjestelmän energiaa voidaan hyödyntää rakennuksen lämmitysverkostossa. Lämmityskaudella lämpöä varastoidaan lauhdevaraajaan mutta kun lämmitystarve on pieni, lämpöä hyödynnetään käyttöveden lämmitykseen käyttövesivaraajan avulla. (30)

11.4.2 Kustannukset

Hankkeen kustannusten tarkemmat laskelmat ovat liitteessä 5.

Vuonna 2013 asennetun PILP-järjestelmän kokonaiskustannus oli 61 800 €. Kustannuksiin sisältyivät järjestelmän laitteisto; 2 kpl Kair Pilpit-LTO-yksikköä, 2 kpl Gebwell lämpöpumppua ja 2 kpl varaajaa. Näiden lisäksi hintaan sisältyivät asennus- ja sähkötyöt.

Laskennassa huomioitiin seuraavat kustannukset: sähköenergian hinta 110 €/MWh ja kaukolämmön hinta 70 €/MWh. Kohteen energiatoimittajan toimi Jyväskylän energia.

Perusparannushankkeen toteutuksen jälkeen kaukolämpöenergian kulutus pieneni lämmön talteenoton avulla, mutta sähköenergiankulutus lisääntyi uuden koneiston myötä. Ennen perusparannusta rakennuksen kaukolämmönkulutus oli noin 629 MWh/vuosi, ja sähköenergiankulutus oli 61 MWh/vuosi. PILP-järjestelmä toi 270 MWh, eli noin 43 %:n säästön kaukolämpöenergiankulutuksessa, mutta järjestelmän aiheuttaman sähköenergiankulutuksen lisääntymisen myötä uusi sähkönkulutus olikin 99 MWh/vuosi. Järjestelmän huoltokustannukset olivat keskimäärin 567 €/vuosi.

Koko rakennuksen kokonaisenergiankulutus oli 690 MWh/vuosi, ja kustannukset olivat yhteensä 50 740 €/vuosi. PILP-järjestelmän asennuksen jälkeen uusi kulutus oli vuositasolla 458 MWh ja kustannukset olivat yhteensä 36 020 €/vuosi. Säästölaskelmissa otettiin huomioon kaukolämmön energiankulutus, sähkönkulutuksen kasvu, huoltokustannukset ja kompressorin vaihtokustannukset 15 vuoden välein. (30)

Kokonaissäästöiksi muodostui keskimäärin 14 153 €/vuosi. Lämmöntalteenottojärjestelmän investointikustannus jaettiin asuinneliöiden pohjalta ja kustannukseksi saatiin 18 €/m². Järjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin 5 vuotta.

30 vuoden aikana kokonaisenergiankulutuksen pieneneminen tuo noin 246 000 €:n säästöt asunto-osakeyhtiölle. Järjestelmän nykyarvo 30 vuoden käyttöajan jälkeen on noin 184 000 €, eli investointi on ollut erittäin kannattava.

Kustannuslaskelmat saavat vahvistusta IVT Turku Oy:n ilmoittaman hinnan myötä. IVT Turku Oy ilmoittaa verkkosivuillaan, että esimerkiksi PILP-järjestelmä voi tuoda 11 000–22 000 €:n säästöt vuodessa. (29)

11.5 Koneellinen poistoilmanvaihto tulo- ja poistoilmanvaihdoksi LTO:lla

11.5.1 Kohteen lähtötiedot

Neljäs referenssikohde on 4-kerroksinen kerrostalo Mikkelin keskustassa. Talossa on kolme maanpäällistä kerrosta ja yksi maanalainen kellarikerros. Rakennus on valmistunut vuonna 1967. Talossa on 33 asuinhuoneistoa ja 1 liiketila. Huoneistoala on yhteensä 1 813 m².

Vuonna 2012 koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä muutettiin koneelliseksi tulo- ja poistojärjestelmäksi LVIS-peruskorjauksen yhteydessä. Lämmön talteenotto lisättiin myös uuteen ilmanvaihtojärjestelmään. Linjasaneerauksessa uusittiin lämpö-, vesi- ja viemäriverkostot sekä sähköjärjestelmät. Rakennustyöt toteutettiin porraskohtaisesti ajalla tammikuu 2013 – lokakuu 2013.

Myös tässä urakassa poistettiin vanhat painovoimaisen ilmanvaihdon hormit. Urakan yhteydessä uusittiin asuntojen kylpyhuoneet kokonaan, vesikatot uusittiin ja julkisivut kunnostettiin. Ikkunoita on uusittu jo aiemmin vuonna 1998, mutta nyt uusittiin parvekkeiden ikkunat ja ovet.

11.5.2 Kustannukset

Hankkeen kustannuksista huomioitiin vain ilmanvaihtourakkaa koskevat kustannukset. Tarkemmat laskelmat ovat liitteessä 6.

Kustannukset olivat seuraavat: vuosina 2012–2013 tehdyn kokonaisurakan investointi oli 2 179 334 €. LVI-peruskorjauksen osuus oli 1 729 600 € ja koko LVIS-peruskorjauksen neliöhinnaksi muodostui 954 €/m².

IV-urakan yhteiskustannus urakoitsijan mukaan 145 000 €. IV-urakan hinta koostuu niistä rakennus- ja sähkötöistä, joita jouduttiin tekemään IV-asennusten mahdollistamiseksi.

Ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannus laskettiin asuineliöiden pohjalta ja kustannukseksi saatiin yhteensä 80 €/m². Hinta koostuu remontti- sekä IV-laitteiston kustannuksista.

Tässä kohteessa energiankulutus pieneni merkittävästi remontin jälkeen. Ennen saneerausta kulutus oli vuosina 2008–2012 keskimäärin 490 MWh/a. Saneerauksen jälkeen kulutustiedot vuosilta 2014–2015 esittävät selkeän energiankulutuksen pienenemisen, uusi kulutus oli keskimäärin 319 MWh/a. Hankkeen suunnitteluvaiheessa urakoitsija oli laskelmoinut, että ilmanvaihtojärjestelmän muutos tulo/poistoksi ja vielä lämmön talteenoton lisääminen toisi noin 108 MWh/a pienemmän energiankulutuksen.

