



# LVI-suunnitteluohje

kaukolämmöllä lämmitettävään asuinkerrostalokohteeseen

Henna Lahdensuo

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2020

LVI-talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutus  
LVI-talotekniikka

LAHDENSUO, HENNA:  
LVI-suunnitteluohje  
kaukolämmöllä lämmitettävään asuinkerrostalokohteeseen

Opinnäytetyö 71 sivua  
Toukokuu 2020

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda yleispätevä ohje kaukolämmitteisen asuinkerrostalon LVI-suunnitteluun. Ohje pätee uudisrakennuksiin. Työhön koottiin LVI-suunnittelun kannalta tarvittavat tiedot luotettavista lähteistä, asiantuntija-haastattelusta ja kokemuksen perusteella. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Rejlers Finland Oy, jonka käyttöön tehtiin lisäksi yksityiskohtaisempi LVI-suunnitteluohje, joka poistettiin julkisesta raportista.

Opinnäytetyössä keskityttiin lämmitys-, vesi-, viemäri- ja ilmanvaihtojärjestelmien lisäksi myös kylmätekniisten ja paloteknisten järjestelmien suunnitteluun siinä määrin, kun se LVI-suunnittelijalle kuuluu. Työn teoriaosuuteen koottiin kaikista järjestelmistä ja niiden suunnittelusta riittävät lähtötiedot. Lisäksi työhön koottiin yleisiä LVI-suunnitteluun liittyviä asioita hormi- ja reikäkuvien suunnittelusta, LVI-järjestelmien mitoituksesta, taloteknisten järjestelmien yhteensovituksesta ja LVI-suunnitelmien dokumentoinnista. Käytännön osuuteen tutkittiin järjestelmien suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, esimerkiksi lämmitysmuodon tai ilmanvaihtotavan valintoihin liittyen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kaukolämmitteisen asuinkerrostalon suunnitteluun ohjeistus, jossa esitetään, mitä tietoja järjestelmien suunnitteluun tarvitaan, mitkä tiedot saadaan arkkitehdiltä, mitkä tilaajalta ja mitkä asiat ovat LVI-suunnittelijan vastuulla. LVI-suunnitteluun vaikuttavat siis monet tekijät, joista suunnittelijan tulee olla tietoinen suunnitteluprosessin edetessä.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
HVAC Building Services Engineering

LAHDENSUO HENNA  
HVAC Designing Instruction  
of a District-heated Residential Apartment Building

Bachelor's thesis 71 pages  
May 2020

---

The aim of the thesis was to create a universal HVAC designing instructions for a district-heated residential apartment building project. The instructions apply to new buildings. The required information for HVAC designing was gathered from reliable sources, an expert interview and also based on the writer's experience. The thesis was commissioned by Rejlers Finland Oy. A more detailed HVAC design instructions was given to the commissioner, but was removed from the public report.

Thesis focuses on designing of heating, domestic water, sewerage, ventilation, refrigeration and fire protection systems. In the theoretical part of the work, sufficient initial data on all systems and designs were collected. In addition, the work included general issues related to HVAC design, design of flues and inlets, dimension of HVAC systems, coordination of building services systems and documentation of HVAC plans. Factors influencing the design of systems were studied for the practical part, e.g. effect of the choice of heating mode or ventilation method.

As a result of the thesis, instructions were given for the design of a district-heated apartment building, which provides information needed for the design of the systems, what information is obtained from the architect, which information is provided by the client, and which matters are the responsibility of the HVAC designer. HVAC design is influenced by many factors that the designer should be aware of as the design process progresses.

---

Key words: HVAC designing, district heating, apartment building

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	LVI-SUUNNITTELUN YLEISET ASIAT .....	9
	2.1 Hormikuvat .....	9
	2.2 Reikäkuvat .....	10
	2.3 Mitoitus .....	10
	2.4 Yhteensovitus .....	11
	2.5 Dokumentit .....	11
3	LVI-JÄRJESTELMÄT .....	13
	3.1 Lämmitysjärjestelmät .....	13
	3.1.1 Lämpöhäviölaskenta .....	13
	3.1.2 Lämmöntuotanto .....	13
	3.1.3 Lämmönjakohuone .....	15
	3.1.4 Lämmönjakokeskus .....	15
	3.1.5 Lämmönjakelu .....	15
	3.1.6 Lämmönluovutus .....	16
	3.2 Rakennuksen ulkopuoliset vesi- ja viemärijärjestelmät .....	19
	3.2.1 Tonttijohto .....	19
	3.2.2 Viemärit .....	19
	3.2.3 Kaivot .....	20
	3.3 Rakennuksen sisäpuoliset vesi- ja viemärijärjestelmät .....	20
	3.3.1 Vesijohdot .....	20
	3.3.2 Vesijohtoverkoston suunnittelu .....	20
	3.3.3 Viemärit .....	22
	3.4 Ilmanvaihtojärjestelmät .....	23
	3.4.1 Ilmavirtojen määrittäminen .....	23
	3.4.2 Keskitetty ilmanvaihto .....	25
	3.4.3 Huoneistokohtainen ilmanvaihto .....	27
	3.4.4 Ilmanvaihtokoneet .....	27
	3.4.5 Ilmanvaihtokonehuoneet .....	34
	3.4.6 Ilmanvaihtokanavat ja niiden osat .....	34
	3.4.7 Päätelaitteet .....	35
	3.4.8 Väestönsuojien ilmanvaihto .....	36
	3.5 Kylmätekniset järjestelmät .....	37

3.5.1	Jäähdytystarpeen laskenta.....	37
3.5.2	Välilliset jäähdytysjärjestelmät.....	38
3.5.3	Suorahöyrysteiset jäähdytysjärjestelmät.....	38
3.5.4	Kylmälaitoksen putkistot.....	39
3.6	Palontorjuntajärjestelmät.....	40
3.6.1	Palopostit.....	42
3.6.2	Kuivanousut.....	42
3.6.3	Savunpoistojärjestelmä.....	43
4	LVI-JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU.....	44
4.1	Lämmitysjärjestelmät.....	44
4.1.1	Lämpöhäviölaskenta.....	44
4.1.2	Lämmöntuotanto.....	44
4.1.3	Lämmönjakohuone.....	44
4.1.4	Lämmönjakokeskus.....	45
4.1.5	Lämmönjakelu.....	46
4.1.6	Lämmönluovutus.....	47
4.2	Rakennuksen ulkopuoliset vesi- ja viemärijärjestelmät.....	49
4.2.1	Tonttijohto.....	49
4.2.2	Viemärit.....	49
4.2.3	Kaivot.....	50
4.3	Rakennuksen sisäpuoliset vesi- ja viemärijärjestelmät.....	50
4.3.1	Vesijohdot.....	50
4.3.2	Vesijohtoverkoston suunnittelu.....	50
4.3.3	Viemärit.....	52
4.4	Ilmanvaihtojärjestelmät.....	53
4.4.1	Ilmavirtojen määrittäminen.....	53
4.4.2	Keskitetty ilmanvaihto.....	54
4.4.3	Huoneistokohtainen ilmanvaihto.....	55
4.4.4	Ilmanvaihtokoneet.....	56
4.4.5	Ilmanvaihtokonehuoneet.....	57
4.4.6	Ilmanvaihtokanavat ja niiden osat.....	58
4.4.7	Päätelaitteet.....	60
4.4.8	Väestönsuojien ilmanvaihto.....	61
4.5	Kylmätekniset järjestelmät.....	61
4.5.1	Jäähdytystarpeen laskenta.....	61
4.5.2	Välilliset jäähdytysjärjestelmät.....	62
4.5.3	Suorahöyrysteiset jäähdytysjärjestelmät.....	63
4.5.4	Kylmälaitoksen putkistot.....	63
4.6	Palontorjuntajärjestelmät.....	64

4.6.1 Palopostit.....	64
4.6.2 Kuivanousut.....	65
4.6.3 Savunpoistojärjestelmä .....	66
5 POHDINTA .....	67
LÄHTEET.....	69

## 1 JOHDANTO

Nykypäivänä kerrostaloja rakennetaan erityisen paljon, ja siksi tarvitaankin osaamista myös niiden LVI-suunnitteluun. LVI-suunnitteluun liittyvät vaatimukset ovat vuosien varrella muuttuneet ja monilta osin tiukentuneet, jotta rakennuksista saadaan tehtyä terveellisempiä ja turvallisempia. Tällä hetkellä voimassa olevat LVI-suunnittelua koskevat vaatimukset ovat 1.1.2018 voimaan tulleet Ympäristöministeriön asetukset, joihin on viitattu tässä opinnäytetyössä.

