

Niki Hannonen

# Lämmöntalteenoton toteutus linjasaneeraus- kohteessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

21.11.2018

Tekijä Otsikko	Niki Hannonen Lämmöntalteenoton toteutus linjasaneerauskohteessa
Sivumäärä Aika	31 sivua + 2 liitettä 21.11.2018
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Seppo Innanen rakennusmestari (AMK) Matias Korhonen
<p>Opinnäytetyössä selvitetään poistoilmalämpöpumppu-järjestelmän toimintaperiaatetta ja toteutusta linjasaneerauskohteissa. Lämmöntalteenoton mitoitusta varten selvitettiin kaavat, joita voidaan käyttää suoraan järjestelmän mitoittamisessa.</p> <p>Opinnäytetyön erimerkkikohteena on Helsingin kantakaupungin alueella oleva asuinkerrostalo. Kohde on rakennettu 1936 ja käsittää 47 asuinhuoneistoa, 2 liiketilaa ja 2671,5 m<sup>2</sup> huoneistoalaa. Kiinteistö on liitetty kaukolämpöön ja linjasaneerauksen yhteydessä kaukolämmön rinnalle asennettiin poistoilmalämpöpumppu-järjestelmä. Linjasaneerausurakka vastaanotettiin tammikuussa 2017. Poistoilmalämpöpumppuja asennettiin kaksi kappaletta.</p> <p>Kohteessa ei ole käytössä lämmöntalteenottojärjestelmän etäluentaa. Toteutuksen jälkeen todettiin järjestelmän lämmönkeruuputkien vaakavetojen olevan B-porrashuoneen osalta turhaan liian pitkät, jolloin lämpöhäviö putkistoissa on turhaa.</p> <p>Opinnäytetyössä selvisi, että suunnittelu ja toteutus ovat erittäin tärkeitä vaiheita LTO-järjestelmää toteutettaessa, jotta mahdollisimman suuri hyöty järjestelmästä saadaan.</p>	
Avainsanat	lämmöntalteenotto, PILP, energiansäästö, kerrostalo, linjasaneeraus

Author Title	Niki Hannonen Air Recovery in Renovation Buildings
Number of Pages Date	31 pages + 2 appendices 6 November 2017
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Seppo Innanen, Senior Lecturer Matias Korhonen, Bachelor of Construction Management
<p>In this thesis the subject was to investigate the performance and execution of an exhaust air heat pump system. In order to dimension the heat recovery system, the right formulas for the system were established.</p> <p>As a study case a building which was built in 1936, with 47 apartments and 2 business units, in total 2671.5 m<sup>2</sup>, was used. The building was already connected to the district heating network and during the pipeline renovation, two exhaust air heat pumps were added. The pipeline renovation finished in January 2017.</p> <p>The building and its heat recovery system did not have an additional data reading system. After the installation of the heat recovery system, it was found out that some of the pipe installations were too long and could have been made more efficiently to maximize the heat recovery outcome.</p> <p>The thesis established that planning and execution are both very important parts when planning a heat recovery system for an apartment building.</p>	
Keywords	heat recovery, exhaust air heat pump, energy saving, apartment building, pirenovation

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Suomen kerrostalot 1800—2010	2
2.1	Tietoa kerrostaloista	2
2.2	Korjausrakentaminen	3
2.3	Linjasaneeraus	5
2.4	Kerrostalojen korjaustarve pääkaupunkiseudulla	6
2.5	Talotekniikka 1900—2000	7
2.5.1	Lämmitys	7
2.5.2	Viemäri- ja käyttövesijärjestelmät	8
2.5.3	Ilmanvaihto	8
3	Poistoilman lämmöntalteenotto	10
3.1	Yleistä	10
3.2	Soveltuvuus rakennustyyppeihin	11
3.3	Lähtötietoja PILP-järjestelmän hankintaan	12
3.4	Valmistajat	13
3.5	Poistoilmalämpöpumppu	14
3.5.1	Lämpökertoimet	15
3.5.2	Toimintaperiaate	15
3.6	Hyödyt ja haitat	16
3.7	Järjestelmän mitoitus	17
3.8	KytKentä	19
4	Esimerkkikohde As Oy Töölö-Hesperia	22
4.1	Tietoa kohteesta	22
4.2	Lämmönjakohuone	23
4.3	Lämmöntalteenoton keruuputkiston asennus	25
4.4	PILP-järjestelmä	28
5	Yhteenveto	29
	Lähteet	31

## Liitteet

Liite 1. Asunto Oy Töölö-Hesperian lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus

Liite 2. Asunto Oy Töölö-Hesperian PILP-kytkentäkaavio

## 1 Johdanto

Suomessa asuinkerrostalojen talotekniikan uusimisvälinä pidetään noin 50 vuotta. Suurin osa Suomen pääkaupunkiseudun asuinkerrostaloista on rakennettu 1970-luvulla. Lähiuosina pääkaupunkiseudun asuinkerrostalot vaativat korjaustoimenpiteitä, ja osassa näistä asuinkerrostaloista hankesuunnittelu on jo käynnistetty. Nykypäivänä ilmastonmuutos ja energian hintojen nousu saavat taloyhtiöt miettimään erilaisia ratkaisuja siihen, miten saataisiin asuinrakennuksista energiatehokkaampia. Oiva tilaisuus päivittää asuinrakennuksen energiatehokkuutta on linjasaneerauksen yhteydessä.

1970-luku pidetään koneellisen poistoilmanvaihdon vuosikymmenenä, sillä silloin rakennettuihin asuinkerrostaloihin koneellisen poistoilmanvaihdon asennus oli yleisempää kuin painovoimaisen ilmanvaihdon asennus. Koneellinen poistoilmanvaihto toi tullessaan suuren määrän hukkaan heitettyä lämmitysenergiaa. Energiankulutuksen ja siitä syntyvien kustannuksien seuranta ei ollut kovin tunnettua. Taloyhtiöt niin sanotusti heittivät rahaa taivaan tuuliin.

2010-luvulla poistoilmalämpöpumput tulivat tutuiksi taloyhtiölle, ja hukkaan menevä lämmitysenergia pystyttiin ottamaan talteen. Lämmöntalteenoton ratkaisuja alettiin esittää hankesuunnitteluvaiheessa taloyhtiölle tapana, jolla rakennuksen energiatehokkuutta pystyttiin parantamaan.

Opinnäytetyössä selvitetään asuinkerrostalojen historiaa sekä poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaatetta ja perehdytään tarkemmin Helsingissä toteutettuun lämmöntalteenoton toteutukseen linjasaneerauskohteessa. Opinnäytetyön esimerkkikohde on tyypillinen Helsingin kantakaupungin alueelle vuonna 1936 valmistunut asuinkerrostalo, jossa uusitaan jo kohteessa toiminut koneellinen poistoilmanvaihto kaikkine laitteineen. Kohde on valmistunut tammikuussa 2017, ja ensimmäisiä kustannusvertailuja pystytään kulu-neen vuoden ajalta vertaamaan aikaisempiin vuosiin.

## 2 Suomen kerrostalot 1800—2010

### 2.1 Tietoa kerrostaloista

Rakennusta, joka koostuu vähintään kolmesta asunnosta ainakin kahdessa kerroksessa, voidaan kutsua kerrostaloksi. Suomessa asuinkerrostalot tulivat tutuiksi 1800-luvulla, jolloin Helsinkiin nousi ensimmäisiä kolme- ja neljäkerroksisia kerrostaloja. Kerrostalojen kehitys eteni huimaa vauhtia, ja jo saman vuosisadan lopulla Helsingissä nähtiin jopa seitsemänkerroksisia kerrostaloja. Sotien aikana Suomessa rakentaminen laantui, mutta heti sotien jälkeen kerrostalorakentaminen lähti huimaan kasvuun. 1970-luvulla ja sen jälkeen rakennettuja kerrostaloja on Suomessa noin 65 % kaikista asuinkerrostaloista. (1) Vuonna 2015 Suomen rakennuskannasta asuinrakennuksia on 1 283 2911, mistä asuinkerrostaloja on 59 499. Pääkaupunkiseudulle on kyseisenä vuonna valmistunut asuinkerrostaloja noin 8 000. Kuvassa 1 on esitetty Suomen rakennuskanta käyttötarkoitusten mukaan. (2.)

	Rakennusten lukumäärä	Osuus kaikista rakennuksista (%)
KAIKKI RAKENNUKSET	1 505 138	100,0
A. Asuinrakennukset yhteensä	1 283 291	85,3
Erilliset pientalot	1 143 896	76,0
Rivi- ja ketjutilat	79 896	5,3
Asuinkerrostalot	59 499	4,0
C-N Muut kuin asuinrakennukset yhteensä	221 847	14,7
C Liikerakennukset	43 058	2,9
D Toimistorakennukset	10 828	0,7
E Liikenteen rakennukset	56 530	3,8
F Hoitoalan rakennukset	8 756	0,6
G Kokoontumisrakennukset	14 151	0,9
H Opetusrakennukset	8 935	0,6
J Teollisuusrakennukset	43 524	2,9
K Varastorakennukset	30 429	2,0
L,N Muut rakennukset	5 636	0,4

Kuva 1. Rakennuskanta käyttötarkoituksen mukaan vuonna 2015 (2)

Rakennuskanta kattoi vuoden 2015 loppuun mennessä yhteensä yli 467 miljoonan neliömetrin kerrosalan, ja keskimääräinen pinta-ala rakennuksilla oli 312 neliömetriä. Kes-

kimääräinen pinta-ala muilla kuin asuinrakennuksilla oli 294 neliömetriä. Asuinrakennusten osuus koko kerrosalasta oli 63 prosenttia eli noin 294,21 miljoonaa neliömetriä suhteutettuna kerrosalaan. (2.)

Tavallisesti teräsbetonielementeistä rakennettu enintään viisikerroksinen ja noin kolme porrashuonetta sisältävä kerrostalo on tyypillisin näky suomalaisessa kerrostalorakentamisessa. Kerrostaloasunnon yleisin huoneistokoko on kaksio, ja se sisältää keittiön, kylpyhuoneen, saunan, olohuoneen, makuuhuoneen, eteisen ja parvekkeen. Asuinke-rostaloissa muita asukkaiden käytössä olevia yleisiä tiloja ovat esimerkiksi pesula, irtainvarasto ja ullakko. Hissit ovat myös yleinen näky yli kolmekerroksisissa kerrostaloissa. (1.)

## 2.2 Korjausrakentaminen

Saneeraus eli korjausrakentaminen on sanansa mukaisesti rakennuksen korjaustyötä. Korjausrakentaminen kuuluu jokaisen rakennuksen elinajan johonkin osaan, ja sen tarkoituksena on pidentää rakennuksen elinkaarta, parantaa rakennuksen käyttöturvallisuutta, päivittää talotekniikka nykyajan mukaiseksi, säilyttää rakennuksen arvoa ja parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Korjaustoimenpiteet pyritään tekemään samalla kertaa, jolloin korjaustoimenpiteiden määrää voidaan laskea ja käyttömukavuutta nostaa. Erilaisten järjestelmien säännöllinen huolto pidentää niiden käyttöikä ja vähentää rikkoutumisen riskiä ja uusimisen tarvetta. (3, s. 246.)