Kulutustietojen perusteella arvioitu säästö laskettiin järjestelmän 30 vuoden käyttöjaksolle, ja IV-urakan kokonaiskustannuksen takaisinmaksuajaksi saatiin 21 vuotta. 30 vuoden aikana lämmitysenergiankulutuksen pieneneminen tuo 183 045 €:n säästöt asunto-osakeyhtiölle. Järjestelmän nykyarvo 30 vuoden käyttöajan jälkeen on arviolta 38 045 €, eli investointi on ollut kannattava.

Samoin kuin muissa urakoissa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että laskelmien mukainen säästö ei koske vain ilmanvaihtourakan tuomia säästöjä. Myös muut urakassa tehdyt korjaukset ja parannukset, esimerkiksi kattorakenteiden ja julkisivujen korjaukset, voivat vaikuttaa lämmitysenergian kulutukseen, ja sen myötä lopputulokseksi saatu arvo on vain arvio ja monen tekijän tulos. (23)

11.6 Kaukojäähdytys

11.6.1 Kohteen lähtötiedot

Kaukojäähdytyksen referenssikohteena on käytetty *Kaukojäähdytys vanhoissa rakennuksissa* -insinööriyössä esitettyä kiinteistöä. Tommi Nuutisen (Metropolia AMK) työssä on esitetty tarkat laskelmat ja kohdetiedot ja näitä on hyödynnetty tässä työssä, kaukojäähdytyksen kustannuksien laskennassa. Nuutisen työssä esitettyihin laskelmiin perustuvat tarkemmat kustannusarviot löytyvät liitteestä 7.

Rakennus on 5-kerroksinen kerrostalo Helsingin keskustassa. Talossa on neljä maanpäällistä kerrosta, ja yksi maanalainen kellarikerros. Rakennus on valmistunut vuonna

1904. Asuinhuoneistoja talossa on 20, ja huoneistoala on yhteensä 2 758 m². Samassa rakennuksessa sijaitsee myös seitsemän pientä liiketilaa ja yksi ravintola.

Rakennuksessa on käytössä painovoimainen ilmanvaihto, ja tarkoituksena oli tutkia, minkä hintainen kaukojäähdytysjärjestelmän asentaminen rakennukseen olisi ja miten se käytännössä voitaisiin toteuttaa. Urakassa oli tarkoituksena toteuttaa asuntokohtainen jäähdytys kondensoivilla puhallinkonvektoreilla, jotka mahdollistavat pienen määrän laitteita, mutta tarpeellisen määrän jäähdytystehoa. (27) Kaukojäähdytyksen tarjoajana on Helsingin Energia, ja laskelmat on alun perin tehty Helenin ilmoittamien hintojen perusteella.

11.6.2 Kustannukset

Laskelmissa käytettiin vakioarvona 128 kW:n sopimustehoa ja kaukojäähdytysliittymän sopimusmaksuksi saatiin 87 296 €. Kiinteäksi vuosimaksuksi muodostui 9 523 €/a ja jäähdytysenergian hinnaksi arvioitiin 1 240 €/a, joten järjestelmän vuotuiset kustannukset olivat arviolta yhteensä 10 760 €/a.

Lasketut kustannukset olivat seuraavanlaiset: kokonaishankkeen investointi 368 800 €. Neliöhinta perustuu kokonaiskustannukseen jaettuna kaikkien tilojen neliöiden yhteissummalla. Näin ollen rakennuksen tilojen investoinnin neliöperusteiseksi hinnaksi saatiin 130 €/m². Vuosimaksun osuus oli arviolta 4 €/m². Vaikka asuntoja on vain 20, hintaan vaikuttaa myös muiden tilojen neliömäärät.

Nuutisen (27) mukaan kustannukset eivät jakautuisi kaikkien 28 osakkaan, 20 asunnon omistajan, seitsemän liikekiinteistön omistajan ja yhden ravintoloitsijan kesken tasan, koska jäähdytysenergian tarve ei myöskään ole kaikissa tiloissa sama.

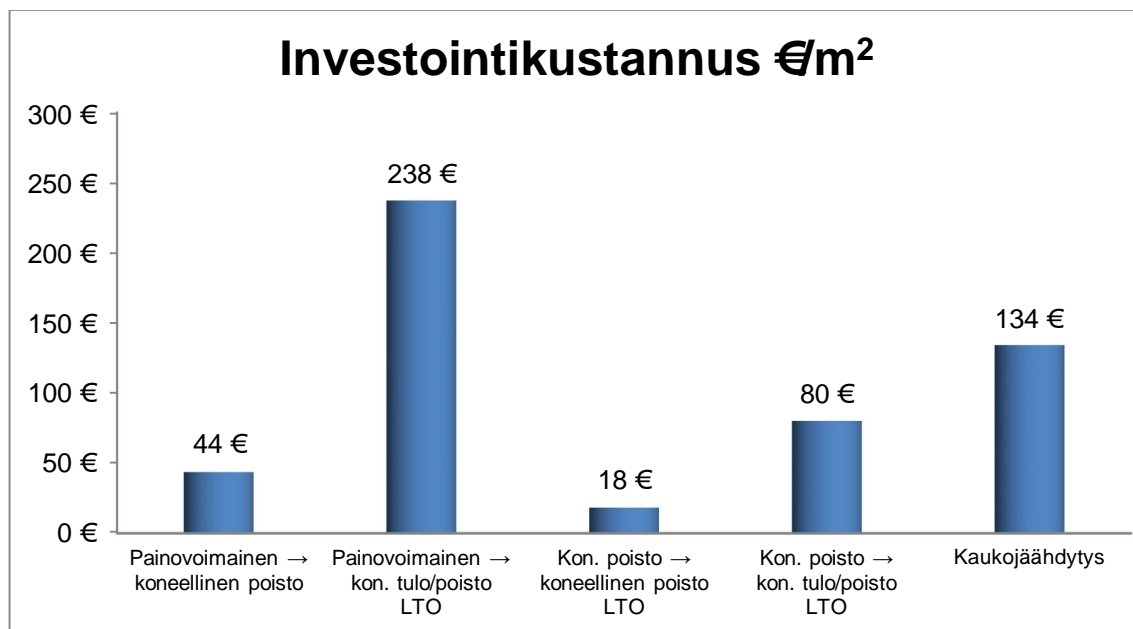
Nuutisen tekemät laskelmat saavat vahvistusta Helenin ilmoittamien tietojen myötä. Helen ilmoittaa, että jäähdytysjärjestelmän rakentaminen maksaa noin 5 000 €/asunto. Käyttökustannukset olisivat vuodessa noin 300 €/asunto. Järjestelmän lisääminen vanhaan kerrostaloon maksaisi siis arviolta 100–120 €/m². (28)

Kaukojäähdytyksen ollessa puhtaasti vain viihtyvyyttä lisäävä ominaisuus, hankkeelle ei laskettu takaisinmaksuaikaa. Arviolta järjestelmän investoinnin takaisinmaksuaika olisi yli 100 vuotta.