Kaukolämpö on jo vuosia ollut, ja on edelleen Suomen yleisin lämmöntuotantotapa. Kaukolämpöä saadaan tuotettua ympäristöystävällisesti ja energiatehokkaasti, ja sitä on Suomessa saatavilla n. 170 kunnassa. Opinnäytetyön aiheen rajaamisen vuoksi, työssä käsitellään lämmöntuotantomuodoista ainoastaan kaukolämpöä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda yleispätevä ohje kaukolämmöllä lämmitettävän kerrostalokohteen LVI-suunnitteluun. Työssä on esitetty yleisesti koko LVI-suunnittelua koskevia asioita ja järjestelmäkohtaisesti lämmitys-, vesi-, viemäri-, ilmanvaihto-, kylmätekni- ja palontorjuntajärjestelmien suunnittelua. LVI-suunnittelu on tehty MagiCAD-suunnitteluohjelmistolla.

LVI-suunnittelun yleiset asiat koskevat opinnäytetyössä hormi- ja reikäkuvien suunnittelua, verkostojen mitoitusta, taloteknisten järjestelmien yhteensovitusta ja kohteen LVI-urakointia varten tarvittavia dokumentteja. Kappaleessa on esitetty, miksi kutakin tarvitaan ja miten ne toteutetaan.

Opinnäytetyössä on esitetty lämmitys-, vesi-, viemäri-, ilmanvaihto-, kylmätekni- ja palontorjuntajärjestelmästä LVI-suunnittelijaa koskevat tiedot. Työssä on tutkittu, mitä tietoja kunkin järjestelmän suunnittelua varten tarvitaan, miten tiedot saadaan, ja mitä suunnittelussa tulee huomioida.

Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimii Rejlers Finland Oy. Rejlers tarjoaa suunnittelu- ja konsultointipalveluja rakentamisen, teollisuuden, energian, infran,

digitalisaation ja ICT:n aloilla. LVI-suunnittelu kuuluu rakentamisen alaan yhdessä sähkö-, tele-, turva- ja AV-suunnittelun kanssa. Rejlersillä on toimipisteitä niin Ruotsissa, Suomessa, Norjassa kuin Abu Dhabissakin.



## 2 LVI-SUUNNITTELUN YLEISET ASIAT

LVI-suunnittelu on oleellinen osa rakennuksen suunnitteluprosessia. LVI-suunnittelulla pystytään mm. vaikuttamaan rakennuksen energiatehokkuuteen, sisäilman olosuhteisiin ja paloturvallisuuteen. LVI-suunnittelija suunnittelee kohteen lämmitys-, vesi-, viemäri- ja ilmanvaihtosuunnitelmat. Lisäksi suunnitteluun kuuluu kylmätekniisten ja palontorjuntajärjestelmien suunnittelua.

LVI-suunnittelu tehdään kohteisiin siten, että suunnitelmien perusteella pystytään toteuttamaan laskenta, urakointi ja valvonta. Dokumentoinnin tulee olla selkeää ja yksiselitteistä.

### 2.1 Hormikuvat

Talotekniikassa käytettävät hormit ovat muurattuja hormoneja (SisäRYL 2013, 512.4.3.3). Hormeissa putket, kanavat ja johdot viedään kerroksesta toiseen. Kohteelle tehdään hormikuvat, joista selviää hormien pituus ja leveys, minkä kerrosten läpi ne kulkevat, ja mitä ne sisältävät. Hormeina käytetään yleensä tehtaalla valmistettavia Elpo-hormeja, jotka ovat vähintään (250 x 250) mm ja enintään (2350 x 900). Alustavat hormikuvat tehdään ennen LVI-järjestelmien suunnittelua, jotta tiedetään, paljonko tilaa hormoneihin tarvitaan. Hormien sijainnit ja koot määrittää arkkitehti, mutta suunnittelijat voivat tarvittaessa pyytää niihin muutoksia.

Hormeissa suunnitellaan kulkemaan ilmanvaihtokanavia, vesi- ja sähköjohtoja, viemäreitä ja lämpö- ja jäähdytysputkia. Lisäksi joissain kohteissa hormoneihin tarvitaan tilaa esim. radonin ja sadevesien poistoputkille sekä savunpoistokanaville. Hormien sisällön suunnittelevat LVI- ja sähkösuunnittelijat. He voivat suunnittelun edetessä muokata hormiin suunniteltujen johtojen, putkien ja/tai kanavien järjestystä suunnittelun kannalta järkevämmäksi yhteisymmärryksessä.

## 2.2 Reikäkuvat

Reikäkuvat ovat dokumentit, joista selviää talotekniikan (lämmitys, vesi- ja viemäri, ilmanvaihto, jäähdytys ja sähkö) läpivientien tarpeet kohteeseen. Ne tehdään rakennesuunnittelijan määrittämällä tavalla, joko 2D-tasokuvina kerroskohtaisesti tai 3D-mallinnettuna. Tietomallinnettavissa kohteissa reikäkuvat tehdään aina tietomalleihin. Reikäkuvia tehdään, jotta rakenteisiin saadaan tehtyä talotekniikalle tarvittavat reiät haluttuihin kohtiin jo kohteen rakennusvaiheessa.

Reikäkuvia tehdessä tulee huomioida, että jokaisella läpiviennillä on riittävästi tilaa (esim. viemärien käyrät). Lisäksi on huomioitava ala-, väli- ja yläpohjien rakenteet. Paikalla valettavaan laattaan voidaan suunnitella useampia läpivientejä kuin ontelolaattaan. Ontelojen kohdalle läpivientejä saa tehdä max. 3 kpl samaan poikkileikkaukseen, eli 2500 mm etäisyydelle toisistaan. Suurempia läpivientejä saa tehdä ontelolaatan keskelle tai kahden laatan saumakohtaan. Ontelolaatan ja ontelojen koot vaikuttavat siihen, kuinka suuria reikiä saa tehdä. (Parma. 2018, 8)

Lopuksi rakennesuunnittelija tarkastaa ja hyväksyy reiät, jos niihin ei tarvitse tehdä muutoksia.

## 2.3 Mitoitus

Lämmitys-, jäähdytys-, vesi-, viemäri- ja ilmanvaihtojärjestelmien verkostot mitoitetaan MagiCAD-ohjelmistolla. Mitoituksilla saadaan tietoon verkostojen tilavuudet, virtaukset ja painehäviöt. Näin varmistetaan, että virtaukset ja painehäviöt saadaan pidettyä sallituissa rajoissa. Verkostojen mitoituksen voi tehdä missä vaiheessa suunnittelua tahansa, mutta ainakin silloin, kun kaikki järjestelmän osat on piirretty suunnitelmiin.

Verkostojen mitoituksessa saattaa tulla varoituksia, jotka usein johtuvat joko ”open endeistä”, eli avoimista päistä, jotka on unohdettu kerrosten välillä yhdistää tai liian suuresta tai pienestä paineesta verkostossa. Varoituksiin tulee reagoida.