Rakennuksen korjaustoimenpiteisiin ryhtyjän on syytä huolehtia, että korjaustoimenpiteet suoritetaan nykypäivän rakennusmääräysten mukaisesti. Riippuen rakennuksen valmistumis- tai viimeisimmän saneerauksen ajankohdasta, voivat erilaiset ratkaisut poiketa toisistaan huomattavasti. Suomen rakentamismääräyksiä on noudatettava, eikä muutoksen jälkeen rakennuksen turvallisuus saa vaarantua sen käyttäjille. (4, s. 24.)

Rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesti korjausrakentamistavoitteet voidaan luokitella eri kategorioihin:

- Peruskorjaus – rakennus korjataan uutta vastaavaksi.
- Perusparannus – olemassa olevaa/ollutta laatutasoa parannetaan.
- Uudistus – eri tilojen, rakennuksen osien tai järjestelmien nykyaikaistaminen.
- Lisärakentaminen – nykyisen rakennuksen laajentaminen sisä- tai ulkopuolisesti.



- Konservointi – nykyisen rakennustekniikan säilyttäminen.
- Entisöinti – rakennuksen valmistumisvuoden mukaisia rakennustapoja noudattaen toteutettu restaurointi.
- Rekonstruointi – jäljennöksen rakentaminen olemassa olevia tietoja, asiakirjoja tai rakennuksen osia käyttäen. (5, s. 17—20).

## 2.3 Linjasaneeraus

Putkiremontista puhuessa ammatillisesti käytetään termiä linjasaneeraus. Linjasaneerauksella tarkoitetaan rakennuksen vesijohtojen ja viemäriputkiston perusparannusta. Perusparannuksessa pyritään lähtökohtaisesti uusimaan vanhat vesijohdot ja viemäriputket, jotka palvelevat kyseistä rakennusta. Putkiremonttien yleistyessä on uusia korjaustapojaakin syntynyt. Yleisimmät korjaustavat on esitetty kuvassa 2.

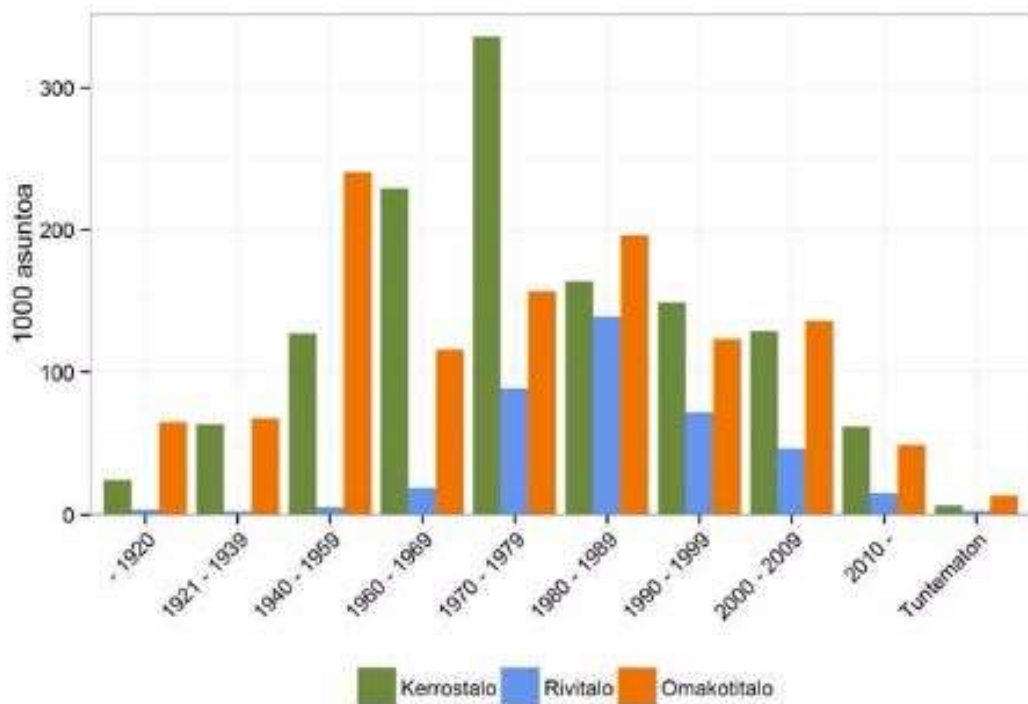
Korjaustapa	Soveltuu, kun	Edut ja haitat (+/-)	Käyttöikäarvio
1. Kaikki vanhat rakenteet, putkistot ja kaapelit puretaan ja rakennetaan uudet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakennuksessa on kosteus- tai mikrobivaurioita</li> <li>• halutaan laadunparannus</li> <li>• halutaan tilamuutoksia</li> <li>• halutaan sähköasennusten korjaus</li> </ul>	+ Soveltuu sisätiloiltaan säilytettäviin kohteisiin – Korjaustyö pölyävää ja meluisaa – Vuotojen tarkkailu ei helppotu – Kustannukset yleensä suuria – Korjaustyön kesto on pitkä	noin 50 v.
2. Vanhat putkikulut avataan yhdeltä tai kahdelta sivulta ja vanhat putket ja kaapelit puretaan. Uudet putkistot ja kaapeloinnin asennetaan vanhoihin putkikuluihin.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vanhat putkihormit ovat helposti avattavissa</li> <li>• tilat voidaan ottaa korjaustyön ajaksi pois käytöstä</li> </ul>	+ Soveltuu sisätiloiltaan säilytettäviin kohteisiin – Korjaustyö pölyävää ja meluisaa – Vuotojen tarkkailu ei helppotu – Kustannukset yleensä suuria – Korjaustyön kesto on pitkä – Hormien koko rajoittaa uusia asennuksia	noin 50 v.
3. Vanhat putkistot ja kaapelit jätetään paikoilleen. Uudet putkisto- ja kaapeliasennukset tehdään uusiin koteloihin tai tehdään pinta-asennuksina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• porrashuoneita, huonetiloja ja/tai alakattoja voidaan käyttää pinta-asennuksia varten</li> <li>• tilat halutaan pitää käytössä korjaustyön aikana</li> </ul>	+ Soveltuu vuotojen tarkkailuun ja huoltoihin tarkastusluukuista – Häiritsee tilojen käyttöä – Ei kohteet, joissa sisätilat halutaan säilyttää – Kustannukset yleensä suuria – Korjaustyön kesto on pitkä – Uudet nousukotelot vievät tilaa	noin 50 v.
4. Vanhat putkistot ja kaapelit jätetään paikoilleen. Putket ja kaapelit tuodaan valmiissa putkielementeissä, jotka asennetaan kerroksittain ja yhdistetään toisiinsa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakenteiden tarkat mitat ovat ennalta tiedossa riittävän tarkasti</li> <li>• märkätilat halutaan säilyttää ennallaan</li> <li>• pinta-asennukset sallitaan</li> <li>• viemärit asennetaan alakattoihin</li> </ul>	+ Elementtien ja putkien asennus nopeaa + Kustannuksissa saatetaan säästää – Uudet elementtiosuudet vievät tilaa (erikseen varatta tila) – Ei kohteet, joissa sisätilat halutaan säilyttää – Häiritsee tilojen käyttöä – Korjaustyön kesto on pitkä	noin 50 v.

Kuva 2. Putkiremonteissa toteutettavia erilaisia korjaustapoja selitteineen (6, s. 3)

Putkiremonttien toteutustapoja on yhtä paljon kuin toteuttajiakin. Rakennusalan kehittyessä pyritään putkiremonttien toteutustapoja muuttamaan siten, että ne saataisiin toteutettua mahdollisimman nopeasti ja pienin kustannuksin.

## 2.4 Kerrostalojen korjaustarve pääkaupunkiseudulla

Teollisuuden kehittyessä ja työpaikkojen lisääntyessä 1970-luvulla käynnisti suuren muuttoliikkeen pääkaupunkiseudulle, jolloin myös kerrostalorakentaminen lisääntyi valtavasti. Rakentamisen laman myötä koko asuntotuotanto romahti vuoden 1990 jälkeen. Kuva 3 esittää 1900-luvulla rakennettuja asuinrakennuksia pääkaupunkiseudulle. (7, s. 15.)



Kuva 3. Pääkaupunkiseudulla 1900-luvulla rakennetut asuinrakennukset (7, s. 16)

Putkistojen käyttöikä näkyy lukuisien kuntokartoitusten mukaan on pidetty keskimäärin noin 50:tä vuotta. Tämä kuvastaa hyvin sitä kuinka suuri putkiremonttien tarve pääkaupunkiseudulla tulee lähivuosina olemaan, kun 1970-luvulla rakennetut asuinkekkorastalot vaativat korjaustoimenpiteitä talotekniikan osalta.

1970-luvulla suosittu elementtirakentaminen oli nopeaa, sillä asuinkekkorastaloja tarve kasvoi niin nopeasti, että perinteisen massiiviholvirakentamisen sijaan oli kehitettävä nopeasti tapa saada asuinkekkorastaloja rakennettua. Tulevissa linjasaneerauskohteissa tämä tulee näkymään myös mahdollisesti totuttua nopeampana toteutuksena kokonaisuuka-taulullisesti, sillä elementtitaloissa on selkeät putkinousuhormien sijainnit. (6, s. 3.)

## 2.5 Talotekniikka 1900—2000

### 2.5.1 Lämmitys

1910-luvulle asti Suomessa käytettiin huonekohtaista uunilämmitystä päälämmitysmuotona asuinkerrostaloissa, jonka jälkeen keskuslämmitys alkoi yleistyä. Alun perin höyrylämmitteiset keskuslämmitykset asennettiin Suomessa jo noin 1890-luvun taitteessa. Höyrylämmitteiset keskuslämmitykset korvattiin kuitenkin nopeasti vesikiertoisilla keskuslämmityksillä, ja vesikiertoisesta keskuslämmityksestä tulikin nopeasti Suomen yleisin ja vakiintunut lämmitysjärjestelmä. Vesikiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä on vielä tänäkin päivänä yleisin tapa asuinkerrostalojen lämmityksessä. (3, s. 69.)

Aluksi painovoimakiertoisina patterilämmityksinä toimineet vesikiertoiset keskuslämmitysjärjestelmät perustuivat kuuman ja kylmän veden tiheyseroon, jonka seurauksena putkikoot tuli olla normaalia suuremmat. Ensimmäinen kaukolämpöverkosto otettiin Suomessa käyttöön vuonna 1950, jolloin myös kiertovesipumppuja alettiin vähitellen ottaa käyttöön lämmitysjärjestelmissä. Näin putkikokoja pystyttiin pienentämään ja radiaattorien materiaalia muuttamaan valurautaisista teräslevyisiksi. Patterit saatiin korvata kokonaan lattialämmitysjärjestelmällä. (3, s. 113.)

Kaksiputkiradiaattorilämmitys kasvoi yleisimmäksi lämmitysmuodoksi vuodesta 1960 eteenpäin. Tämä kaukolämmitysverkostoon kytketty pumppukiertoinen lämmitysmuoto tuli tunnetuksi kerrosten läpi kulkevista meno- ja paluueden lämmitysputkista. Näitä putkia kutsuttiin lämmitysjärjestelmän nousulinjoiksi. Jakotukkien yleistyminen 1990-luvulla mahdollisti lämpöenergiankulutusta mittaamisen huoneistokohtaisesti. Asuntojakotukki-järjestelmässä nousulinjat sijoitettiin porrashuoneisiin, joista haaroitettiin muoviputket asuntokohtaisiin jakotukkeihin esimerkiksi lattiarakenteissa. (3, s. 181.)