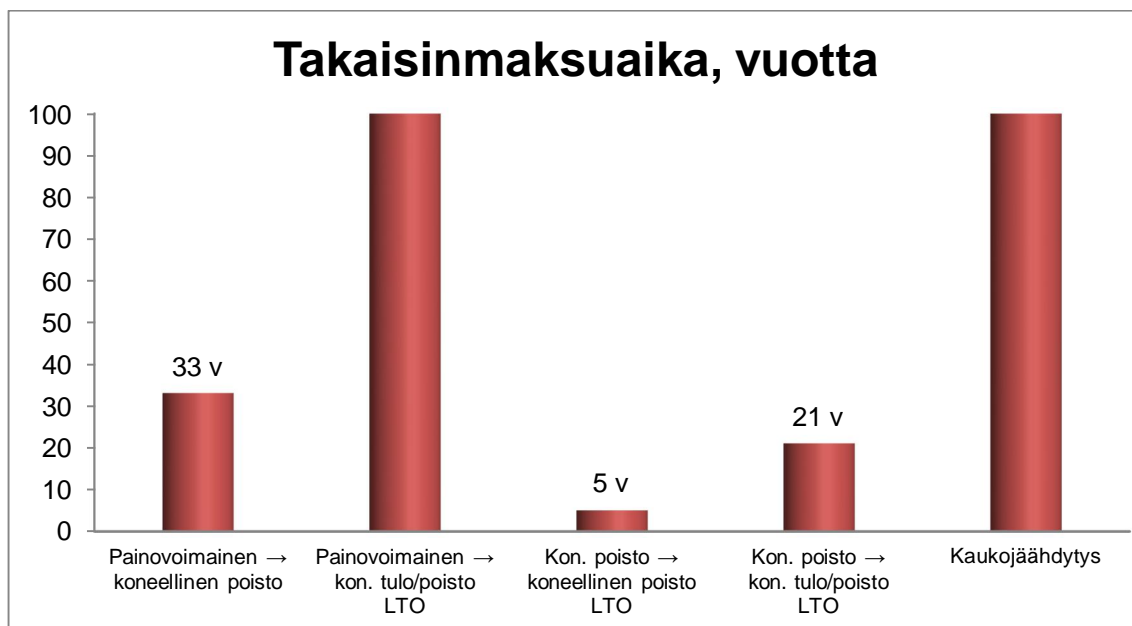
12 Kustannusvertailu

Kuvaajissa 1 ja 2 on esitetty vertailu eri perusparannushankkeiden kustannusten välillä. Jokaiselle hankkeelle on esitetty investointikulut, ja hankkeille on laskettu takaisinmaksuaika. Taulukosta saa selkeän kuvan siitä, miten jopa pienellä lisäpanostuksella saa suuremman hyödyn. Esimerkiksi koneellisen poistojärjestelmän muuttaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi voi olla suuri kustannus, mutta investoinnin takaisinmaksuaika antaa kuitenkin viitteitä hankkeen kannattavuudesta.

Kuvaajista saa myös selkeän kuvan siitä, että koneellisen poistoilmanvaihdon varustaminen lämmön talteenotolla on hyvin kannattavaa. Takaisinmaksuaika on lyhyt, ja uuden järjestelmän hyödyt näkyvät kustannuksissa nopeasti.



Kuvaaja 1. Investointikustannus neliometriä kohden hankkeittain



Kuvaaja 2. Takaisinmaksuajat vuosina hankkeittain

13 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tarkasteltiin eri ilmanvaihtojärjestelmien perusparantamisen vaihtoehtoja ja niiden kustannuksia toteuttavaksi asuinkerrostaloissa. Työn tavoitteena oli saada selvitettyä eri vaihtoehtojen aiheuttamia kustannuksia ja mahdollisia takaisinmaksuaikoja. Tarkoituksena oli pystyä esittämään esimerkiksi ilmanvaihdon perusparannushanketta suunnittelevalle taloyhtiölle hankkeesta koituvia investointikustannuksia ja muita uusimiseen liittyviä kustannuksia.

Työssä selvitettiin myös painovoimaisen ja koneellisen poistojärjestelmän kunnostusmahdollisuuksia. Joissain tilanteissa vanhan järjestelmän kunnostaminen voi olla riittävä toimenpide sisäilmaston hyvän laadun ja viihtyvyyden ylläpitämiseksi. Toki sisäilmastoluokkia tutkimalla selvisi, että esimerkiksi sisäilmastoluokan S1 saavuttaminen vaatii lähes aina koneellisen tulo-/poistoilmanvaihtojärjestelmän.

Painovoimaisen ilmanvaihdon perusparantamista tutkittaessa voidaan todeta, että sen muuttaminen pelkäksi koneelliseksi poistojärjestelmäksi on pienempi investointi kuin sen muuttaminen koneelliseksi tulo- ja poistojärjestelmäksi. Kustannuksiin vaikuttaa suuresti se, kuinka paljon uutta koneistoa joudutaan asentamaan ja kuinka paljon uusia kanavia ja rakennelmia joudutaan tekemään. Jos olemassa oleva järjestelmä on jo esimerkiksi koneellinen poisto, sen muuttaminen koneelliseksi tulo-/poistojärjestelmäksi ei ole niin suuri investointi, koska vanhalle poistojärjestelmälle voi riittää jopa pelkkä puhdistus ja säätö.