Lisäksi mitoitustulokset tulee aina käydä läpi, vaikka varoituksia ei ilmenisi. Putkien ja kanavien mitoitustietoja, esim. virtaamaa tai painehäviötä, voi mitoituksen jälkeen tutkia verkoston jokaisesta kohdasta tuplaklikkaamalla putkea/kanavaa. (MagiCAD Ventilation and Piping UR-2 2020, 7)

## 2.4 Yhteensovitus

LVIS-yhteensovitus tehdään aina lopuksi, kun kaikki tekniikat on suunniteltu, mutta risteilytarkastelua tulee tehdä myös koko suunnittelun ajan. Yhteensovitusta varten tekniikoista tehdään tietomallit, jotka viedään IFC-katseluohjelmaan (esim. Tekla BIMsight, Navisworks tai Solibri) yhdessä arkkitehdin 3D-mallin ja sähkösuunnittelijan tietomallin kanssa. Näin voidaan helposti havaita tekniikoiden risteilyt. Yhteensovitusta tekemällä varmistetaan, että tekniikat eivät risteile keskenään, eivätkä sähköjohtojen ja kaapelihyllyjen kanssa, ja että ne mahtuvat kulkemaan niille suunniteltuja reittejä. (YTV 2012, 8.1-8.2)

## 2.5 Dokumentit

Kohteen rakentamista varten tarvitsee laatia dokumentteja, joiden perusteella sen urakointi voidaan suorittaa. Dokumentteihin kuuluvat yhteiset suunnitelmat, maanrakennusurakkaan liittyvät suunnitelmat, ja lämmitys-, vesi-, viemäri-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien suunnitelmat. Alla on esitetty dokumentteja, joita LVI-suunnittelijan tulee mm. suunnitella.

G0 (yhteiset suunnitelmat):

- LVI-piirustusluettelo
- LVI-työselostus
- LVI-laiteluettelo
- LVI-detaljit
- Nousukaaviot
- Hormikuvat
- Leikkauskuvat

E4 (maanrakennusurakka):

- Asemapiirustus
- Kaivokuvat (kaivot, pumppaamot, erottimet)

G1 (lämmitys):

- Kytkenäkaavio(t)
- Lämmitys tasokuvat (kellari, 1. kerros, ... , X. kerros)

G2 (vesijohdot ja viemärit):

- Vesikalusteluettelo
- Vesijohdot ja viemärit tasokuvat (kellari, pohjaviemärit, ..., vesikatto)

G3 (ilmanvaihto):

- Palo- ja moottoripeltiäluettelot
- Ilmanvaihto tasokuvat (kellari, alapohjan tuuletus, ... , vesikatto)

G4 (jäähdytys):

- Kytkenäkaavio(t)
- Jäähdytys tasokuvat (kellari, 1. kerros, ... , X. kerros)

## **3 LVI-JÄRJESTELMÄT**

### **3.1 Lämmitysjärjestelmät**

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän suunnittelussa tulee ensin selvittää, mikä lämmitysmuoto on kyseessä, miten lämpö jaetaan kohteessa, kuinka monta lämmitysverkostoa tarvitaan ja paljonko lämmitysenergiaa tarvitaan tiloihin. Näiden jälkeen voidaan alkaa suunnitella verkostoa.

#### **3.1.1 Lämpöhäviölaskenta**

Rakennuksen lämpöhäviöt koostuvat rakenteiden läpi johtuvista lämpöhäviöistä, vuotoilman lämmityksen tehontarpeesta ja korvaus- ja tuloilman lämpenemiseen kuluvasta lämmitysenergiasta. Lämpöhäviöt lasketaan, että saadaan määrittäjätilojen lämpöenergian tarpeet.

#### **3.1.2 Lämmöntuotanto**

Lämmöntuotantomuotoja on monia. Yleistymässä ovat lämpöpumppujärjestelmät energiatehokkuutensa ja ympäristöystävällisyytensä vuoksi. Tässä opinäytetyössä käsitellään kuitenkin vain kaukolämpöä, joka on Suomen yleisin lämmönlähde rakennuksissa.

### **Kaukolämpö**

Kaukolämpöä tuotetaan yhteistuotantolaitoksissa tai lämpölaitoksissa, joista lämpö kuljetetaan tuloputkessa kuumana vetenä kiinteistöjen lämmönsiirtimien kautta lämmitys- ja käyttövesiverkostoihin. Verkostoissa viilentynyt vesi palautetaan lämmönsiirtimien kautta paluuputkeen, josta se menee takaisin lämmitettäväksi kaukolämmön tuottajalle. Kiinteistön tontilla sijaitsevat ensiöpuolen putket ovat yleensä saumatonta tai hitsattua teräsputkea, jotka on eristetty polyuretaanilla (L1/2016, 4).

Lämmönjakohuoneeseen sijoitettavia kaukolämpölaitteita ovat (Elenia, Kaukolämmön ABC, s. 3-4):

- säätökeskus
- kesäsulku
- lämmityksen- ja käyttöveden säätöventtiilit
- pääsulkuventtiilit
- varoventtiili
- paisunta-astia
- lämmityksen ja käyttöveden lämmönsiirtimet
- käyttövesiputket ja -pumppu
- lämmitysputket ja -pumppu
- täyttöventtiili
- lämpö- ja painemittarit

Kaukolämpö on energiatehokasta ja ympäristöystävällistä. Yhteistuotantolaitoksessa kaukolämpöä tuotetaan sähköntuotannossa syntyvästä hukkalämmöstä. Lämpölaitoksissa kaukolämpöä tuotetaan käyttäen erilaisia polttoaineita, kuten uusiutuvia energianlähteitä, esim. puu, pelletti tai biomassa, jolloin kaukolämmöllä on erityisen hyvä hyötysuhde. Toisaalta polttoaineena voi myös olla käytössä fossiilisia polttoaineita, mikä heikentää kaukolämmön energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. (Motiva. 2019. Koti ja asuminen)

Kaukolämpöä tuotettiin vuonna 2018 uusiutuvilla energianlähteillä ja hukkalämmöllä yhteensä 46 %, fossiilisilla polttoaineilla 35 % ja turpeella 16 %. (Kaukolämpötilasto 2018)

Alla on esitetty vuonna 2018 voimaan tulleet energiamuotokertoimet, suluissa vuonna 2017 voimassa olleet (Motiva. 2017. Ajankohtaista). Mitä suurempi energiamuotokerroin on, sitä energiatehokkaampia ratkaisuja kohteeseen täytyy suunnitella.

- sähkö 1,20 (1,70)
- kaukolämpö 0,50 (0,70)
- kaukojäähdytys 0,28 (0,40)
- fossiiliset polttoaineet 1,00 (1,00)
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,50 (0,50)

### **3.1.3 Lämmönjakohuone**

Lämmönjakohuoneessa sijaitsevat kohteen lämmönjakokeskus, mittauskeskus, kylmävesivesimittari, paisuntalaitteet ja valvonta-alakeskus (VAK). Huoneessa on myös oltava vesipiste ja viemäröinti.

### **3.1.4 Lämmönjakokeskus**

Lämmönjakokeskuksella siirretään kaukolämmön lämpöenergia kiinteistön lämmitys- ja käyttövesiverkostoihin. Lämmönjakokeskus on kokonaisuus, joka toimitetaan kiinteistöön pakettina.

### **Lämmönjakokeskuksen laitteet ja varusteet**

Kaukolämmöllä lämmitettävän kiinteistön lämmönjakokeskuksen toimitukseen kuuluvat lämmönsiirtimet, säätölaitteet, pumput, venttiilit, mittarit ja anturit. Keskuksen lämmönsiirtimet ja säätöventtiilit mitoitetaan K1/2013 ohjeiden mukaisesti ja niiden paisunta- ja varolaitteet LVI 11-10472 (2011) ohjeiden mukaisesti.