Uusien mieltymysten ja modernin arkkitehtuurin myötä yleistyneet suuret ikkunakoot ja tiukentuneet äänivaatimukset ovat yleistäneet lattialämmitysten asennuksia kerrostaloissa. Lattialämmitykset eivät ole kuitenkaan korvanneet vesikiertoista patterikeskuslämmitystä, joka liitetään kaukolämmitykseen ja on edelleen yleisin kerrostaloissa käytetty lämmitysmuoto. (3, s. 230.)

### 2.5.2 Viemäri- ja käyttövesijärjestelmät

Helsingissä ensimmäisiä vesijohtoputkia asennettiin rakennuksiin 1876 ja huoneistoihin saatiin johdettua ensimmäisiltä vesilaitoksilta suoraan kylmä käyttövesi 1900-luvun alussa. Vesi lämmitettiin omia tarpeita varten huoneistoissa keittämällä kuumavesisäiliöissä keittiön tulisijan yhteydessä tai käyttämällä kaasulla toimivia vedenlämmittimiä. Materiaalina vesijohtoputkissa käytettiin galvanoimatonta teräspuutkea, josta irtosi ruostetta käyttöveeten. Tästä johtuen vesi lämmitettiin aina nimenomaan sille tarkoitettussa lämmityskattilassa. Galvanoituja teräspuutkia asennettiin 1920-luvun alkupuolella. Lämminvesijohtojen materiaalina käytettiin kuparia ja viemäriputket valurautaputkea. (3, s. 69)

1950-luvulta eteenpäin myös kylmävesijohtojen putkimateriaalina alettiin käyttää kupariputkea. Viemäriputken materiaali pyrittiin uusimaan muoviin sen halvemman valmistuksen ja nopeamman asennuksen ansiosta vuonna 1965, mutta asennustavat ja lämmönkestävyysongelmat eivät tehneet muoviviemäreistä vielä yleisiä. Vuonna 1975 muoviviemärien käyttö viemäriputkimateriaalina yleistyi, kun PVC-HT-viemärit tulivat markkinoille. Samoihin aikoihin muoviputkien käyttö vesijohtoputkissa yleistyi. (3, s. 181—182.)

Ala kehittyi nopeasti, ja 1990-luvulla huoneistokohtaisen vedenkulutuksen seuranta yleistyi, kun huoneistokohtaisia vesimittareita asennettiin uusiin ja remontoitaviin kohteisiin. Samaan aikaan kylpyhuoneissa tyypilliset ammeet korvattiin suihkuilla, sillä vettä pyrittiin säästämään. Vesijohto- ja viemäriputkinousuja pystytettiin yhä useammin porrashuoneiden puolelle, jolloin välttyttiin välipohjien lävistyksiä, sillä käyttövesijohdot pystyttiin haaroittamaan lämmityspotkien tapaan jakotukkien kautta muoviputkilla lattiapintarakenteiden alla. (3, s. 230—232.)

### 2.5.3 Ilmanvaihto

Juuri ennen 1900-lukua kerrostalojen ilmanvaihto toimi painovoimaisena, ja niissä huoneistojen ilmanvaihtuvuus perustui kylmän ja lämpimän ilman tiheyseroon sekä ulkoilman paine-eroihin. Tulisijan savuhormin kautta toteutetut painovoimaiset ilmanvaihdot toimivat samalla erinomaisina poistoilmakanavina. Raitisilmakanavat muurattiin ulkoseiniin, joista pystyttiin säätelemään huoneistoon sisään tulevaa ulkoilmaa räppänä-venttiilien avulla. Korkeimmissa kerrostaloissa alimmissa huoneistoissa ilma vaihtui erittäin te-

hokkaasti, sen sijaan ylimmät huoneistot kärsivät huonosta ilmanvaihdosta lyhytten hormien takia. Ilmanvaihtuvuutta tehostettiin kesäaikaan ikkunoita avaamalla, mutta talvella ei ongelmia ilmanvaihdossa ollut. (3, s. 70.)

1920-luvulla painovoimaiseen ilmanvaihtoon tehtiin myös parannuksia. Ilmanvaihtohormit haluttiin pois savuhormeista, joten uudet omat ilmanvaihtohormit pyrittiin rakentamaan rakennuksen keskelle, jotta kylmä ulkoilma ei viilentäisi lämmintä poistoilmaa ja täten estäisi painovoimaista ilmanvaihtoa toimimasta. Huonekohtaiset ilmanvaihtokanavat yleistyivät, ja ne yhdistettiin liittämällä yhteen puutorveen eli piippuun, joka ohjattiin vesikatolle asti. Muuratut raitisilmakanavat saivat rinnalleen rakoventtiilit, joita asennettiin ikkunautojen alle. Vesikatolle tulevien poistoilmakanavien päähän asennettiin tuulella toimivat kanava-imurit, jotka tehostivat poistoilmakanavan toimivuutta. (3, s. 114—117.)

Suomen Puhallintehdas Oy:n esittämä SP-yhteiskanavajärjestelmä hyväksyttiin rakennushallituksessa 1950-luvun lopulla, jolloin kyseinen yhteiskanavajärjestelmä yleistyi huomasti kerrostaloissa. Tämän sääolosuhteista riippumattoman järjestelmän toiminta perustui siihen, että eri kerroksissa olevien samojen tilojen poistoilmakanavat ohjattiin yhteiseen muurattuun poistoilmakanavaan, mikä johti ullakolle asennettuun poistoilmakammioon. Poistoilmakammioista ilma poistui kerralla koko rakennuksesta. Yhteiskanavajärjestelmä säästi tilaa asuinkerrostaloissa, jolloin asukkaille jäi enemmän asuin tilaa. Yhteiskanavajärjestelmän mukana tuli myös ongelmia, sillä haju ja meluhaitat saattoivat haitata asukkaita ja raitisilma jouduttiin ottamaan muuta kautta kuin oli totuttu. (3, s. 114—117.)

Kerrostaloissa, jotka käsittivät enintään neljä kerrosta, nähtiin vielä painovoimaisia ilmanvaihtojärjestelmiä vuoteen 1975 asti. Muuten yhteiskanavapoistojärjestelmä oli noussut yleisimmäksi ilmanvaihtojärjestelmäksi. Korvausilma saatiin ikkunan sisäpuiteesta poistetun tiivisteiden kautta tai luottamalla ulkoseinän haurauteen. Kierresaumakanavan käyttö yleistyi, ja se korvasi betonista valmistetut valmiselementtihormit lähes täysin. Asuinmukavuuden lisäämiseksi puhaltimiksi hankittiin kaksinopeuksisia puhaltimina, jolloin rakennuksen ilmanvaihtoa voitiin tehostaa esimerkiksi haluttuun vuorokauden aikaan. (3, s. 188.)

Poistoilmapuhaltimiin saatiin termostaatit, minkä ansioista kierrosluvut pysyivät maltillisina talviaikaan, jolloin poistoilmanvaihto toimi lähes itsenäisesti. Vuonna 1988 päivitetyt

rakentamismääräykset koskien raitisilman toteutustapoja muuttivat niiden asennustavat. Seinä- ja ikkunakarmiventtiileitä alettiin asentamaan uusien määräysten myötä. Koneellinen poistoilmanvaihto toi tullessaan ongelmia, sillä todella paljon lämmitysenergiaa saatettiin hukkaan tällä poistoilmanvaihdon menetelmällä. Oli kehitettävä järjestelmä, jolla hukkaan menevä lämmitysenergia saataisiin talteen ja näin säästettäisiin lämmityskustannuksissa kerrostaloissa.

1990-luvulla yleistyneet koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmät mahdollistivat energiataloudellisen lämmöntalteenoton, jossa lämpimästä poistoilmasta siirretään lämpöenergia viileään tuloilmaan. Tällöin viileää tuloilmaa ei tarvitse erikseen lämmittää niin paljon kuin aikaisemmin. Käyttömukavuusaste asuinkerrostaloissa paranee tämän järjestelmän myötä, sillä ennen viileä tuloilma saatiin nyt puhallettua huoneistoihin lämpimänä parempilaatuisten suodattimien läpi. Järjestelmiä toteutetaan kahtena eri mallina: keskitettyinä ja huoneistokohtaisina. Keskitetyissä järjestelmät olivat huoltovapaampia, mutta huoneistokohtaisissa järjestelmissä käyttömukavuus nousi huomattavasti keskitettyä järjestelmää korkeammaksi runsaiden säätömahdollisuuksien ansiosta. (3, s. 233.)

### **3 Poistoilman lämmöntalteenotto**

#### **3.1 Yleistä**

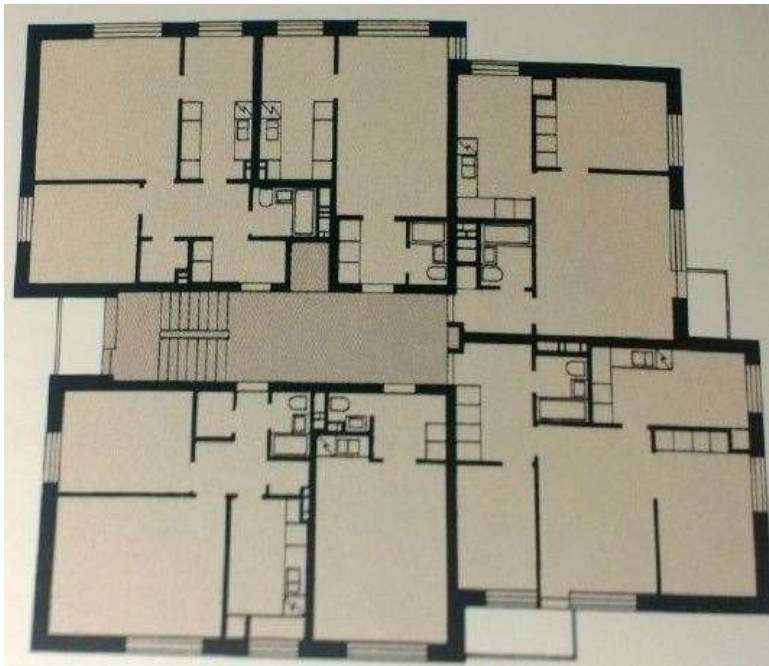
Nykyisin lähes jokaiseen alkavaan asuinkerrostalon linjasaneerauskohteeseen tarjotaan lämmöntalteenottoa, sillä muutaman vuoden aikavälillä se saattaa säästää tilaajalta jopa kymmeniä tuhansia euroja lämmityskustannuksissa. Erilaisia lämmöntalteenoton järjestelmiä on saatavilla erittäin paljon, ja ne kehittyvät jatkuvasti. Järjestelmiä on saatavilla ”avaimet käteen” –periaatteella, jolloin tuote myydään suoraan toimintakuntoon asiakkaalle. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tapaan, jossa suunnittelu, tuote ja asennus tulevat kaikki eri tahoilta tilaajalle.