Koneellisen poistojärjestelmän varustaminen LTO:lla on kannattavin vaihtoehto kaikista perusparannusvaihtoehdoista. Investointi on pienempi kuin esimerkiksi tulo- ja poistojärjestelmässä, ja tämän lisäksi takaisinmaksuaika on hyvin lyhyt. Energiankulutuksen pienentymisestä saatavat säästöt tekevät investoinnista hyvin järkevän.

Ilmanvaihtojärjestelmien perusparannus tuo yleensä mukanaan säästöjä lämmityskustannuksissa. Vaikka rakennuksen energiankulutus voi kasvaa lisätyn koneiston myötä, uudet koneet ovat nykyisin energiystäväisempiä ja uusi ilmanvaihtojärjestelmä pienentää lämmitystarvetta rakennuksessa.

Työssä esitetyistä ilmanvaihdon perusparannusvaihtoehtojen lasketuista kustannuksista ja takaisinmaksuajoista saatiin taulukon 2 mukaisia tuloksia.

Taulukko 2. Ilmanvaihdon perusparannusvaihtoehtojen kustannusvertailu

	Investointi- kulut	Investointi/ m ²	Nykyarvo	Korollinen takai- sinmaksuaika
Painovoimaisen muutos koneelliseksi poistoksi	66 600 €	44 €	-2 634 €	33 vuotta
Painovoimaisen muutos koneelliseksi tulo/poistoksi (LTO)	169 600 €	238 €	-119 022 €	>100 vuotta
Koneellinen poisto LTO:lla	61 800 €	18 €	183 974 €	5 vuotta
Koneellisen poiston muutos koneelliseksi tulo/poistoksi (LTO)	145 000 €	80 €	38 045 €	21 vuotta
Kaukojäähdytys	368 800 €	134 €	-	-

Kaukojäähdytykselle ei laskettu takaisinmaksuaikaa, koska se ei vähennä lämmitysenergian tarvetta. Osa lämmitysenergian tarpeesta voidaan kuitenkin saada hyvityksenä energialaitokselta. Kaukojäähdytys on kuitenkin pääosin vain asuinviihtyvyyttä lisäävä ominaisuus.

Työssäni saavutettujen perusparannusvaihtoehtojen kustannusten todenmukaisuutta olisi voinut vahvistaa ottamalla huomioon useampia kohteita. Vertailemalla useampaa kohdetta, joissa olisi tehty samantapaisia perusparannuksia, olisi saatu laajempi otanta ja hintoihin vaikuttavien kohdekohtaisten tekijöiden vaikutus pienennettyä.

Tästä työstä on hyötyä tulevien ilmanvaihdon perusparannushankkeita suunnitteleville, koska se antaa kuvaa siitä, miten eri perusparannustoteutukset eroavat toisistaan, ja mistä niiden kustannukset muodostuvat. Asuinrakennuskannan vanhetessa linjasaneerauksia joudutaan tekemään suuria määriä, ja viihtyvyyden sekä laadukkaan sisäilman ylläpidon kannalta myös ilmanvaihdon perusparantamista on syytä harkita.

Lähteet

- 1 Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja -parannus. RT-kortti 56-10831 (LVI 03-10378)
- 2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2, liite 1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 4 Rakennusten paloturvallisuus. 2002. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa E1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 5 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. Ohjeet 2004. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa E7. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 6 Säteri, Jorma. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008, LVI 05-10440. Helsinki. Sisäilmayhdistys Ry.
- 7 Säteri Jorma, Kovanen Keijo, Pallari Marja-Liisa. 1999. VTT Tiedotteita 1945. VTT. Kerrostalojen sisäilmaston ja energiatalouden parantaminen. Verkkodokumentti. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1945.pdf>> Luettu 28.12.2016.
- 8 Asumisterveysohje. 2003. Verkkodokumentti. Sosiaali- ja terveysministeriö. <http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveysohje_pdf.pdf> Luettu 28.1.2016
- 9 Asuinrakennukset vuoteen 2025. VTT julkaisut. Verkkodokumentti. VTT. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2005/asuinrakennukset_vuoteen_2025.pdf> Luettu 16.1.2016
- 10 Seppänen, Olli & Seppänen, Matti. 2010. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.
- 11 Virta, Jari. Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen 1950–80-luvun asuinkerrostalossa. Suomen Kiinteistölehti nro 7, 2009. Verkkodokumentti. <<http://www.teeparannus.fi/attachements/2010-03-09T14-15-1314834.pdf>> Luettu 16.1.2016
- 12 Kirkkoherranvirastosta persoonallisia koteja – vakiovarusteena hyvä sisäilma. 2016. Verkkodokumentti. Omataloyhtiö.fi. <http://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/12685/huoneistokohtainen_ilmanvaihto_vallox.htm> Luettu 16.1.2016
- 13 Matilainen, Veijo. 2016. Asuinrakennusten ilmanvaihto. Verkkodokumentti. Optiplan. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050306.pdf>> Luettu 29.1.2016