### **3.1.5 Lämmönjakelu**

Lämmitysverkostossa voidaan käyttää teräs-, kupari-, muovi- tai monikerrosputkia. Lämpöputkien nousu- ja runkoputket eristetään kohdan 4.1.5 mukaisesti.

Runkolinjasta lähteviin haaroihin asennetaan menopuolelle sulkuventtiili ja palupuolelle linjasäätöventtiili, jotta lämmönluovuttimille saadaan haluttu määrä lämpöenergiaa ja haara voidaan tarvittaessa sulkea esim. huoltoa varten. Huoltoa ja tarkkailua vaativien putkien, osien ja laitteiden kohdalle tulee asentaa tarkastusluukku.

Lämmitysverkostot ovat yleensä suljettuja järjestelmiä. Suljetussa järjestelmässä verkoston korkeimpiin kohtiin tulee asentaa ilmanpoistimet sen toimivuuden kannalta.

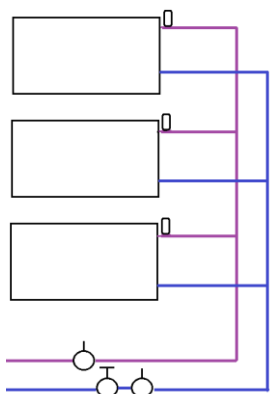
### 3.1.6 Lämmönlvovutus

Lämmönlvovuttimilta tarvittava lämpöteho määräytyy tilojen lämpöhäviöiden mukaan. Tilaan tarvitaan lämmitysenergiaa sen lämpöhäviöiden verran, jotta se saadaan lämmitettyä haluttuun lämpötilaan. Lämmönjakotavoista käsitellään tässä opinnäytetyössä vesikiertoista patteri- ja lattialämmitystä ja oviverhopuhallusta.

#### Vesikiertoinen patterilämmitys

Patterilämmitysverkosto on yleensä suljettu kaksiputkijärjestelmä. Lämmitysputket ovat teräs- tai komposiittiputkia, jotka on eritetty kohdan 4.1.5 mukaisesti. Verkosto voidaan suunnitella ala- tai yläjakoisena. Uudisrakennuksessa patteriverkoston menoveden lämpötila on 45 °C ja paluueden lämpötila 30 °C.

Patterilämmitysverkosto jaetaan osiin, jotta virtausnopeus ja painehäviö saadaan pidettyä maltillisena, eikä ääniongelmia synny. Lisäksi näin saadaan patteriverkoston nousut lähelle pattereita, jotta selvittää mahdollisimman lyhyillä putkiveidoilla. Runkoputkien ja nousulinjojen haaroihin tulee asentaa linjasäätöventtiili paluupuolelle verkoston säädettävyyden vuoksi, ja menupuolelle sulkuventtiili sen huollettavuuden takia. Patterien yhteyteen asennetaan termostaattinen tai käsiasäätöpyörällä varustettu patteriventtiili.



KUVA 1. Yksinkertaistettu esimerkki patterilinjasta



Pattereina voidaan käyttää radiaattoreita, konvektoreja, putkipattereita tai erikoispattereita. Yleisimmin käytettyjä ovat radiaattorit. Patterit asennetaan yleensä ikkunoiden alle ja ulkoseinälle. (RT 52-10797. 2003)

### **Vesikiertoinen lattialämmitys**

Lattialämmitysverkosto on yleensä suljettu kaksiputkijärjestelmä. Verkoston menoveden lämpötila on lattiarakenteesta riippuen n. 35...45 °C. Paluuvesi on 5...10 °C viileämpää kuin menovesi. Lattialämmitysputkina käytetään yleensä happidiffuusiosuojattuja muoviputkia. Joissain tapauksissa voidaan käyttää myös muovipinnoitettua kupariputkea tai alumiinivahvistettua monikerrosputkea.

Lattialämmitystä voidaan käyttää koko kiinteistön asuin- ja harrastetilojen lämmönjakotapana tai mukavuuslattialämmityksenä, eli esim. kylpyhuoneissa ja saunatiloissa. Mukavuuslattialämmitykseen ei asenneta kesäsulkua. Kellaritiloissa ja porraskäytävissä lämmönjakotapana käytetään yleensä patterilämmitystä.

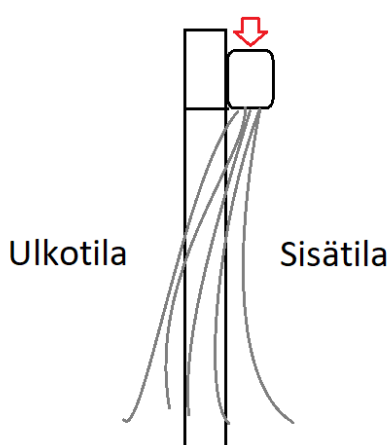
Lattialämmitysverkoston suunnittelussa tulee huomioida meno- ja paluuvesien lämpötilojen lisäksi tilan käyttötarkoitus, lattiamateriaali, lämpöhäviöt (kW), lattian pintalämpötila (°C) ja lattialämmitysputkien asennusväli ja -syvyys (mm).

Lattialämmitysverkostossa on monta jakotukkia, esim. 1 per asuinhuoneisto, joista vesi jaetaan lämmityspiireihin. Kiinteiden kalusteiden (esim. keittiön kaapistot ja laitteet) alle ei tarvitse suunnitella lattialämmitysputkia.

Ikkunat aiheuttavat suurimmat lämpöhäviöt, joten niiden lähelle voidaan putket asentaa tarvittaessa tiheämpään. Vähällä käytöllä olevat tilat (esim. vaatehuone) voidaan liittää haaralla muiden tilojen lattialämmityspiiriin. (RT 52-10801. 2003)

## Oviverhopuhallus

Oviverhopuhaltimia asennetaan sisäänkäyntien yhteyteen, ettei kylmä ulkoilma pääse jäädyttämään sisäilmaa. Oviverhopuhaltimia on vertikaalisia ja horisontaalisia. Vertikaaliset puhaltavat joko alhaalta ylöspäin tai ylhäältä alaspäin, ja horisontaaliset puhaltavat sivuilta. Vertikaalisilla laitteilla on parempi hyötysuhde, koska oikein mitoitetuna niillä saadaan sisä- ja ulkoilman paine-eron vaihtelut oviaukossa hallittua paremmin. Kerrostalokohteissa käytetään ylhäältä alas ilmaa puhaltavia laitteita (kuva 2), koska ne soveltuvat alle 2,5 m korkeisiin oviaukkoihin parhaiten.



KUVA 2. Ylhäältä alaspäin puhaltava oviverhopuhallin

Oviverhopuhaltimia mitoittaessa tulee tietää oviaukon koko (leveys ja korkeus) (m), suunnittelu-ulkolämpötilat ( $^{\circ}\text{C}$ ), lämmitysverkoston meno- ja paluueden lämpötilat ( $^{\circ}\text{C}$ ), sisään puhallettavan ilman lämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ ) ja kosteus (%), ja rakennuksen sijainti tuulen voimakkuuden kannalta (esikaupunki tai avoin alue). (Sandberg, E. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus, 15.1)

Oviverhopuhaltimille lämmin vesi otetaan yleensä ilmanvaihdon lämmitysverkostosta. Toisiopuolen menoveden lämpötila on  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja paluueden lämpötila  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (taulukko 16). Mitoitustietojen perusteella saadaan valmistajien mitoitusohjelmilla (esim. Frico) mitoittua sopivat laitteet kohteeseen.