Hankittaessa lämmöntalteenottoa on syytä kiinnittää huomiota ratkaisuihin jo suunnitteluvaiheessa. Joillakin valmistajilla on olemassa valmiita kokonaisuuksia sisältäen saman toimittajan osia, jolloin komponenttien yhteensovittamisessa ei ole ongelmia. Takuut ovat tällöin myös yhden toimittajan takana. PILP-järjestelmän osat voidaan hankkia myös

usealta eri toimittajalta, mutta silloin suunnitteluun, osien tilaukseen ja työurakoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Laitetoimittajien ammattitaitoa on syytä käyttää hyväksi PILP-laitteistoa suunniteltaessa. Laitetoimittajat mitoittavat ja suunnittelevat usein valmiiksi esimerkiksi lämpöpumput.

### 3.2 Soveltuvuus rakennustyyppeihin

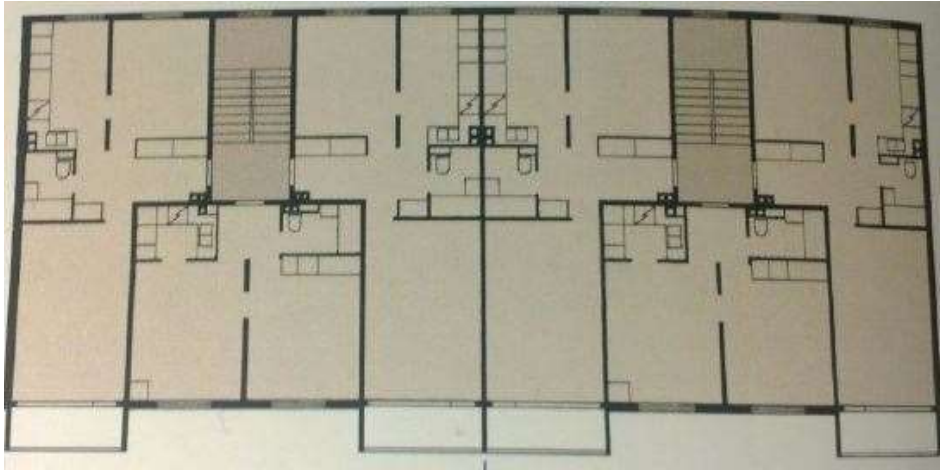
PILP-järjestelmää suunniteltaessa on selvittävä rakennuksen perustiedot, jotta juuri siihen kohteeseen voidaan valita sinne parhaiten soveltuva ratkaisu. Edullisimmaksi järjestelmän investoinnin kannalta tulee, mikäli jäteilman ulospuhallusaukkojen määrä saadaan jätettyä mahdollisimman pieneksi. Tämä vaikuttaa suoraan asennuskustannuksiin, sillä laitemäärät ja putkivedot vähenevät. PILP-järjestelmät palvelevat parhaiten korkeita, tornimaisia kerrostaloja, joissa poistoilmanvaihto toteutetaan keskitetysti yhdellä tai kahdella koneella. Tornimaisen eli pistetaloratkaisun pohjakuva esitetään kuvassa 4.



Kuva 4. Pistemallisen tornitalon pohjapiirros (3, s. 8)



Useamman rapun omaavat ja huoneistojen pohjaratkaisujen kopioivat lamellipohjaratkaisut ovat myös PILP-järjestelmälle sopivia. Näissä kohteissa keskitetyn poistoilmanvaihdon kanavoiteja voidaan yhdistää, jolloin jäteilman ulospuhalluspisteiden määrää saadaan vähennettyä ja PILP-järjestelmän investointikustannuksia pienennettyä. Tyypillisen lamellitalon pohjaratkaisu on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Lamellimallisen kerrostalon pohjapiirros (3, s. 8)

Rakennuksen pohjaratkaisusta riippumatta on suositeltavaa, että rakennuksessa olisi valmiina koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä, sillä painovoimaisessa ilmanvaihdossa hormit eivät pakosti ole riittävän tiiviitä koneelliselle poistoilmalle. Tässä tilanteessa LTO-järjestelmä vaatisi hormien uudelleen kanavoinnin tai sukituksen, jolloin hankinta- ja asennuskustannukset kasvaisivat. Tämä pidentäisi laitteiston takaisinmaksuaikaa turhan pitkäksi. Takaisinmaksuaikaa kohtuullistaa myös se, että rakennuksella on tarpeeksi suuret ilmamäärät. Ilmamäärien olisi syytä olla vähintään 500 l/s.

### 3.3 Lähtötietoja PILP-järjestelmän hankintaan

Kiinteistön on syytä valmistautua PILP-järjestelmän hankintaan muun muassa keräämällä seuraavia tärkeitä tietoja:

- lämmitysenergian kulutus viime vuosina
- lämpimän käyttöveden tai veden kokonaiskulutuksen määrä
- kokonaisilmamäärät

- kiinteistön lämmitystapa
- kaukolämpö- ja/tai sähköenergian hinta
- lämmitysverkoston lämpötilat ja niiden paikkansa pitävyys
- lämmitysverkoston mahdolliset saneeraus- ja säätötyöt
- vesikaton tyyppi.

### 3.4 Valmistajat

Suomessa PILP-järjestelmän laitevalmistajien määrä kasvaa, ja kilpailu on koventunut viime vuosina. Tässä käydään läpi kolme tunnetuinta valmistajaa, joihin linjasaneerauskohteissa useimmiten törmää.

Gebwell Oy on Leppävirralta lähtöisin oleva yritys, joka on erikoistunut ympäristöystävällisiin ratkaisuihin niin lämmityksen kuin jäähdytyksenkin osalta. Gebwell valmistaa ja myy LVI- ja rakennusalan ammattilaisille muun muassa lämpöpumppuja, hybridisiirtimiä ja varaajia ja tekee yhteistyötä Oy Pamon Ab:n kanssa PILPIT-lämmöntalteenottolaitteiston osalta. (8.)

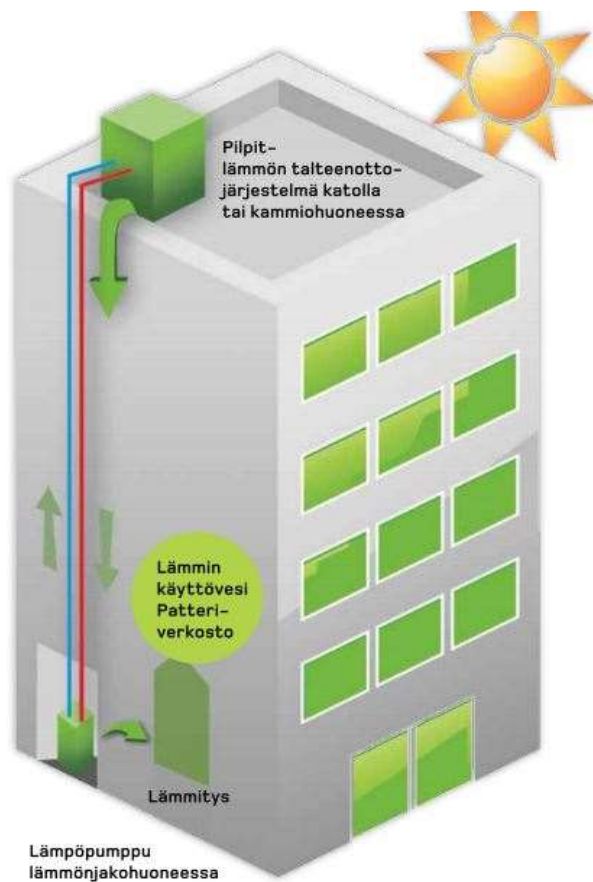
HögforsGST Oy on lämmitysjärjestelmien valmistukseen erikoistunut yritys, joka on palvellut LVI-alan ammattilaisia ympäri Eurooppaa ja Aasiaa jo yli 20 vuoden ajan. Kaikki HögforsGST:n tuotteet on valmistettu Suomessa. Lähes valmiit PILP-järjestelmät voidaan suoraan toimittaa tilaajalle, ja ne ovat valmiiksi tehtaalla testattuja. (9.)

Tom Allen Senera Oy nousi Suomen markkinajohtajaksi vuonna 2017, kun Tom Allen Oy ja Senera Oy yhdistyivät. Yritys toimittaa tilaajallensa kokonaisvastuullisesti lämmöntalteenoton- ja ilma-vesilämpöjärjestelmät. (10.)

Jokainen näistä kolmesta yrityksestä tarjoaa tilaajalleen myös valvontapalveluja, jotka mahdollistavat järjestelmän reaaliaikaisen seurannan asiakkaan tarpeista riippuen.

### 3.5 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu-järjestelmän (PILP) peruseriaate on ottaa ulospuhallettavasta jäteilmasta lämpöenergia talteen joko siirtoputkia hyväksikäyttäen tai suoraan jäteilmavirrasta. Mikäli siirtoputkia käytetään, on lämpöpumpun höyrystin sijoitettu erilleen jäteilmavirrasta. Siirtoputkissa virtaa glykolipohjaista lämmönsiirtonestettä, jotta siirron aikana siirtoputkien jäätyminen riski pystyttäisiin minimoimaan. Lämmöntalteenotto voidaan toteuttaa kuvassa 6 esitetyn tavan mukaisesti.



Kuva 6. PILPIT-järjestelmän toteutuksen periaatekuvitus kerrostalossa. (17)

Suomessa lämpöpumppujen suosio on jatkuvassa kasvussa. Vuonna 2011 niitä myytiin yli 70 000 kappaletta, mikä selittyy niihin tehdyn investoinnin kannattavuudella, sillä lämmityskustannukset pienenevät ja vuotuinen tuotto investoinnille voi olla jopa 10–20 %. Lämpöpumppujen määrä onkin 35-kertaistunut 20 vuodessa. Poistoilmalämpöpumppuja on otettu käyttöön vuonna 2011 yli 2 000 kappaletta. (11.)

### 3.5.1 Lämpökertoimet

Lämpöpumppujen hyötysuhteet ilmoitetaan COP (Coefficient of Performance) tai SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) -lämpökertoimilla. COP-arvolla voidaan selvittää laitteen lämpöenergian tuottavuus sille tuodusta 1 kWh:n sähköenergiasta. SCOP-arvo kertoo laitteen vuosihyötysuhteen ottaen huomioon ilmastolliset vaikutukset.