- 14 Ilmanvaihdon energiakorjaus. 2013. Oulun rakennusvalvonta. Verkkodokumentti. <http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_10_Ilmanvaihto_2013_02_01.pdf> Luettu 16.1.2016
- 15 Ilmanvaihtokanavien puhdistus. 2016. Verkkodokumentti. Sotkamon erikoispuhdistus Oy. <http://www.sotkamonerikoispuhdistus.fi/ilmanvaihtokanavien_puhdistus_ja_ilmamaarien_saato> Luettu 16.1.2016
- 16 Hallittu putkiremontti. 2008. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 17 Hormien kuntotutkimukset. 2016. Verkkodokumentti. Hormistokeskus. <<http://www.hormistokeskus.fi/hormienkuntotutkimukset.html>> Luettu 16.1.2016
- 18 Palonkoski, Timo. 2014. Asuinrakennuksen putkiremontin kattava hankesuunnittelu. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 19 Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen asuinkerrostaloissa. 2016. Verkkodokumentti. Rakennusperintö. <http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Painovoimaisen_ilmanvaihdon_tehostaminen_asuinkerrostaloissa/> Luettu 16.1.2016
- 20 Hormien kunnostus. 2010. Verkkodokumentti. Eskon Oy. <http://www.eskon.fi/images/stories/PDF_files/pdf_12.pdf> Luettu 29.1.2016
- 21 Furanflex sukitus. 2011. Verkkodokumentti. Eskon Oy. <http://eskon.fi/images/stories/PDF_files/furanflex-uusi.pdf> Luettu 22.12.2015
- 22 Savuhormi kuntoon. 2016. Verkkodokumentti. Hormistokeskus. <<http://www.hormistokeskus.fi/ew-alkon.html>> Luettu 29.1.2016
- 23 Piispa, Pasi. 2016. Projektipäällikkö, Wise Group Finland Oy. Haastattelu 12.1, 13.1, 15.1.2016.
- 24 Kaukojäähdytyksen kysyntä kasvaa. 2015. Verkkodokumentti. Energia uutiset. <<http://www.energiauutiset.fi/uutiset/kaukojaahdytyksen-kysynta-kasvaa.html>> Luettu 11.11.2015
- 25 Kaukojäähdytys. 2015. Verkkodokumentti. Energiateollisuus. <<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukojaahdytys>> Luettu 16.1.2015
- 26 Kaukojäähdytyksen toimintaperiaate. 2015. Verkkodokumentti. Energiateollisuus. <<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukojaahdytys/kaukojaahdytyksen-toimintaperiaate>> Luettu 10.11.2015

- 27 Nuutinen, Tommi. 2015. Kaukojäähdytys vanhoissa kerrostaloissa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 28 Asuntojen viilennys on arkea. 2015. Verkkodokumentti. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/uutiset/2015/toimistotalosta-kaukojaahdytetty-asuinkiinteisto-kaartinkaupungissa/>> Luettu 29.1.2016
- 29 Lämmöntalteenotto säästää selvää rahaa! 2015. Verkkodokumentti. IVT Turku Oy. <<http://ivtturku.fi/lto-mestari>> Luettu 2.2.2016
- 30 Jormakainen, Juho. 2015. Lämmöntalteenotto kerrostalon poistoilmasta poistoilmalämpöpumpulla. Insinööriyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu.
- 31 Investointi. 2014. Verkkodokumentti. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <<https://moodle.metropolia.fi/mod/resource/view.php?id=189948>> Luettu 15.3.2016

RakMK D2 liite 1: asuinrakennusten ilmajirrat (3)

TAULUKKO 1. ASUINRAKENNUKSET

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 1/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttöajan ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 1/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitaa ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0. Suurten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 1/h.

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
Asuintilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		28 / 33 *	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	33 / 38 *	0,20	*C1 määräys
- käyttöajan tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
- käyttöajan tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
- käyttöajan tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuoltohuone		#S	8	33 / 38	0,30	
- käyttöajan tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistosaua		2 #C	2/m ² #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 / m ²	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asunto- kylmiö, jos pinta-ala > 4m ²)		0,2	0,2 / m ²	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m ²	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m ²	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m ²	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m ²	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m ² #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerhoahuone		1 #E	1 / m ² #E	33 / 38	0,20	

A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmajirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm³/s.

B Ohjearvo, kun ilmajirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmajirran ohjearvo on käyttöajan tehostuksen mukainen.

C Kuitenkin vähintään 6 dm³/s. Saunan ilmajirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.

D Voidaan mitoitaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.

E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm³/s)/m².

S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.

RT-kortin (RT 56-10831) peruskorjausvaihtoehtojen taulukko (1)

	Painovoimainen järjestelmä	Koneellinen poistoilmajärjestelmä	Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä
Tuloilmalaitteet	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/ uusiminen/ lisääminen • suodatuksen lisääminen • äänenvaimennuksen lisääminen • lämmityksen lisäys 	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/ uusiminen/ lisääminen • suodatuksen lisääminen • äänenvaimennuksen lisääminen • lämmityksen lisääminen 	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/ uusiminen/ lisääminen • selvitetään vanhojen soveltuvuus (painehäviö, heittokuvio, ääniominaisuudet)
Oviraot	<ul style="list-style-type: none"> • kunnostus • uusien lisääminen 	<ul style="list-style-type: none"> • kunnostus • uusien lisääminen 	<ul style="list-style-type: none"> • kunnostus • uusien lisääminen
Poistoilmalaitteet	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/uusiminen/ lisääminen • liesikuvun lisääminen 	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/uusiminen/ lisääminen • selvitetään vanhojen soveltuvuus (mm. ääniominaisuudet) • liesikuvun lisääminen 	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/uusiminen/ lisääminen • selvitetään vanhojen soveltuvuus (mm. ääniominaisuudet) • liesikuvun lisääminen
Hormit ja kanavat varusteineen	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus • kunto ja tiiviys • korjaaminen pinnoittamalla tai lisäämällä uudet peltikanavat • tuulirootorien lisääminen 	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus • kunto ja tiiviys • mahdollinen uusien kanavien lisääminen • äänenvaimentimien tarkastus/ uusiminen/lisääminen • säätö-, sulku- ja palopeltien tarkastus/uusiminen/lisääminen 	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus • kunto ja tiiviys • mahdollinen uusien kanavien lisääminen • äänenvaimentimien tarkastus/ uusiminen/lisääminen • säätö-, sulku- ja palopeltien tarkastus/uusiminen/lisääminen
Puhaltimet		<ul style="list-style-type: none"> • huolto/tarkastus/uusiminen • mitoituksen (tehon) tarkastus • sähkönsyötön tarkastus/uusiminen • turvakytkimien tarkastus/lisääminen/uusiminen 	<ul style="list-style-type: none"> • huolto/tarkastus/uusiminen • mitoituksen (tehon) tarkastus • sähkönsyötön tarkastus/uusiminen • turvakytkimien tarkastus/lisääminen/uusiminen
Ulko- ja jäteilmalaitteet	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/uusiminen 	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/uusiminen 	<ul style="list-style-type: none"> • puhdistus/tarkastus/uusiminen
Mittaus ja säätö	<ul style="list-style-type: none"> • vanhojen tulo- ja poistoilmalaitteiden varustaminen säätökahvoilla • ilmavirtojen säätö 	<ul style="list-style-type: none"> • vanhojen tuloilmalaitteiden varustaminen säätökahvoilla • ilmavirtojen säätö • säätölaitteiden toiminnan tarkistus/uusiminen • poistoilmapuhaltimen säätötavan valinta • liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään 	<ul style="list-style-type: none"> • ilmavirtojen säätö • säätölaitteiden toiminnan tarkastus/uusiminen • puhaltimien säätötavan valinta • liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään
Ilmanvaihtokoneet			<ul style="list-style-type: none"> • huolto/tarkastus/uusiminen • mitoituksen tarkastus • sähkönsyötön tarkastus/uusiminen • turvakytkimien tarkastus/ lisääminen/uusiminen • lämmöntalteenoton lisääminen