## **3.2 Rakennuksen ulkopuoliset vesi- ja viemärijärjestelmät**

Rakennuksen ulkopuolisten vesi- ja viemärijärjestelmien suunnittelussa tulee ensin selvittää, missä kunnan jätevesi- ja vesijohtoverkosto sijaitsevat, ja missä ovat niiden liitoskohdat kyseiselle rakennukselle. Lisäksi tulee selvittää kiinteistön padotuskorkeus, ja määrittää hulevesien johtaminen pois kiinteistöltä. Hulevesiä mahdollisesti imeytetään, ja ne ohjataan ojaan, vesistöön tai kunnan hulevesiverkostoon (1047/2017, luku 7; 35 §). Tarvittaessa tulee selvittää myös kunnan hulevesiverkoston sijainti ja liitospaikka.

### **3.2.1 Tonttijohto**

Tonttivesijohtona käytetään yleensä PE-muoviputkea. Putket asennetaan yleensä routarajan alapuolelle, joten sitä ei tarvitse eristää. Routarajan yläpuolelle asennetut putket lämpöeristetään tai varustetaan sähkösyötöllä. Jos tonttijohto asennetaan pilaantuneeseen maaperään tai maaperään, joka on vaarassa pilaantua, on käytettävä diffuusiosuojattua putkea. (1047/2017, luku 1; 5 §)

### **3.2.2 Viemärit**

Sadevesi- ja tonttiviläjähtäjäinä käytetään yleensä PVC- tai PP-viemäriputkea. Viemärit asennetaan yleensä routarajan alapuolelle, joten niitä ei eristetä. Routarajan yläpuolelle asennettavat viemärit lämpöeristetään tai viemärit varustetaan sähkösaatolla (Talotekniikkainfo. 2019. Vesi- ja viemärilaitteistot, luku 6; 31). Salaojaviemärinä käytetään rei'itettyä muoviputkea. Salaoja- ja sadevesiviläjähtäjä viemärit suunnitellaan vähintään 5mm/m kaadolla. Tarvittaessa käytetään paineviemäriä, joka on joustavaa PE-muoviputkea.

Tonttiviläjähtäjän mitoitus tehdään esim. Talotekniikkainfon (2018) Vesi- ja viemäri-esimerkit -kohdan (D1/2007 Liite 4) ohjeistuksen avulla kiinteistön viemäripisteiden mukaan. Viemäriin kaadon tulee olla vähintään 10 mm/m.

### **3.2.3 Kaivot**

Rakennuksen sokkelin lävistävä jätevesiviemäri varustetaan rakennuksen ulko- tai sisäpuolelle asennettavalla jätevedentarkastuskaivolla. Tonttioviemärissä tulee aina olla vähintään yksi jätevedentarkastuskaivo, jonka etäisyys saa olla enintään 20 metriä kunnan liitoksesta. Lisäksi pidempiin tonttioviemäreihin vaaditaan tarkastuskaivo 40 metrin välein. (Talotekniikkainfo. 2019. Vesi- ja viemärlaitteistot, luku 6; 34).

Kohteessa tulee olla sadevesien poistoa varten riittävästi rännikaivoja katolta pois johdettavia vesiä varten ja sadevesikaivoja piha-alueiden sadevesien poistamiseen. Lisäksi tulee olla riittävästi salaojakaivoja, sadevedentarkastuskaivoja ja perusvesikaivo. Perusvesikaivon tehtävänä on yhdistää salaojavedet hulevesiverkoston.

Jos jäte-, salaoja- tai sadevesi ei painovoimaisesti virtaa kunnan viemäriin tai padotuskorkeus on alimpien vesipisteiden yläpuolella, tarvitaan pumppaamo, joka nostaa veden padotuskorkeuden yläpuolelle tai riittävän korkealle, että kaadot riittävät liitoskohtaan asti. Tässä tarkoituksessa esim. perusvesikaivon voi korvata pumppaamalla. Jätevesipumppaamossa tulee olla silppuava pumppu. Erottimia tarvitaan, jos jätevedestä tarvitsee erottaa rasvaa, hiekkaa tai öljyä.

## **3.3 Rakennuksen sisäpuoliset vesi- ja viemärijärjestelmät**

### **3.3.1 Vesijohdot**

Rakennuksen sisällä sijaitsevat vesijohdot ovat yleensä kupari-, komposiitti- tai muoviputkea. Putket eristetään kohdan 4.3.1 mukaisesti. KytKentäjohtoja ei tarvitse eristää.

### **3.3.2 Vesijohtoverkoston suunnittelu**

Tonttijohdolta kunnan vesimittarin kautta vesi johdetaan kylmävesiverkoston ja lämmönsiirtimen kautta lämpimän veden ja lämpimän kiertoveden verkostoihin.

KV-verkosto suunnitellaan max. 20 °C, LV-verkosto min. 55 °C ja LVK-verkosto 58-60 °C. Uudisrakentamisessa lämpimän veden kiertojohtoa ei saa hyödyntää lämmönluovutukseen. LVK-verkoston suunnittelussa on huomioitava, että lämmintä vettä tulee saada jokaiselta vesipisteeltä 20 sekunnin kuluessa. LVK-johdon ja LV-johdon liitoskohtiin asennetaan linjasäätöventtiili. (Talotekniikkainfo. 2019. Vesi- ja viemärlaitteistot, luku 2; 6, 8)

Kylmän veden nopeus putkessa on max. 4 m/s, lämpimän veden nopeus putkessa on max. 3 m/s ja lämpimän käyttöveden kiertojohdossa nopeus on max. 1 m/s. (Taulukko 1)

Taulukko 1. Syöpymisen kannalta suurin hyväksytty veden nopeus kuparijohdossa (Talotekniikkainfo. 2018. Vesi- ja viemärlaitteistot -erimerkit. Vesilaitteiston mitoitusohjeet (D1/2007 Liite 2))

Vesijohto	Suurin hyväksytty nopeus (m/s)	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Jakojohto	4,0	3,0
KytKentäjohto	4,0	3,0
Jatkuva virtaus johdossa	1,0	1,0

Lämpimän veden kiertojohdossa virtausnopeuden mitoitusarvo 0,5 m/s

Jokaista huoneistoa kohti asennetaan oma vesimittari, joka varustetaan molemmiin puolin sulkuventtiilein. Vesimittari asennetaan kohteesta riippuen joko käytävän puolelle tai huoneiston kylpyhuoneeseen. Vesimittarin jälkeen asennetaan kytkentäjohdot vesikalusteille.

Jokaisen huoltotarvetta tai vuotovaaraa aiheuttavan osan tai asennuksen tulee olla suunniteltu niin, että ne saadaan huollettua, korjattua ja vaihdettua tarvittaessa. Vuotovaaran vuoksi märkätilojen lattiaan ei saa tehdä läpivientejä. (1047/2017, luku 3; 13 §)

Vesijohdot mitoitetaan MagiCADilla. Jako-, kytkentä- ja LVK-johtojen mitoitusohjeet löytyvät tarvittaessa myös Talotekniikkainfon (2018) Vesi- ja viemäri -esimerkit -kohdasta (Vesilaitteiston mitoitusohjeet (D1/2007 Liite 2)).

### 3.3.3 Viemärit

Rakennuksen sisällä sijaitsevat viemärit tehdään yleensä PVC- tai PP-muoviputkesta. Jos kohteessa on tiloja, joista tarvitsee poistaa esim. rasvaa tai öljyä, käytetään niiden viemärien materiaalina ruostumatonta terästä. Desibeliviemäreitä käytetään, jos äänitekniset vaatimukset eivät muuten täyty (ks. taulukko 9).