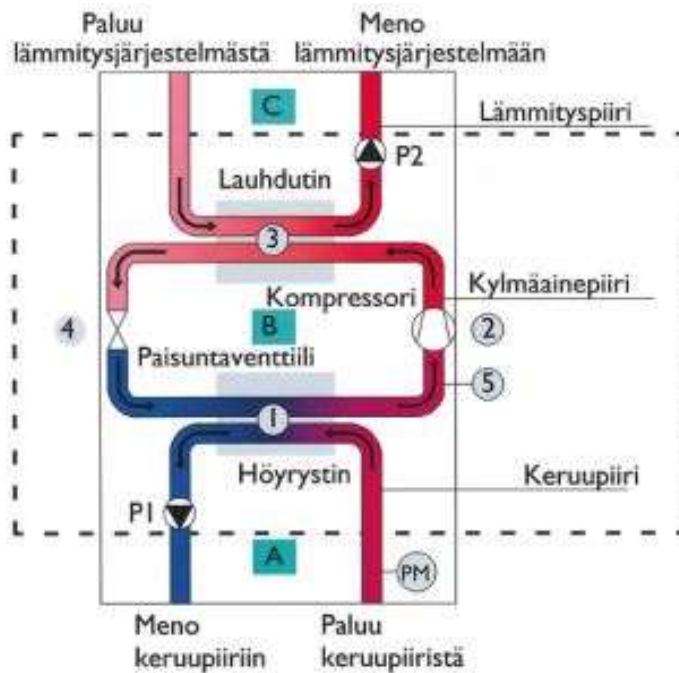
Useimpien valmistajien lämpöpumpuista COP-arvot ilmoitetaan +7 °C:n ulkolämpötilassa. Esimerkkinä ilmalämpöpumpun COP lämmityskäytössä voi olla yli 5 kyseisellä +7 °C:n ulkolämpötilalla. Tällöin kyseiseen järjestelmään tuodun 1 kWh:n sähköenergian kautta saadaan järjestelmästä ulos 5 kWh lämmitysenergiaa. COP-arvo tulisi olla ilmoitettu EN 14511 standardin mukaan, sillä siitä saatavat arvot ovat tarkempia kuin aiemmin ilmoitetun EN 255 standardin mukaan.

On kuitenkin muistettava, että Suomessa ulkolämpötilat eivät ole keskimäärin +7 °C. Suurien keskilämpötilaerojen takia hyötysuhteita on alettu mittaamaan SCOP-lämpökertoimen avulla. EN 14825 standardin mukaan Eurooppa on jaettu kolmeen eri ilmasto-vyöhykkeeseen, ja Suomi kuuluu niistä Pohjois-Euroopan vyöhykkeeseen. Tämän ansiosta lämpöpumpun hankkija pystyy käsittämään kyseisen laitteen toimintaa paremmin omalla vyöhykkeellään. (12; 13.)

### 3.5.2 Toimintaperiaate

Poistoilmalämpöpumppu koostuu neljästä pääosasta, jotka ovat kompressori, lauhdutin, paisuntaventtiili ja höyrystin. Kullakin näistä on oma roolista poistoilmalämpöpumpun toiminnassa. Ennen jäteilmän puhaltamista ulkoilmaan höyrystin asennetaan jäteilmakanavan yhteyteen keräämään lämpöenergia talteen lämmöntalteenotto komponentin kautta lämmönkeruunesteeseen. Tarkemmin ottaen lämpöpumpun lämmönkeruuneste vuoroin höyrystetään ja lauhdutetaan eri painetasoilla. Kompressorin avulla höyrystynyt kylmäaine imetään höyrystimestä ja puristetaan pienempään tilaan, jolloin kylmäaineen paine ja lämpötila nousevat. Näin talteen kerätty lämmitysenergia voidaan siirtää lauhduttimen kautta takaisin rakennuksen lämmitysenergiaksi. Tämän jälkeen höyry muutetaan takaisin nesteeksi paisuntaventtiilissä, josta se siirtyy takaisin höyrystimelle ja prosessi lähtee

uudelleen kiertoon. (14, s. 17—18) Kuvassa 7 on esitetty lämpöpumpun toimintaperiaate.



Kuva 7. Lämpöpumpun toimintaperiaate (15, s. 12)

Jäteilman jäädytys LTO-yksikössä on yksi tärkeimmistä seikoista, sillä mitä enemmän jäteilmaa pystytään LTO-yksikössä jäädyttämään, sitä enemmän poistoilmalämpöpumpulla saadaan energiaa tuotettua.

Talteen kerätty lämpöenergia siirretään lauhduttimesta oman erillisen lämmönsiirtimen kautta takaisin rakennuksen lämmitysverkkoon, ensisijaisesti käyttöveden lämmitykseen ja toissijaisesti lämmitysjärjestelmään. Jotta saataisiin paras hyöty talteen kerätyn lämpöenergian uudelleenkäytöstä, olisi lämpöenergia ohjattava uuden järjestelmän kohtaan, jossa veden lämpötila on matala, kuten matalia lämpötiloja käyttävät lattialämmitysjärjestelmät. (14, s. 17—18; 16, s. 389.)

### 3.6 Hyödyt ja haitat

Nyky päivänä PILP-järjestelmiä on saatavilla erittäin runsaasti ja melkein jokainen järjestelmää toimittava yritys tarjoaa verkkosivuillaan laskurin, jolla voi laskea suuntaa antavan vuotuisen säästön heidän järjestelmää käyttämällä. Rahan ja energiansäästö ovatkin suurimpia etuja PILP-järjestelmissä, sillä rahallinen säästö voi olla useita tuhansia euroa

vuodessa, ja rakennuksen lämmitysenergian tarve voi laskea jopa 50 %. Rakennuksen omaa poistoilmaa voidaan hyötykäyttää ottamalla vuotuisesta energiamäärästä lämpöä talteen noin 65 %. (18, s. 7.)

Mikäli taloyhtiö päättää lähteä energiasaneeraukseen, se voidaan toteuttaa Suomen lämmityskauden ulkopuolella touko-syyskuussa, jolloin lämmitystarve asuinkerrostoissa on pieni. Töitä kyseiselle saneeraukselle tulisi varata noin kuukauden verran, eli taloyhtiöön tulevat töistä koituvat haitat eivät olisi pitkäkestoisia. (18)

Suomessa ulkolämpötilat menevät reilusti pakkasen puolelle talviaikaan, mikä saattaa aiheuttaa höyrystimen huurtumista. Mikäli näin tapahtuu, on höyrystin sulatettava pysäyttämällä kompressori. (19, s. 355.)

Taloyhtiön tulisi kartoittaa rakennuksen ilmanvaihtohormit ennen PILP-järjestelmän hankkimista. Jos rakennuksen iv-hormit ovat rakenneaineisia, eivät ne välttämättä ole riittävän tiiviitä koneelliselle ilmanvaihdolle. Tällöin iv-hormit tulisi kunnostaa joko sukittamalla tai kanavoimalla. Tästä saattaa syntyä mittavia lisäkustannuksia saneeraukseen. (17)

### 3.7 Järjestelmän mitoitus

Poistoilmalämpöpumppuja mitoittaessa ei pyritä kattamaan rakennuksen kaikkea lämmitysenergian tarvetta, sillä poistoilmasta saatava lämpöenergia ei riitä rakennuksen kaiken tehontarpeen kattamiseen ja yleensä PILP-järjestelmä asennetaan jo olemassa olevan lämmitysjärjestelmän rinnalle. Tästä syystä mitoitus toteutetaan aina osatehomitukseksi. (19, s. 355.)

Mikäli rakennuksesta halutaan energiamuotojen kertoimilla lasketun lämmitysenergian kulutuksen tarkastelua eli primäärienergiatarkastelua, olisi se syytä mitoittaa aina suurimmalle mahdolliselle energiamuodon kertoimelle suurimman mahdollisen tehon sijasta. Tällöin rakennuksen E-luvun laskenta helpottuu. (18.)

LTO:n kapasiteettia arvioidaan seuraavilla kaavoilla (20, s. 634):

Tapa 1.

$$\phi = qv \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Delta t$$

jossa

$\phi$  on teho [kW]

$qv$  on poistoilmavirta [ $m^3/s$ ], olkoon se tässä tapauksessa  $1,4 m^3/s$

$c_p$  on ilman ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK]

$\rho$  on ilman tiheys [ $kg/m^3$ ]

$\Delta t$  on ilman lämpötilaero, paljon poistoilmavirtaa voidaan jäähdyttää [K]

jolloin

$$\phi = 1,4 \frac{m^3}{s} \cdot 1,0 \frac{kJ}{kgK} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot (22 - 0)K$$

$$\phi = 36,96 kW$$

Saatu teho kertomalla vuoden tuntimäärällä saadaan vuoden energiamäärä:

$$36,96 kW \cdot 8760 \frac{h}{vuosi} \approx 323770 \frac{kWh}{vuosi} \approx 324 \frac{MWh}{vuosi}$$

Mikäli poistoilmalämpöpumpulla saadaan energiamäärästä talteen otettua lämpöenergiaa 70 %, voidaan vuotuinen energiamäärä kertoa 0,7:

$$324 \frac{MWh}{vuosi} \cdot 0,7 \approx 227 MWh$$

Vuotuisesta energiamäärästä saadaan otettua talteen noin 227 MWh.

Tapa 2.

$$\phi = qv \cdot 20 kW$$

jossa

$\phi$  on teho [kW]

$qv$  on poistoilmavirta [ $m^3/s$ ], olkoon se tässä tapauksessa  $1,4 m^3/s$

jolloin

$$\phi = 1,4 \frac{m^3}{s} \cdot 20 kW$$

$$\phi = 28 kW$$

Kerrotaan saatu teho vuoden tuntimäärällä:

$$28 kW \cdot 8760 \frac{h}{vuosi} = 245280 \frac{kWh}{vuosi} \approx 245 \frac{MWh}{vuosi}$$

Vuotuisesta energiamäärästä saadaan otettua talteen noin 245 MWh. Laskutapaa 2 voidaan käyttää, kun poistoilmavirran lämpötila on 22 °C ja lämmönkeruunesteen lämpötilat ovat + 2 °C ja + 7 °C. (18)

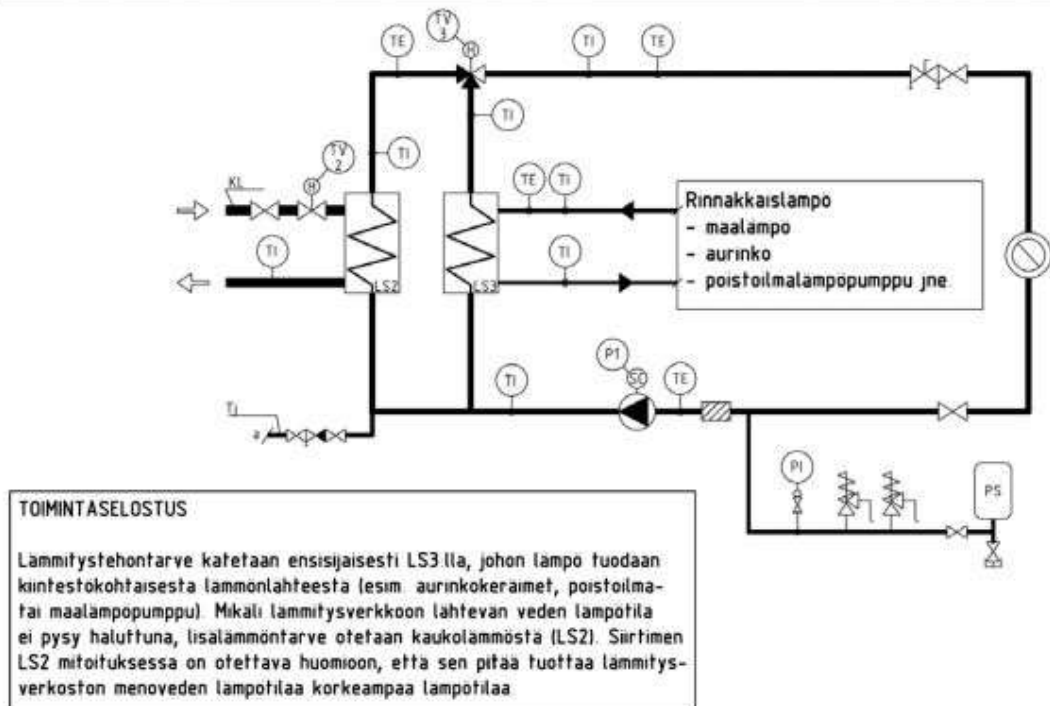
### 3.8 Kytkentä

Kytkenän tarkoituksena poistoilmalämpöpumpuissa on siirtää jäteilmasta talteen otettava lämpö takaisin rakennuksen lämmitystarpeisiin kytkemällä poistoilmalämpöpumpujärjestelmä kyseisen rakennuksen päätoimisen lämmitysjärjestelmän rinnalle. Nykyään kytkentämalleja on monia erilaisia, sillä PILP-mallit ja lämmitysmuodot ovat kehittyneet. Kytkenässä tärkeintä on tehokkuus, jolloin talteen otettavan lämmitysenergian hyöty olisi maksimaalinen ja rajoittamaton. Tämän kaltaisen tehokkuuden tasolle päästään, kun talteen otettu lämpöenergia ohjataan ensisijaisesti rakennuksen lämmitysverkostoon ja vasta sitten käyttövesiverkostoon. Tehokkuutta voidaan parantaa myös niin kutsutuilla hybridijärjestelmillä, joissa PILP-järjestelmän lisäksi voidaan rakennukselle asentaa esimerkiksi aurinkopaneeleita.