Painovoimaisen järjestelmän korvaaminen koneellisella poistojärjestelmällä

Käytetty laskentakorko	5 %	
Lämmitysenergian hinta	70 €/MWh	
Energiahinnan arvioitu korotus vuodessa	1 %	
Lämmitysenergia ennen remonttia	354 MWh/a (keskimäärin)	
Lämmitysenergia remontin jälkeen	301 MWh/a (keskimäärin)	
Remontin kokonaiskustannukset	1 302 697 €	
IV-urakka yhteensä	66 600 €	
Huoneistoala	1528 m ²	
Remonttikustannus / m ²	853 €	
IV-urakan osuus / m ²	44 €	
Nykyarvo 30 vuoden käyttöajalla	-2 634 €	
IV-laitteiston takaisinmaksuaika	33 vuotta	
Säästö 30 vuoden käyttöajalta	63 966 €	

Taulukko 3: Vuosisäästöjen kertyminen nykyarvossa

Vuosi	1	2	3	4	5
Energiasäästö, MWh	53	53	53	53	53
Energiasäästö, €	3 718 €	3 755 €	3 793 €	3 831 €	3 869 €
Nykyarvossa	3 541 €	3 406 €	3 277 €	3 152 €	3 032 €
Kumulatiivinen säästö	3 541 €	6 947 €	10 224 €	13 376 €	16 407 €
Vuosi	6	7	8	9	10
Energiasäästö, MWh	53	53	53	53	53
Energiasäästö, €	3 908 €	3 947 €	3 986 €	4 026 €	4 067 €
Nykyarvossa	2 916 €	2 805 €	2 698 €	2 595 €	2 497 €
Kumulatiivinen säästö	19 323 €	22 128 €	24 827 €	27 422 €	29 919 €
Vuosi	11	12	13	14	15
Energiasäästö, MWh	53	53	53	53	53
Energiasäästö, €	4 107 €	4 148 €	4 190 €	4 232 €	4 274 €
Nykyarvossa	2 401 €	2 310 €	2 222 €	2 137 €	2 056 €
Kumulatiivinen säästö	32 320 €	34 630 €	36 852 €	38 989 €	41 045 €
Vuosi	16	17	18	19	20
Energiasäästö, MWh	53	53	53	53	53
Energiasäästö, €	4 317 €	4 360 €	4 404 €	4 448 €	4 492 €
Nykyarvossa	1 978 €	1 902 €	1 830 €	1 760 €	1 693 €
Kumulatiivinen säästö	43 023 €	44 925 €	46 755 €	48 515 €	50 208 €

Vuosi	21	22	23	24	25
Energiasäästö, MWh	53	53	53	53	53
Energiasäästö, €	4 537 €	4 582 €	4 628 €	4 674 €	4 721 €
Nykyarvossa	1 629 €	1 566 €	1 507 €	1 449 €	1 394 €
Kumulatiivinen säästö	51 836 €	53 403 €	54 909 €	56 359 €	57 753 €
Vuosi	26	27	28	29	30
Energiasäästö, MWh	53	53	53	53	53
Energiasäästö, €	4 768 €	4 816 €	4 864 €	4 913 €	4 962 €
Nykyarvossa	1 341 €	1 290 €	1 241 €	1 194 €	1 148 €
Kumulatiivinen säästö	59 094 €	60 384 €	61 625 €	62 818 €	63 966 €

Painovoimaisen järjestelmän korvaaminen koneellisella tulo- ja poistojärjestelmällä LTO:lla

Laskentakorko	5 %
Lämmitysenergian hinta	70 €/MWh
Energiahinnan korotus vuodessa	1 %
Lämmitysenergia ennen remonttia	175 MWh/a (keskimäärin)
Lämmitysenergia remontin jälkeen	133 MWh/a (keskimäärin)
Remontin kustannukset	723 004 €
IV-urakka yhteensä, arvio	169 600 €
Huoneistoala	714 m ²
Remonttikustannus / m ²	1 012 €
IV-urakan osuus / m ²	238 €
Nykyarvo 30 vuoden käyttöajalla	-119 022 €
LVI laitteiston takaisinmaksuaika	>100 vuotta
Säästö 30 vuoden käyttöajalta	50 578 €

Taulukko 4: Vuosisäästöjen kertyminen nykyarvossa

Vuosi	1	2	3	4	5
Energiasäästö, MWh	42	42	42	42	42
Energiasäästö, €	2 940 €	2 969 €	2 999 €	3 029 €	3 059 €
Nykyarvossa	2 800 €	2 693 €	2 591 €	2 492 €	2 397 €
Kumulatiivinen säästö	2 800 €	5 493 €	8 084 €	10 576 €	12 973 €
Vuosi	6	7	8	9	10
Energiasäästö, MWh	42	42	42	42	42
Energiasäästö, €	3 090 €	3 121 €	3 152 €	3 184 €	3 215 €
Nykyarvossa	2 306 €	2 218 €	2 133 €	2 052 €	1 974 €
Kumulatiivinen säästö	15 279 €	17 497 €	19 630 €	21 683 €	23 657 €
Vuosi	11	12	13	14	15
Energiasäästö, MWh	42	42	42	42	42
Energiasäästö, €	3 248 €	3 280 €	3 313 €	3 346 €	3 379 €
Nykyarvossa	1 899 €	1 826 €	1 757 €	1 690 €	1 626 €
Kumulatiivinen säästö	25 555 €	27 382 €	29 139 €	30 829 €	32 454 €
Vuosi	16	17	18	19	20
Energiasäästö, MWh	42	42	42	42	42
Energiasäästö, €	3 413 €	3 447 €	3 482 €	3 517 €	3 552 €
Nykyarvossa	1 564 €	1 504 €	1 447 €	1 392 €	1 339 €