Viemärien reitit suunnitellaan mahdollisimman yksinkertaisiksi. Kytkentäviamärit yhdistetään pystykokoojaviemäreihin, joista jätevedet johdetaan vaakakokoojaviemäriin kautta tonttivismäriin. Pystyviemärien pohjakulmat suunnitellaan loiviksi, ja niihin asennetaan betonointi ääniteknisistä syistä ja viemärien kestävyysden takia. Kohteesta riippuen pystykokoojaviemärit yhdistetään vaakakokoojaviemäriin joko pohjakerroksen katossa tai alapohjassa. (LVI 20-10328. 2001, luku 4)

Viemärien suunnittelussa tulee lisäksi huomioida, että kaadot ovat riittävät viemärien huuhtelevuuden kannalta, ja että puhdistusluukkuja ja tarkastusputkia on tarpeeksi (taulukko 2). Puhdistusluukut ja tarkastusputket tulee varustaa tarkastusluukuilla, jotta niiden luokse pääsee, ja ne sijoitetaan rakennukseen siten, että kaikki viemärit saadaan huollettua. Jos viemärien kaadot ovat normaalia pienemmät, eli alle 7 ‰, tulee puhdistusluukkuja asentaa puolet enemmän kuin normaalisti.

Taulukko 2. Taulukko viemärien puhdistusaukoista rakennuksessa (Talotekniikkainfo. 2019. Vesi- ja viemäri-laitteistot, luku 6; 34)

Viemäri	Puhdistusaukko	Puhdistusaukkojen max. välimatka	Huom!
Kytkentäviamäri	Vesilukko		Vesilukot oltava puhdistettavissa
Pystykokoojaviemäri	Lattiakaivo, tarkastuskaivo, tarkastusputki tai puhdistusyhde		Jätevesiviemäriin puhdistus myös tuuletusviemäriin kautta ja hulevesiviemäriin puhdistus myös tarkastuskaivon/ kattokaivon kautta
vaakakokoojaviemäri	Puhdistusyhde	20 m	

Rakennuksen viemärit tuuletetaan vesikatolle johdetuilla tuuletusviemäreillä. Tuuletusviemäreitä voi yhdistää maksimissaan kolme yhdeksi tuuletusviemäriksi. Viemärit varustetaan vesikatolla jäänestosuojatuilla hatuilla, joiden tulee olla katosta vähintään 0,5 metrin etäisyydellä. Viemärien tuuletusten vähimmäisetäisyys savunpoistohormin aukosta ja ulospuhalluslaitteista on 1 m, ilman sisäänottoaukoista 8 m, ja avattavista ikkunoista 5m. (Talotekniikkainfo. 2019. Vesi- ja viemärilaitteistot, luku 5; 28)

Tasakattoisessa kohteessa tulee lisäksi suunnitella riittävä sadevesien poisto katolta. Sadevesi johdetaan vesikatolta rakennuksen sisäpuolelle asennettaviin hormoneihin, ja niistä ulos sadevesiverkostoon.

### **3.4 Ilmanvaihtojärjestelmät**

Ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelussa tulee ensin selvittää, vaihdetaanko ilma kohteessa keskitetysti vai huoneistokohtaisesti, kuinka monta ilmanvaihtokonetta kohteeseen tarvitaan, kuinka paljon tilaa tarvitaan ilmanvaihtokoneille, mikä on kohteen sisäilmastoluokitus, mitä toimintoja ilmanvaihtokoneisiin tarvitaan ja kuinka paljon ilmaa kussakin tilassa tulee vaihtua.

#### **3.4.1 Ilmavirtojen määrittäminen**

Ilmavirtojen määrittäminen tehdään asuinkerrostalokohteissa soveltamalla taulukkoa 3. Asuinhuoneistot voidaan mitoittaa joko tasapaineiseksi tai hieman alipaineiseksi. Siirtoilma tuodaan tiloihin viereisistä tiloista esim. ovirakojen tai siirtoilmasäleiköiden kautta.

Taulukko 3. Asuinhuoneistojen tilojen vähimmäisilmavirrat (FINVAC ry. 2019, 3)

Huonetila	Ulkoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s)	Poistoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s)	Huom!
Suurin tai ainoa makuuhuone tai yli 11 m <sup>2</sup> makuuhuone	12		
Muut makuuhuoneet	8		
Muut asuinhuoneet (esim. alle 22 m <sup>2</sup> olohuone)	0,35 dm <sup>3</sup> /s, m <sup>2</sup>		Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.
Keittiö, keittiötila, keittokomero, saarekkekeittiö (KT)		8 (25)	Tehostustilanteessa ilmavirrat väh. 25 dm <sup>3</sup> /s, ulkoilman saanti tällöin huolehdittava. Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Kylpyhuone wc:llä tai ilman (KPH)		10	Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Erillinen wc (WC)		7	Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Vaatehuone (VH)		6	Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Varasto		6	Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Huoneistosauna (S)	6	6	
Erillinen kodinhoituhuone		8	Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Tekninen tila		3	Mitoitetaan lämpökuorman mukaan, väh. 3 dm <sup>3</sup> /s.

Taulukossa 4 on esitetty yleisille tiloille vähimmäisilmavirrat, joiden perusteella tilat saadaan mitoitettua.

Taulukko 4. Asuinkerrostalojen yleisten tilojen vähimmäisilmavirrat (FINVAC ry. 2019, 3)

Huonetila	Ulkoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup> )	Poistoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup> )	Huom!
Porrashuone	0,5 l/h	0,5 l/h	Ilmavirtoja voidaan säätää talvella pienemmäksi.
Varastot	0,35	0,35	
Talosaunan löylyhuone	2	2	
Talosaunan pesuhuone	16 (dm <sup>3</sup> /s)/suihku tai siirtoilma	16 (dm <sup>3</sup> /s)/suihku	
Talosaunan pukuhuone	2	2	
Talopesula	1	1	Ilmavirrat voidaan mitoitaa myös lämpökuorman mukaan.
Kuivaushuone	2	2	Ilmavirrat voidaan mitoitaa pienemmäksi, jos käytetään ilmankuivainta
Kerhotila ja muut yhteiset oleskelutilat	1	1	Väh. 12 dm <sup>3</sup> /s.
Aulat ja käytävät	0,35	0,35	

Poistoilma otetaan poistoilmaluokan 2 tiloista (taulukko 5).



Taulukko 5. Poistoilmaluokat (1009/2017, luku 3; 13 §)

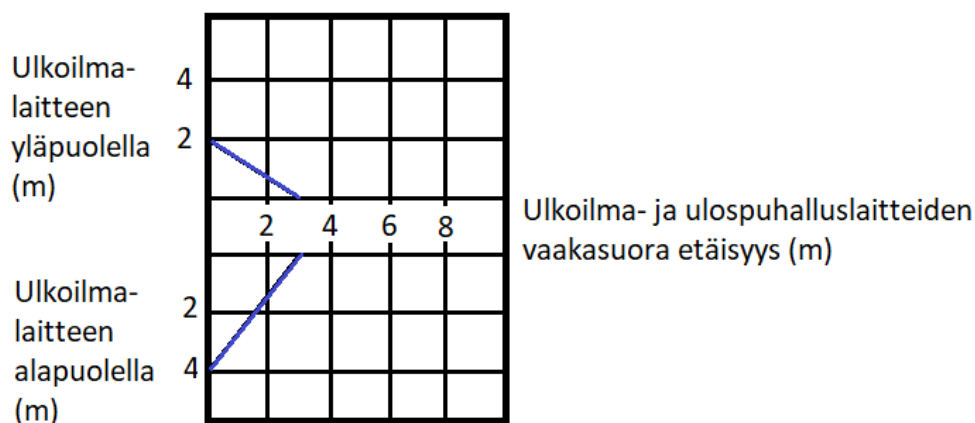
Luokka 1	Poistoilma sisältää vain vähän epäpuhtauksia ja epäpuhtaudet ovat pääasiallisesti lähtöisin ihmisistä ja rakenteista.
Luokka 2	Poistoilma sisältää jonkin verran epäpuhtauksia.
Luokka 3	Poistoilma sisältää epäpuhtauksia, kosteutta, kemikaaleja tai hajuja, jotka oleellisesti huonontavat poistoilman laatua.
Luokka 4	Poistoilma sisältää huomattavasti pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia tai kemikaaleja.