Pääkaupunkiseudulla lähes kaikki asuinkerrostalot on nykyään kytketty kaukolämpöverkostoon, kuten myös tämän opinnäytetyön esimerkkikohde, joten kaukolämpösiirtimen kytkenät ja niihin liittyvät määräykset ja ohjeet on hyvä hallita. ”Rakennuksen kaukolämmitys – määräykset ja ohjeet, K1/2013” –julkaisu pitää sisällään viimeisimmät ohjeet ja määräykset kaukolämmityksestä ja kytkemisestä, ja niitä tulee noudattaa kytkenässä. (21, s. 82.)



Rinnakkaislämmön (rakennuskohtaisen lämmönlähteen) kytkentä tilojen lämmitykseen

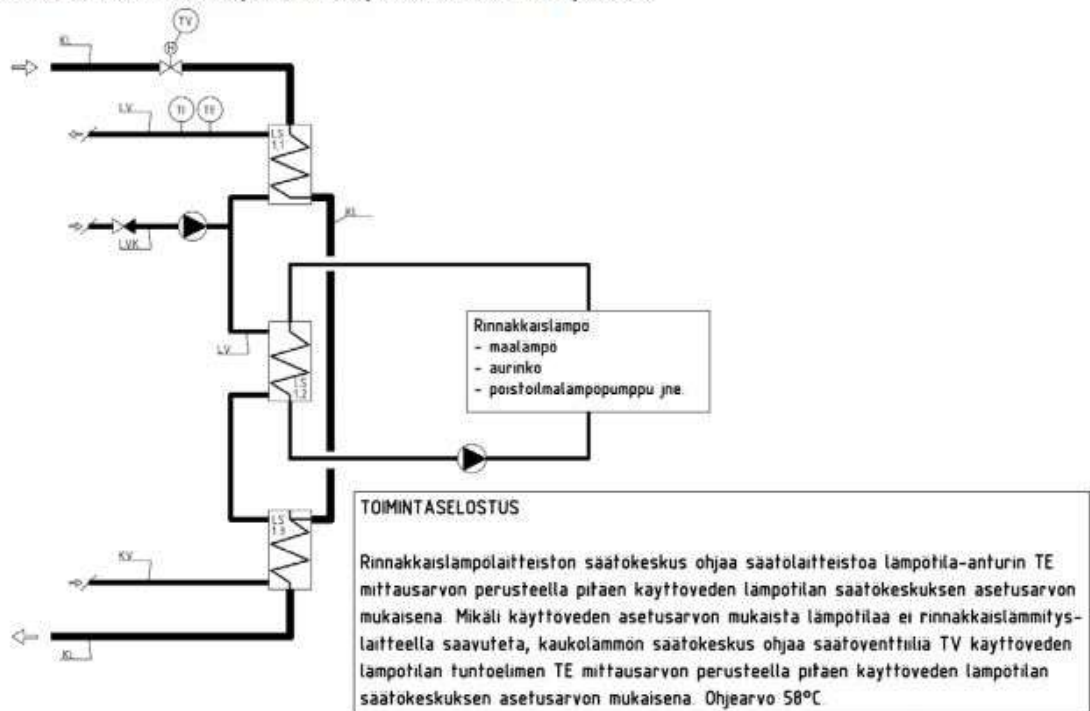


Kuva 8. Rinnakkaislämmönkytkentä rakennuksen tai tilan lämmitykseen (21, s. 89).

Kuvan 8 toimintaselostuksen mukaisesti tila pyritään lämmittämään ensisijaisesti poistoilmalämpöpumpulla. Mikäli kyseisen piirin lämmönsiirtimeltä ei saada tarpeeksi tuotettua lämpöä tilojen lämmitystarpeita varten, täydennetään sitä toisella lämmönsiirtimellä, joka on kytketty kaukolämpöverkoston. (21, s. 89.)

Mikäli poistoilmalämpöpumpulla tuotetun lämpimän veden lämpötila ei ole riittävä, voidaan sitä tarvittaessa sekoittaa kaukolämpösiirtimen lämmittämän veden kanssa. Lämmitysjärjestelmissä tämän mahdollistaa hitaasti muuttuvat verkostojen lämpötilat. Käyttövesijärjestelmissä lämpötilat vaihtelevat nopeasti, joten rinnakkaislämmönkytkennällä tehty kytkentä ei välttämättä ehdi reagoimaan lämpötilavaihteluihin riittävän nopeasti, minkä vuoksi PILP-kytkentä pyritään toteuttamaan käyttövesipuolella sarjaankytkentänä.

### Rinnakkaislämmön kytkentä käyttöveden lämmitykseen



Kuva 9. Rinnakkaislämmön kytkentä rakennuksen tai tilan käyttöveden lämmitykseen (21, s. 89).

Kuvan 9 toimintaselostuksen mukaisesti tilan käyttöveden lämmitys toteutetaan ensisijaisesti poistoilmalämpöpumpulla kaukolämmönsiirtimessä. Tilaan tuleva kylmä käyttövesi lämmitetään 55–65 °C:n lämpöiseksi. Yleensä ohjearvon (58 °C) saavuttamiseksi lämmitykseen joudutaan käyttämään myös kaukolämmönsiirintä. (21, s. 89.)

Kyseistä hybridi-kytkentämallia käyttövesijärjestelmään voidaan kutsua myös sarjaan-kytkennäksi. Lämmönsiirtimellä 3 estetään kaukolämmön paluueden lämpötilan nousu esilämmittämällä kylmävesi. Tällöin kaukolämmön paluueden lämpötilan laskeminen haluttuun tasoon on mahdollista, mutta se vaikuttaa samalla lämmöntalteenoton hyötyyn sitä heikentävästi.

## 4 Esimerkkikohte As Oy Töölö-Hesperia

### 4.1 Tietoa kohteesta

Tämän opinnäytetyön esimerkkikohteena on Asunto Oy Töölö-Hesperia, joka sijaitsee Helsingin Döbelninkatu 4:ssä. Kohde on valmistunut 1936 ja käsittää yhden pääsisäänkäynnin, joka jakautuu kahteen porrashuoneeseen. A-porrashuoneessa on viisi kerrosta sekä ullakko ja B-porrashuoneessa on kuusi kerrosta sekä ullakko. Asuinhuoneistoja kohteessa on yhteensä 47 kappaletta ja liiketiloja 2 kappaletta. (Kuva 10.)



Kuva 10. Asunto Oy Töölö-Hesperia.

Urakka-aika kohteessa oli 1.2.2016–27.1.2017. Urakkaan kuuluviksi töiksi kuuluivat pääpiirteittäin seuraavat työt:

- kiinteistön vesi- ja viemäri putkistojen uusiminen
- kiinteistön vanhojen hormien purku ja rakentaminen uudestaan nykyisille paikoille, pois lukien säilytettävät ja kunnostettavat takkahormit
- ilmavaihdon ja hormien korjaukset
- uuden koneellisen poiston rakentaminen sekä siihen liittyvät IV-kojeiden asennukset vesikatolle
- kaasulinjojen uusiminen
- lämmitysverkoston säätäminen lvi-suunnitelmien mukaisesti

- huoneistojen sähkönousu- ja atk kaapelointien uusimiset ja muutostyöt

#### 4.2 Lämmönjakohuone

Linjasaneerauksen yhteydessä kohteen rakennukseen uusittiin vesijohdot, viemäriputket ja kaukolämpöpaketti. Samalla taloyhtiö halusi toteuttaa lämmöntalteenottojärjestelmän asennuksen ilman etäluentatoimintoa. Kohteessa toteutettiin neljäpiirinen kaukolämpökeskus. (Kuva 11.)



Kuva 11. Asunto Oy Töölö-Hesperia, kaukolämpökeskus

Taulukossa 1 on esitetty kaukolämpösiirtimen lämmityspiirit.

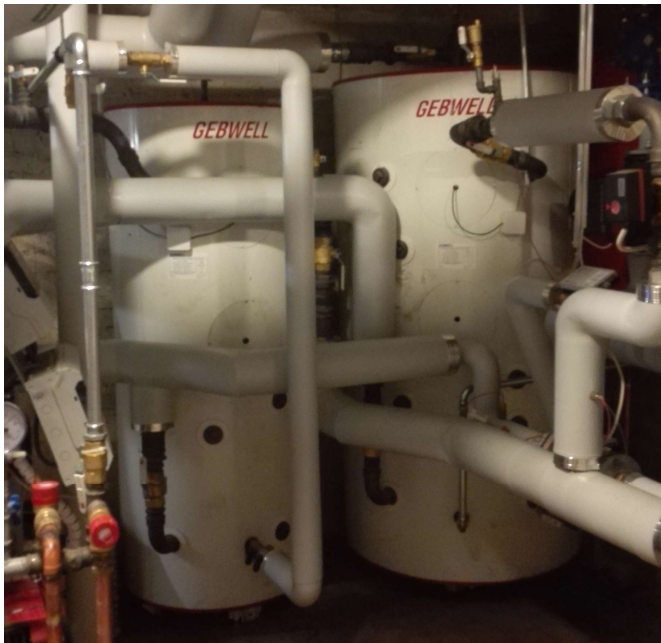


Taulukko 1. Asunto Oy Töölö-Hesperia kaukolämpösiirtimen lämmityspiirit

Lämmönsiirtimet		Käyttövesi KL-LS1.1		Käyttövesi LTO-LS1.2		Käyttövesi KL-LS1.3		Lämmitys KL-LS2	
Valmistaja ja malli		Gebwell IC16Hx70		Gebwell IC28Hx136		Gebwell IC28Hx86		Gebwell IC16Hx100	
Teho	kW	155		120		155		215	
		ensiö	toisio	ensiö	toisio	ensiö	toisio	ensiö	toisio
Virtaus	l/s	1,48	1,55	1,90	1,55	1,48	1,55	0,98	2,58
Lämpötilat	°C-°C	70-45	34-58	55-40	34-52,6	45-20	10-34	115-63	60-80
Painehäviö	kPa	9,1	10,4	7,7	5,3	9,4	10,8	2,5	15,2
Rakennepaine	Mpa	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Rakennearine EN10028/7-		1,4401		1,4401		1,4401		1,4401	
Tilavuus	dm3	2,074	2,135	7,437	7,548	4,662	4,773	1,769	1,83
Väliaine									

Koko Asunto Oy Töölö-Hesperian lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus on nähtävillä liitteenä 1.