Kumulatiivinen säästö	34 018 €	35 522 €	36 969 €	38 360 €	39 699 €
Vuosi	21	22	23	24	25
Energiasäästö, MWh	42	42	42	42	42
Energiasäästö, €	3 587 €	3 623 €	3 659 €	3 696 €	3 733 €
Nykyarvossa	1 288 €	1 239 €	1 191 €	1 146 €	1 102 €
Kumulatiivinen säästö	40 987 €	42 225 €	43 417 €	44 563 €	45 665 €
Vuosi	26	27	28	29	30
Energiasäästö, MWh	42	42	42	42	42
Energiasäästö, €	3 770 €	3 808 €	3 846 €	3 885 €	3 923 €
Nykyarvossa	1 060 €	1 020 €	981 €	944 €	908 €
Kumulatiivinen säästö	46 726 €	47 745 €	48 727 €	49 670 €	50 578 €

Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän varustaminen LTO:lla

Käytetty laskentakorko	5 %	
Lämmitysenergian hinta	70 €/MWh	
Sähköenergia	110 €/MWh	
Energiainnan arvioitu korotus vuodessa	1 %	
Huoltokustannukset	300 €/vuosi	
+ Kompressorin vaihto 15 vuoden välein	4000 €/kerta	
= Huoltokustannukset keskimäärin	567 €/vuosi	
Kaukolämpöenergian kulutuksen säästö	18900 €/vuosi	
Sähköenergian kulutuksen lisäys	4180 €/vuosi	
Kaukolämmitysenergia ennen remonttia	629 MWh/a (keskimäärin)	
Sähköenergia ennen remonttia	61 MWh/a (keskimäärin)	
Kaukolämmitysenergia remontin jälkeen	359 MWh/a (keskimäärin)	
Sähköenergia remontin jälkeen	99 MWh/a (keskimäärin)	
Remontin kokonaiskustannukset	61 800 €	
Huoneistoala	3385 m ²	
Remonttikustannus / m ²	18 €	
Kokonaissäästö vuodessa keskimäärin	14 153 €	
Nykyarvo 30 vuoden käyttöajalla	183 974 €	
Pilp- laitteiston takaisinmaksuaika	5 vuotta	

Taulukko 5: Vuosisäästöjen kertyminen nykyarvossa

Vuosi	1	2	3	4	5
Kaukolämpösäästö, MWh/a	270	270	270	270	270
Kaukolämpösäästö, €	18 900 €	19 089 €	19 280 €	19 473 €	19 667 €
Sähkön lisäys MWh/a	38	38	38	38	38
Sähkön lisäys, €	4 180 €	4 222 €	4 264 €	4 307 €	4 350 €
Huoltokustannukset, €	300 €	300 €	300 €	300 €	300 €
Vuosisäästö yhteensä, €	14 420 €	14 567 €	14 716 €	14 866 €	15 018 €
Nykyarvossa	13 733 €	13 213 €	12 712 €	12 230 €	11 767 €
Kumulatiivinen säästö	13 733 €	26 946 €	39 658 €	51 889 €	63 655 €
Vuosi	6	7	8	9	10
Kaukolämpösäästö, MWh/a	270	270	270	270	270
Kaukolämpösäästö, €	19 864 €	20 063 €	20 263 €	20 466 €	20 671 €
Sähkön lisäys MWh/a	38	38	38	38	38
Sähkön lisäys, €	4 393 €	4 437 €	4 482 €	4 526 €	4 572 €
Huoltokustannukset, €	300 €	300 €	300 €	300 €	300 €
Vuosisäästö yhteensä, €	15 171 €	15 326 €	15 482 €	15 640 €	15 799 €
Nykyarvossa	11 321 €	10 892 €	10 479 €	10 081 €	9 699 €

Kumulatiivinen säästö	74 976 €	85 868 €	96 346 €	106 428 €	116 127 €
Vuosi	11	12	13	14	15
Kaukolämpösäästö, MWh/a	270	270	270	270	270
Kaukolämpösäästö, €	20 877 €	21 086 €	21 297 €	21 510 €	21 725 €
Sähkön lisäys MWh/a	38	38	38	38	38
Sähkön lisäys, €	4 617 €	4 663 €	4 710 €	4 757 €	4 805 €
Huoltokustannukset, €	300 €	300 €	300 €	300 €	4 300 €
Vuosisäästö yhteensä, €	15 960 €	16 123 €	16 287 €	16 453 €	12 620 €
Nykyarvossa	9 332 €	8 978 €	8 637 €	8 310 €	6 071 €
Kumulatiivinen säästö	125 459 €	134 436 €	143 074 €	151 383 €	157 454 €
Vuosi	16	17	18	19	20
Kaukolämpösäästö, MWh/a	270	270	270	270	270
Kaukolämpösäästö, €	21 942 €	22 162 €	22 383 €	22 607 €	22 833 €
Sähkön lisäys MWh/a	38	38	38	38	38
Sähkön lisäys, €	4 853 €	4 901 €	4 950 €	5 000 €	5 050 €
Huoltokustannukset, €	300 €	300 €	300 €	300 €	300 €
Vuosisäästö yhteensä, €	16 789 €	16 960 €	17 133 €	17 307 €	17 483 €
Nykyarvossa	7 691 €	7 400 €	7 119 €	6 849 €	6 589 €
Kumulatiivinen säästö	165 145 €	172 545 €	179 664 €	186 513 €	193 103 €
Vuosi	21	22	23	24	25
Kaukolämpösäästö, MWh/a	270	270	270	270	270
Kaukolämpösäästö, €	23 062 €	23 292 €	23 525 €	23 760 €	23 998 €
Sähkön lisäys MWh/a	38	38	38	38	38
Sähkön lisäys, €	5 100 €	5 151 €	5 203 €	5 255 €	5 307 €
Huoltokustannukset, €	300 €	300 €	300 €	300 €	300 €
Vuosisäästö yhteensä, €	17 661 €	17 841 €	18 022 €	18 205 €	18 390 €
Nykyarvossa	6 339 €	6 099 €	5 868 €	5 645 €	5 431 €
Kumulatiivinen säästö	199 442 €	205 541 €	211 408 €	217 053 €	222 484 €
Vuosi	26	27	28	29	30
Kaukolämpösäästö, MWh/a	270	270	270	270	270
Kaukolämpösäästö, €	24 238 €	24 480 €	24 725 €	24 972 €	25 222 €
Sähkön lisäys MWh/a	38	38	38	38	38
Sähkön lisäys, €	5 361 €	5 414 €	5 468 €	5 523 €	5 578 €
Huoltokustannukset, €	300 €	300 €	300 €	300 €	4 300 €
Vuosisäästö yhteensä, €	18 577 €	18 766 €	18 957 €	19 149 €	15 344 €
Nykyarvossa	5 225 €	5 026 €	4 836 €	4 652 €	3 550 €
Kumulatiivinen säästö	227 709 €	232 735 €	237 571 €	242 223 €	245 774 €