Ilmavirtojen määrittämisessä tulee ottaa huomioon kohteeseen tavoiteltu sisäilmastoluokitus (S1, S2 tai S3) ja ilmavirtojen tehostusmahdollisuudet. Asuinkerrostaloissa tavoiteltu sisäilmaluokka on yleensä S2 (hyvä sisäilmasto). (Sisäilmastoluokitus 2018)

### 3.4.2 Keskitetty ilmanvaihto

Keskitettyä ilmanvaihtojärjestelmää suunnitellessa tulee kohteessa olla ainakin yksi erillinen ilmanvaihtokonehuone ylimmässä kerroksessa tai katolla, jossa sijaitsevat mm. ilmanvaihtokoneet. Ilmanvaihtokoneet ovat yleensä tehdasvalmiita koteloituja koneita, joissa on suunnitelmien mukaiset toimintaosat tai tehdasvalmiita ilmanvaihtokonehuoneita. Ilmavirtoja voidaan säätää huoneistokohtaisesti.

Ulkoilma otetaan ilmanvaihtokoneille joko suoraan tai kammion kautta. Kammiosta saadaan ilmaa usealle koneelle ilman suuria painehäviöitä. Lisäksi kammiota voidaan käyttää myös tulo- ja poistoilman jaossa. Ulkoilma-aukon läheisyydessä ei saa sijaita ilmanlaatua heikentäviä laitteita, ja niiden etäisyyksiä saadaan laskettua kuvan 3 avulla ja minimietäisyyksiä nähdään taulukosta 6. (Sandberg, E. 2016. Ilmastointijärjestelmän mitoitus, 8.3)



KUVA 3. Ulko- ja jäteilma-aukkojen min. etäisyys toisistaan (poistoilmaluokat 1 ja 2) (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto, luku 3; 14)

Taulukko 6. Ulkoilma-aukkojen vähimmäisetäisyydet ilman laatua heikentäviin tekijöihin (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto, luku 3; 14)

Ilman laatua heikentävä tekijä	Ulkoilmalaitteen etäisyys (m)
Jätteiden säilytyspaikka, polttomoottorikäyttöisten ajoneuvojen pysäköinti- ja lastauspaikka tai ajoluiska, tuuletusviemärin tai savupiipun aukko, jäähdytystorni, tupakointipaikka, katu tai tie, kadun tai tien risteys (alle 10 000 autoa / vrk)	8
Tuuletusviemärin aukko (väh. 3 m ulkoilma-aukkoa korkeammalla)	5
Tie tai katu, tien tai kadun risteys (yli 10 000 autoa / vrk)	Ilmanotto ja -käsittely suunnitellaan erikseen esim. HSY:n etäisyysvaatimusten mukaan
Viereisen huoneiston parveke	3
Maanpinta tai pihataso	2
Kattopinta (ulkoilma-aukon alapuolella)	0,9

Ilmanvaihtokoneissa käsitelty tuloilma tuodaan hormien kautta asuinhuoneistoihin, kellariin, porraskäytäviin ja yleisiin tiloihin niin, että reitit saadaan suunniteltua mahdollisimman yksinkertaisiksi. Sama pätee poistoilman tuomiselle ilmanvaihtokoneelle.

### 3.4.3 Huoneistokohtainen ilmanvaihto

Huoneistokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa jokaisella huoneistolla, yleisillä tiloilla, porraskäytävällä ja kellarikerroksella on omat ilmanvaihtokoneensa. Ulkoilma otetaan seinien läpi, ja jäteilma johdetaan hormeissa vesikattolle. Korkeissa rakennuksissa jäteilma voidaan puhaltaa myös seinien läpi. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa huomioidaan myös kuvassa 3 ja taulukossa 6 esitetyt ulkoilma-aukkojen sijoitukseen liittyvät seikat ja taulukossa 7 esitetyt etäisyydet, jos jäteilma puhalletaan seinän läpi.

Taulukko 7. Ulospuhalluslaitteen etäisyydet (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -esimerkit. Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittaminen, 3.1)

	Ulospuhalluslaitteen etäisyys (m) (poistoilmaluokka 1 tai 2)
Alapuolella olevista avattavista ikkunoista	2
Samalla tasolla tai yläpuolella olevista avattavista ikkunoista tai oleskelutasoista	3
Maanpinnasta tai pihatasaosta	2
Naapuritontista	2
Tuuletusviemärin ja savupiipun aukosta ja painovoimaisen ilmanvaihdon ulospuhallusaukosta	1

Huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa ilmanvaihtokoneina käytetään yleensä kaappimallisia koneita, joissa on suunnitelmien mukaiset toimintaosat.

### 3.4.4 Ilmanvaihtokoneet

Ennen ilmanvaihtokoneiden valintaa tulee selvittää, suunnitellaanko kohteeseen keskitetty vai huoneistokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä. Keskitetyssä ilmanvaihdossa tilojen ilmanvaihto voidaan toteuttaa yhdellä tai useammalla ilmanvaihtokoneella, huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa ilmanvaihtokoneet ovat pieniä ja niitä on monta.

Kohteeseen tavoiteltujen sisäilman olosuhteiden perusteella saadaan valittua ilmanvaihtokoneisiin tarvittavat toimintaosat.

## Sulkupellit

Koteloiduissa ilmanvaihtokoneissa on yleensä eristetyt sulkupellit ensimmäisenä toimintaosana ulkoilmakanavan jälkeen ja viimeisenä osana ennen jäteilmakanavaa. Sulkupellin tehtävä on tarvittaessa sulkea ilmavirran kulku koneeseen ja koneesta pois.

Jos ulko- tai jäteilmakanava on poikkipinta-alaltaan yli 0,06 m<sup>2</sup>, tulee sulkupeltien sulkeutua automaattisesti järjestelmän pysähtyessä (1009/2017, luku 3; 20 §).

## Suodattimet

Ilmanvaihtokoneissa tarvitaan suodattimia ilman epäpuhtauksien suodatukseen. Suodatinluokat ovat ISO Coarse ePM<sub>10</sub>, ePM<sub>2,5</sub> ja ePM<sub>1</sub>. ISO Coarse on karkea-suodatin, ja muiden erotusasteet ovat taulukossa 8.

Taulukko 8. Hiukkasmaisten aineiden erotusasteiden kokoalueet (µm) (SFS-EN ISO 16890-1. 2016)

Hiukkaserotusaste	Kokoalue, µm
ePM <sub>10</sub>	0,3 ≤ x ≤ 10
ePM <sub>2,5</sub>	0,3 ≤ x ≤ 2,5
ePM <sub>1</sub>	0,3 ≤ x ≤ 1

Suodatinluokkien perässä ilmoitettu prosenttiluku tarkoittaa sitä, paljonko kyseisistä hiukkasista saadaan poistettua ilmasta, esim. ISO ePM<sub>2,5</sub> 60 % tarkoittaa, että halkaisijaltaan max. 2,5 µm kokoisia hiukkasia saadaan suodatettua 60 %. (SFS-EN ISO 16890-1. 2016, 7.3)

Ilmanvaihtokoneissa voidaan käyttää esi- ja pääsuodattimia. Esisuodattimien tarkoitus on poistaa pöly ja muut suuremmat epäpuhtaudet ilmasta. Pääsuodattimia tarvitaan poistamaan hiukkasia raitis- ja poistoilmapuolilta. Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaan S1- ja S2-luokissa PM<sub>2,5</sub> hiukkasia tulee olla sisäilmassa alle 10

$\mu\text{m}/\text{m}^3$ , ja sisä- ja ulkoilman pitoisuuksien suhteen alle 0,5. (Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 7.3.2.)