Kaukolämpösiirtimen yhteyteen on asennettu Gebwellin varaajat, kolmitieventtiili, verkostojen paisuntasäiliöt sekä lämmöntalteenoton glykolisäiliö käsipumppausmahdollisuudella. Lämmönjakuhuone on kokonaisuudessaan erittäin tilava, eikä laitteiden mah-  
tuvuus tullut ongelmaksi. Ongelma urakan aikana oli laitteiden siirtäminen lämmönjako-  
keskukseen, jolloin seinää jouduttiin purkamaan isojen varaajien vuoksi.



Kuva 12. Asunto Oy Töölö-Hesperian lämmönjakuhuoneessa sijaitsevat Gebwellin lämminvesivaraajat.

Lämmönjakuhuoneeseen asennettiin käyttövedelle ja lämmitysverkostolle omat vesivaraajat (kuva 12).

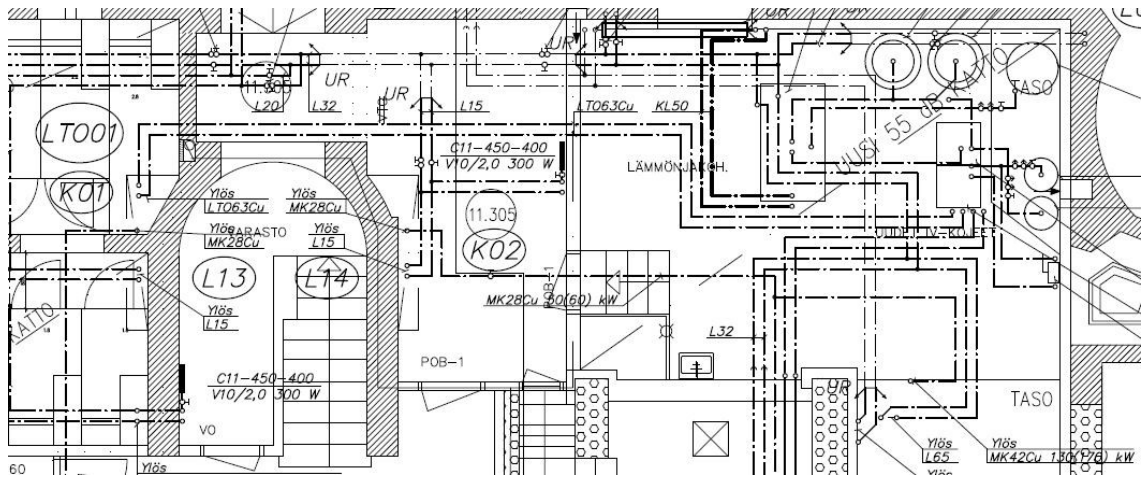


Kuva 13. LTO:n keruuputkiston glykolitäyttöastia käsipumpulla.

Kohteen lämmönjakohuoneessa glykolia saa pumpattua käsipumpulla lisää lämmöntalteenoton keruuputkistoon (kuva 13).

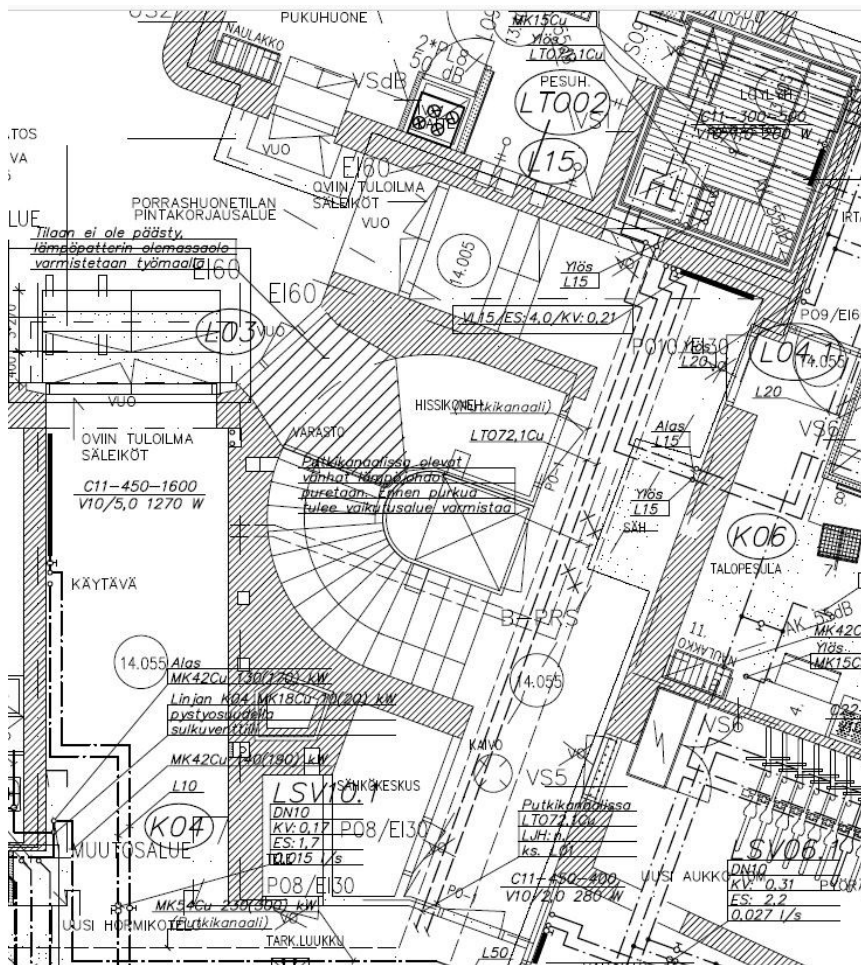
#### 4.3 Lämmöntalteenoton keruuputkiston asennus

Lämmöntalteenoton keruuputkistojen sijoittelua suunnittelijat joutuivat tutkimaan eniten, sillä vapaat putkinousuhormit olivat vähissä, ja rakennuksen ulkoseinään ei keruuputkistoja haluttu vedettävän. Lämmönjakohuoneesta A-portaan LTO:n keruuputkistot tuotiin kellarin katossa A3 huoneiston alapuolelle, josta ne nostettiin urakassa tehtyyn uuteen putkinousuhormiin LTO01 (kuva 14).



Kuva 14. A-portaan PILP-järjestelmän keruuputket kellarissa.

B-portaan LTO:n keruuputkistot tuotiin B-porrashuoneen aulaan, jossa ne kulkevat alas lasketun katon sisässä putkinousuhormiin LTO02 (kuva 15).



Kuva 15. B-porrashuoneen PILP-järjestelmän keruuputket 1. kerroksessa.

B-portaan LTO:n keruuputkissa on ensimmäisessä kerroksessa ja ullakkokerroksessa pitkät vaakavedot, joita olisi voitu välttää käyttämällä käyttövesiputkinousua. Tällöin lämpöhäviö pitkien vetojen takia olisi saatu minimoitua ja parhain mahdollinen hyöty saatu lämmöntalteenotosta. Rakennuksen kylmä ullakotila verottaa lämmönkeruuputkiston tehoa pois, vaikka keruuputkistot ovat eristetty asianmukaisesti (kuva 16). Glykoliputkisto eristettiin sarjan 22 PV-E-mineraalivillakouruilla näkyvissä tiloissa ja sarjojen 22 sekä 26 PV-AE-alumiinipaperilla tehtaalla päällystetyillä mineraalivillakouruilla näkymättömissä tiloissa ja ullakolla.



Kuva 16. Ullakkokerroksen lämmöntalteenoton keruuputkistot eristettynä.



#### 4.4 PILP-järjestelmä

PILP-laitteistot on sijoitettu rakennuksen ullakolle niitä varten rakennettuihin kammiotiloihin (kuva 17). Laitteistojen sijoittelun suunnitteluvaiheessa täytyy ottaa huomioon lämmönkeruuputkistojen mahdolliset reitit ja putkistojen pituuksien minimoiminen.



Kuva 17. PILP-järjestelmä sille rakennetussa kammiossa ullakolla.

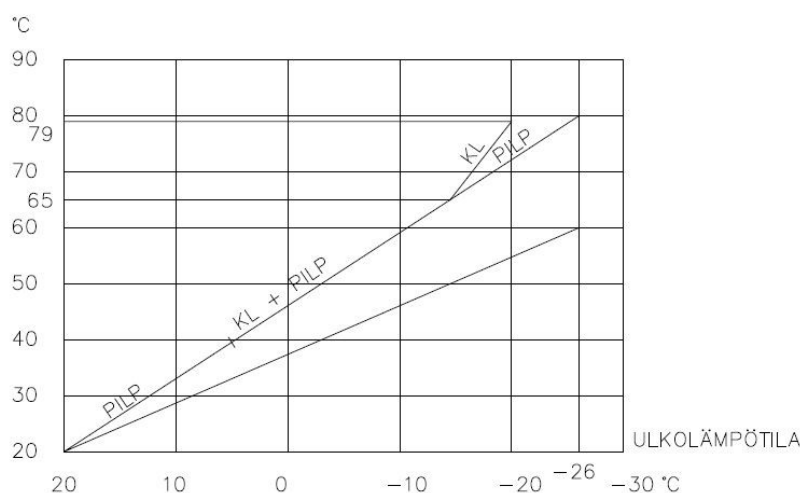
Automaattiset ilmanpoistimet on asennettu lämmönkeruuputkistojen korkeimpaan kohtaan, joka tässä kohteessa on juuri ennen PILP-järjestelmään liittymistä. Näin voidaan varmistua, että järjestelmään päässyt ilma saadaan poistettua ilman erillisiä ylimääräisiä huoltokäyntejä.

LTO-konetta ohjataan valmiiksi ohjelmoidulla ohjaussäätimellä. Puhaltimen nopeuden ohjaus on kolmiportainen, ja se toteutuu kello-ohjelmalla. Puhaltimen teho on portaaton,

ja toteutuu vakionopeuden tai vakioilmamäärän mukaan. Vakionopeussäädölle tai ilmamäärälle voidaan asettaa kolme eri tehoarvoa, joita saadaan ohjattua Ouflex-säätimellä. Kyseinen säätö pitää poistoilmapuhaltimen halutussa tehossa.

PILP-järjestelmän kesätehostustoiminta saadaan käyttöön säätimen avulla. Tehostus lisää poistoilmapuhaltimen nopeutta portaattomasti ulkoilman mukaan. Asetusarvoksi asetetaan lämpötilarajat ja tehostusarvot. Kaikille nopeuksille syötetään omat tehostusarvot. Mikäli niin sanottu kesäpudotus halutaan kesätehostuksesta, tehostusarvot annetaan negatiivisina lukuina, jolloin teho putoaa ulkoilman lämpötilan noustessa. Kuva 18 kertoo PILP-järjestelmän lämmitysverkon toimintalämpötilat.