Poistojärjestelmän korvaaminen koneellisella tulo- ja poistojärjestelmällä LTO:lla

Laskentakorko	5 %
Lämmitysenergian hinta	70 €/MWh
Energiahinnan korotus vuodessa	1 %
Lämmitysenergia ennen remonttia	495 MWh/a (keskimäärin)
Lämmitysenergia remontin jälkeen	343 MWh/a (keskimäärin)
Remontin kustannukset	1 729 600 €
IV-urakka yhteensä, arvio	145 000 €
Huoneistoala	1813 m ²
Remonttikustannus / m ²	954 €
IV-urakan osuus / m ²	80 €
Nykyarvo 30 vuoden käyttöajalla	38 045 €
LVI laitteiston takaisinmaksuaika	21 vuotta
Säästö 30 vuoden käyttöajalta	183 045 €

Taulukko 6: Vuosisäästöjen kertyminen nykyarvossa

Vuosi	1	2	3	4	5
Energiasäästö, MWh	152	152	152	152	152
Energiasäästö, €	10 640 €	10 746 €	10 854 €	10 962 €	11 072 €
Nykyarvossa	10 133 €	9 747 €	9 376 €	9 019 €	8 675 €
Kumulatiivinen säästö	10 133 €	19 881 €	29 257 €	38 275 €	46 951 €
Vuosi	6	7	8	9	10
Energiasäästö, MWh	152	152	152	152	152
Energiasäästö, €	11 183 €	11 295 €	11 408 €	11 522 €	11 637 €
Nykyarvossa	8 345 €	8 027 €	7 721 €	7 427 €	7 144 €
Kumulatiivinen säästö	55 295 €	63 322 €	71 043 €	78 470 €	85 614 €
Vuosi	11	12	13	14	15
Energiasäästö, MWh	152	152	152	152	152
Energiasäästö, €	11 753 €	11 871 €	11 989 €	12 109 €	12 230 €
Nykyarvossa	6 872 €	6 610 €	6 358 €	6 116 €	5 883 €
Kumulatiivinen säästö	92 486 €	99 096 €	105 454 €	111 570 €	117 453 €
Vuosi	16	17	18	19	20
Energiasäästö, MWh	152	152	152	152	152
Energiasäästö, €	12 353 €	12 476 €	12 601 €	12 727 €	12 854 €
Nykyarvossa	5 659 €	5 443 €	5 236 €	5 037 €	4 845 €
Kumulatiivinen säästö	123 112 €	128 556 €	133 792 €	138 828 €	143 673 €

Vuosi	21	22	23	24	25
Energiasäästö, MWh	152	152	152	152	152
Energiasäästö, €	12 983 €	13 113 €	13 244 €	13 376 €	13 510 €
Nykyarvossa	4 660 €	4 483 €	4 312 €	4 148 €	3 990 €
Kumulatiivinen säästö	148 333 €	152 815 €	157 127 €	161 275 €	165 264 €
Vuosi	26	27	28	29	30
Energiasäästö, MWh	152	152	152	152	152
Energiasäästö, €	13 645 €	13 782 €	13 919 €	14 059 €	14 199 €
Nykyarvossa	3 838 €	3 691 €	3 551 €	3 415 €	3 285 €
Kumulatiivinen säästö	169 102 €	172 793 €	176 344 €	179 759 €	183 045 €

Kaukojäähdytysjärjestelmän lisääminen vanhaan asuinkerrostaloon

Jäähdytyksen mitoitusarvo asunnoille	30 W/m ²
Jäähdytyksen mitoitusarvo ravintolalle ja liiketilat	60 W/m ²
Kaukojäähdytysliittymän sopimusteho	128 kW
Kaukojäähdytysliittymän sopimusmaksu	87 296 €
Kaukojäähdytysliittymän vuosimaksu	9 523 €
Kaukojäähdytysenergian hinta vuodessa	1 240 €
Kaukojäähdytyksestä saatava hyöty kaukolämmössä	70 MWh/a
Lämmitysenergian hinta	70 €/MWh
Kaukolämmön hyvityshinta vuodessa	4 900 €
Investoinnin kustannus yhteensä	368 800 €
Huoneistoala	2758 m ²
Liiketilat	485 m ²
Ravintola	264 m ²
Investoinnin kustannus / m ²	134 €
Vuosimaksujen kustannus / m ²	4 €

Taulukko 7: Kaukojäähdytyksen investointikustannukset

Kaukojäähdytysliittymän sopimusmaksu	87 300 €
Jäähdytyslaitteisto + keskus	33 000 €
Reititys	105 000 €
Päätelaitteet kanavineen	110 000 €
Rakennus- ja sähkötekniset työt	33 500 €
Yhteensä	368 800 €

Koko jäähdytysjärjestelmän investointikustannukset ovat arviolta 134 €/m².

Jäähdytysenergiasta voidaan hyödyntää noin 70 MWh/a kaukolämmössä. Siitä korvauksena arviohinnalla voidaan laskea saatavan 70 €/MWh. Säästöä tulee siis arviolta 4900 €/a. Tällöin todelliseksi vuosikustannuksiksi jää 5860 €/a, eli jäähdytysjärjestelmän nettoerusteiseksi vuosikustannukseksi saadaan 2,1 €/m².