#### LÄMMITYSVERKON TOIMINTALÄMPÖTILAT



Kuva 18. Lämmitysverkoston toimintalämpötilat.

## 5 Yhteenveto

Taloyhtiöiden lähtiessä toteuttamaan hankesuunnittelua otetaan lähes aina esille LTO-järjestelmät ja niiden mahdollinen toteutus. Ihmisiä puhuttaa yhä enemmän ylimääräisen lämpöenergian talteenotto ja täten säästäminen. Urakoitsijoiden on oltava valmiimpia tarjoamaan myös energiataloudellisia ratkaisuja perinteisten linjasaneerausurakoiden yhteydessä.

Opinnäytetyössä esitetyn esimerkkikohteen LTO:n toteutuksesta saatua hyötyä ei voitu konkreettisesti esittää, sillä taloyhtiö ei tilannut kyseisen järjestelmän etäluenta- ja tiedonkeruupalvelua. Tärkeää on selvittää ennen lämmöntalteenoton toteutusta järjestelmän takaisinmaksuaika ja tämän jälkeen säästöt. Takaisinmaksuaika kiinnostaa ihmisiä yhä enemmän ja luo lämmöntalteenoton tarjoajille kilpailua ja tarkemman datan tarjontaa tilaajalle.

Taloyhtiöiden on syytä malttaa toteuttaa lämmöntalteenotto yhdessä linjasaneerauksen kanssa, jolloin työkustannukset saadaan minimoitua ja toteutus yhden pääurakoitsijan alaisuuteen. Lisäksi uusitut lämmitysverkoston osat ja tasapainotus saadaan tehtyä samalla, kun LTO saadaan käyttöön. Tällöin lämmöntalteenotosta saatava hyöty saadaan maksimitasolle.

Yhä useampi kerrostalo vaatii linjasaneerauksen lähivuosina pääkaupunkiseudulla, ja tällöin on syytä harkita PILP-järjestelmän toteutusta linjasaneerauksen yhteydessä. Halukkuus PILP-järjestelmälle on oltava tiedossa jo varhaisessa vaiheessa hankkeeseen ryhtyvälle, jotta sen suunnitteluun voidaan käyttää riittävästi aikaa. Toteutuksessa huolellisuus ja aika ovat myös avaintekijöitä, jotta energiatehokas lämmöntalteenotto saadaan toimivaksi.

## Lähteet

- 1 Ilonen, Pia. 2016. Kerrostalojen perusrakenteet ja talotekniikka 1880-luvulta nyky-päivään. Verkkoaineisto. Rakennusperintö. [http://www.rakennusperinto.fi/fi-FI/Ajan-kohtaista/Artikkelit/Rakennusperinnon\\_hoito/Viisaita\\_korjausperiaatteita/Kerrostalojen\\_perusrakenteet\\_ja\\_talotekn\(37828\)](http://www.rakennusperinto.fi/fi-FI/Ajan-kohtaista/Artikkelit/Rakennusperinnon_hoito/Viisaita_korjausperiaatteita/Kerrostalojen_perusrakenteet_ja_talotekn(37828)). Luettu 17.7.2017.
- 2 Hermiö, Marja & Tiihonen, Arja. 2016 Rakennuskanta 2015. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. [http://tilastokeskus.fi/til/rakke/2015/rakke\\_2015\\_2016-05-26\\_kat\\_002\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/rakke/2015/rakke_2015_2016-05-26_kat_002_fi.html). Luettu 17.7.2017.
- 3 Neuvonen, Petri. 2006. Kerrostalot 1880-2000. Tampere: Tammer-Paino Oy. Rakennustieto Oy.
- 4 Rakentamismääräyskokoelma, osa F2. 2001. Rakennusten käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2001. PDF-dokumentti. Ympäristöministeriö. <http://www.finlex.fi/data/normit/6376-F2.pdf>. Luettu 17.7.2017.
- 5 Kiinteistö- ja rakentamisan alan keskeinen sanasto. 2017. © Sanastokeskus TSK ry.
- 6 LVI-, sähkö- ja teleasennusten reitit ja asennustilat korjausrakentamisessa. 2008. LVI 06-10426. Ohjetiedosto, tammikuu. © Rakennustieto.
- 7 Hietala, Mikko & Huovari, Janne. 2015. Asuinrakennusten korjaustarve. Helsinki: Pellervon taloustutkimus PPT.
- 8 Gebwell yrityksen tiedot. 2016. Verkkoaineisto. Gebwell Oy. <http://www.gebwell.fi/yritys>. Luettu 18.7.2017.
- 9 HögforsGST yritys. 2016. Verkkoaineisto. HögforsGST. <http://hogforsgst.com/fi/yritys/>. Luettu 18.7.2017.
- 10 Tom Allen Senera Oy yritys. 2017. Verkkoaineisto. Tom Allen Senera Oy. <https://www.tomallensenera.fi/yritys>. Luettu 18.7.2017.
- 11 Lämpöpumput. 2014. Verkkoaineisto. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. <http://www.sulpu.fi/lampopumput>. Luettu 21.7.2017.
- 12 COP COP – tosi on. 2012. Verkkoaineisto. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. [http://www.sulpu.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/WD1ExS3CMra3/content/cop-cop-tosi-o-1](http://www.sulpu.fi/uutiset/-/asset_publisher/WD1ExS3CMra3/content/cop-cop-tosi-o-1). Luettu 21.7.2017
- 13 COP vs. SCOP –hyötysuhteiden erot. 2017. Verkkoaineisto. Nilan Oy. <http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>. Luettu 21.7.2017
- 14 Kaappola, Esko. Hirvelä, Aulis. Jokela, Matti. Kianta, Jani. 2014. Kylmätekniiikan perusteet. 3. painos. Helsinki: Opetushallitus.
- 15 Juvonen, Janne & Lapinlampi, Toivo. Ympäristöopas. 2013. Energiakaivo – Maa-lämmön hyödyntäminen pientaloissa. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO\\_2013.pdf?sequence=4](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4). Luettu 22.7.2017.

- 16 Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. Suomen LVI-liitto ry.
- 17 PILPIT-lämmöntalteenottojärjestelmä. 2015. Verkkoaineisto. Oy Pamon Ab. [http://www.pilpit.fi/images/esitteet/pilpit\\_palvelut.pdf](http://www.pilpit.fi/images/esitteet/pilpit_palvelut.pdf). Luettu 24.7.2017.
- 18 Retermia news 1-2014. 2014. Verkkoaineisto. Retermia Oy. <http://www.retermia.fi/esitteet-ja-materiaalit/retermia-news/>. Luettu 7.9.2017.
- 19 Aittomäki, Antero. 2008. Kylmäteknikka. Helsinki: Suomen Kylmäteknikka ry.
- 20 Sandberg, Esa. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus, ilmastointitekniikka osa 2. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 21 Rakennuksen kaukolämmitys – määräykset ja ohjeet K1/2013. 2013. Verkkoaineisto. [https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1\\_2013\\_20140509.pdf](https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf). Luettu 8.8.2017

**Liite 1. Asunto Oy Töölö-Hesperian lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus**

G-Power Tailored		Lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus								GEBWELL	
Kohde		Töölö Hesperia As Oy								041401422016	
<b>Lämmönsiirtimet</b>		Käyttövesi KL-LS1.1		Käyttövesi LTO-LS1.2		Käyttövesi KL-LS1.3		Lämmitys KL-LS2			
Valmistaja ja malli		Gebwell IC16Hx70		Gebwell IC28Hx136		Gebwell IC28Hx86		Gebwell IC16Hx100			
Teho		155		120		155		215			
		ensiö toisio		ensiö toisio		ensiö toisio		ensiö toisio			
Virtaus		1,48 1,55		1,90 1,55		1,48 1,55		0,98 2,58			
Lämpötilat		70-45 34-58		55-40 34-52,6		45-20 10-34		115-63 60-80			
Painehäviö		9,1 10,4		7,7 5,3		9,4 10,8		2,5 15,2			
Rakennepaine		1,6 1,6		1,6 1,6		1,6 1,6		1,6 1,6			
Rakennearine EN10028/7-		1,4401		1,4401		1,4401		1,4401			
Tilavuus		2,074 2,135		7,437 7,548		4,662 4,773		1,769 1,83			
Väliaine											
<b>Säätöventtiilit</b>		TV1.1 / TV1.2						TV2.1 / TV2.2			
Valmistaja		Ouman						Ouman			
Malli		VD215-1.0						VD215-1.6			
2. venttiilin malli		VD220-4.0						VD220-4.0			
Virtaus		0,30 1,18						0,28 0,70			
Painehäviö		113						40			
Koko / kvs-arvo		DN / kvs 15 / 1 20 / 4						15 / 1,6 20 / 4			
<b>Säätökeskus</b>		G-Control									
Valmistaja											
Malli											
<b>Säätömoottorit</b>		TV1.1 / TV1.2						TV2.1 / TV2.2			
Valmistaja		Ouman						Ouman			
Malli		M41A15						M31A150			
Muuta		0-10V 300N 15s / 6,5mm						0-10V 300N 150s / 6,5mm			
<b>Paine-erosäädin</b>											
Valmistaja											
Malli											
Virtaus		l/s									
Painehäviö		kPa									
Koko / kvs-arvo		DN/kvs									
<b>Kiertovesipumput</b>		P1		Q34				P2			
Valmistaja		Grundfos		Grundfos				Grundfos			
Malli		* Magna3 25-60N		* Magna3 25-100				* Magna3 40-80F			
Virtaus		0,64		1,90				2,58			
Nostokorkeus		45		35				38			
Jännite		230		230				230			
Sähkön ottoteho		0,091		0,164				0,265			
Pumpun varasarja											
Sivuvirtasuodatin											
<b>Ohjauskeskus</b>				Std-5 VAK 230							
<b>Paisunta ja varolaitteet</b>											
Verkon tilavuus		dm3									
Paisuntasäiliön		dm3/bar									
Varoventtiili		DN/bar									
Ilmanerotin								Gebwell AS DN 65			
Vesimittari											
<b>Putkikoot ja -liitännät [DN]</b>											
Ensiö		kv ensiö		Kv		Lv		Lvk		ensiö lto	
40		40		42		42		35		65	
										ensiö 1	
										lämm 1	
										32	
										65	
Lisätietoja:		Ulkomitat [m] (pit x lev x kork):						Paino:			
Sisältää G-Control säätimen kosketusnäytöllä valmiiksi ohjelmoituna. Sisältää G-Control järjestelmän ja lämpöpumppujen käyntiainajon. Lämpömittarit, ilmanerotin. Lämmityksen kolmitieventtiili V5833A DN40 / kvs 25,0, painehäviö 13,8 kPa. Tarjouskaavion mukaisilla varusteilla ja toimitusrajoilla.											
Keskuksen PED -luokka		PED 1									
Keskuksen paine-ero ilman paine-ero säädintä		127		Keskuksen paine ero sis. Paine-erosäädin							
Käytettävissä oleva paine-ero kaukolämpöverkossa											

Liite 2. Asunto Oy Töölö-Hesperian PILP-kytkentäkaavio