## Äänenvaimentimet

Äänenvaimentimia tarvitaan ainakin tulo- ja poistoilmapuolelle. Jos ulkoilma-aukko sijaitsee esim. lähellä rakennuksen sisäpihaa, voidaan raitisilmapuolelle asentaa äänenvaimennin, ja tarvittaessa myös jäteilmapuolelle. Taulukossa 9 on esitetty maksimiarvoja eräille tiloille.

Taulukko 9. Äänitason maksimiarvot (796/2017, 5 §)

Huone- ja ulkotila	Jatkuva laajakaistainen ääni		Impulssimainen tai kapea-kaistainen ääni	
	Keskiäänitaso (dB)	Maksimiäänitaso (dB)	Keskiäänitaso (dB)	Maksimiäänitaso (dB)
Asuinhuone	28	33	25	30
Asunnon keittiö tai rakennuksen harrastetila	33	38	30	35
Porrashuone tai uloskäytävä	38	43	35	40
Ulkotila	45	50	40	45

Äänenvaimentimet ovat yleensä lamelläänenvaimentimia, joiden koko riippuu vaimennuksen määrän tarpeesta. Liian lyhyt vaimennin ei poista ääntä, ja liian pitkä vaimennin saattaa aiheuttaa ääntä. Vaimentimet asennetaan joko ilmanvaihtokoneiden sisään tai niistä lähteviin kanaviin. (Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 7.3.2.)

## Puhaltimet

Ilmanvaihtokoneissa puhaltimet asennetaan aina tärinänvaimentimille, jotta puhaltimien aiheuttama tärinä ei aiheuta ääntä kanavistoon. Puhaltimina käytetään kammiopuhaltimia tai keskipakoispuhaltimia (kaavulliset radiaalipuhaltimet).

Kammiopuhaltimet vaativat vähemmän huoltoa, luovuttavat vähemmän epäpuhtauksia, ovat helpommin puhdistettavissa, ja aiheuttavat vähemmän ääntä kuin keskipakoispuhaltimet. Niissä on kuitenkin huonompi hyötysuhde ja ne soveltuvat pienemmille ilmavirroille ( $0 \dots 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Kammiopuhaltimen jälkeen voidaan heti asentaa toimintaosa, keskipakoispuhallin tarvitsee rakenneosan puhaltimen jälkeen. (Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto- ja ilmastointijärjestelmät, 7.3.2)

Kammiopuhaltimet vaativat taajuusmuuttajakäyttöisen moottorin, keskipakoispuhaltimia voidaan käyttää myös ilman taajuusmuuttajaa. Moottorit ovat esim. EC-moottoreita (electronically commutated), eli kestopagneetilla varustettuja tasavirtamoottoreita, joiden pyörimisnopeutta säädetään moottoriin integroidulla säätöyksiköllä, tai PM-moottoreita (permanent magnet motor), eli vaihtovirralla toimivia sähkömoottoreita, joiden pyörimisnopeuden säätöön tarvitaan taajuusmuuttaja (ST 21.33. 2012). Keskipakoispuhaltimessa moottori asennetaan sen viereen, ja se toimii hihnakäyttöisenä, kammiopuhallin on asennettu moottorin akseliin kiinni.

### **Lämmöntalteenotto**

Rakennuksen energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa suuresti lämmöntalteenoton avulla. Sen tarkoituksena on ottaa poistoilmasta talteen hukkalämpöä, joka muuten puhallettaisiin ulos. Lämmönsiirtimiä ovat pyörivä lämmönsiirrin, levylämmönsiirrin ja nestekiertoinen lämmönsiirrin. Lämmönsiirtimille tulee suunnitella kondenssiviemäröinti.

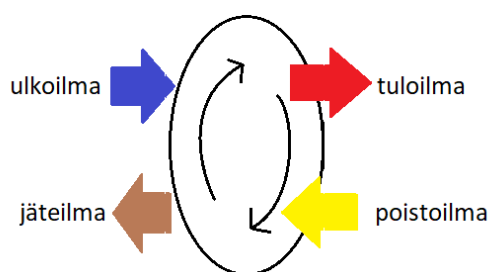
Lämmönsiirtimen lämpötilahyötysuhde  $\eta_t$  on valmistajan ilmoittama arvo (%), joka kertoo, kuinka paljon poistoilman lämmöstä saadaan siirrettyä tuloilmaan vakioissa olosuhteissa. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde  $\eta_a$  tarkoittaa lämmönsiirtimellä poistoilmasta hyödynnettävän lämpömäärän suhdetta rakennuksen ilmanvaihdon tarvitsemaan lämpömäärään, kun lämmöntalteenottoa ei ole. Vuosihyötysuhteessa huomioidaan lämmönsiirtimen ominaisuuksien lisäksi ilmanvaihtokoneen ja ympäristön tietoja (esim. mitoitusvirrat ja säätiedot) ja huurteen- ja jäänestoon tarvittava lämmitysenergia. Vuosihyötysuhde on pienempi kuin lämpötilahyötysuhde. (Tasauslaskentaopas 2018)

Keskimääräiset lämmöntalteenoton hyötysuhteet (Tasauslaskentaopas 2018, 3.5.3):

- nestekiertoinen lämmöntalteenotto 40...60 %
- ristivirtalevyllämmönsiirtimet 50...70 %
- vastavirtalevyllämmönsiirtimet 60...80 %
- pyörivät lämmönsiirtimet 60...80 %

Pyörivä (regeneratiivinen) lämmönsiirrin siirtää lämpöä poistoilmasta tuloilmaan pyörivän kiekkomaisen roottorin avulla. Roottorilla on suuri lämmönsiirtopinta-ala, jonka avulla lämpö siirtyy tuloilmaan ilman väliainetta. Em. syistä pyörivällä lämmönsiirtimellä saavutetaan korkea vuosihyötysuhde. Lämmönsiirtimen aiheuttama painehäviö on kohtuullinen, ja sen tilantarve on hyvin vähäinen.

Pyörivän roottorin välityksellä kuitenkin siirtyy myös osa epäpuhtauksista tuloilmaan. Lisäksi ulkolämpötilan ollessa n. alle 15 °C, kun roottori on ei-hygroσκοoppinen (kosteutta siirtämätön), ja n. alle 25 °C, kun roottori on hygroσκοoppinen (kosteutta siirtävä), muodostuu huurretta, joka täytyy poistaa.



KUVA 4. Pyörivän (regeneratiivinen) lämmönsiirtimen toimintaperiaate

Levylämmönsiirtimiä on kahden tyyppisiä, ristivirta- ja vastavirtalevylämmönsiirrin (kuva 5). Niissä on neliömäisiä ohuita levyjä, joiden joka toisessa välissä kulkee lämmin poistoilma, ja joka toisessa välissä kylmä ulkoilma. Levyt ovat esim. alumiinia, jolla on hyvä lämmönsiirtokyky, ja niitä on ilmavirrasta riippuen 3...10 mm välein. Poisto- ja ulkoilma kulkevat siirtimissä ristiin, poistoilma yleensä alaspäin. Lämmönsiirtimet ovat tiiviitä ja hygieenisia, eikä niissä poistoilman epäpuhtaudet pääse siirtymään tuloilmaan.

Ristivirtalevylämmönsiirtimessä poisto- ja ulkoilma kulkevat heti ristiin, vastavirtalevylämmönsiirtimessä ilmat kulkevat ensin vastakkain ja lopuksi ristiin. Vastavirtalevylämmönsiirtimellä on siis enemmän lämmönsiirtopinta-alaa, ja siksi korkeampi hyötysuhde ja suurempi tilantarve. Molemmat siirrintyytit tarvitsevat toimintavarman huurteen- ja jäätyminenestön (esim. lohkosulatus), koska niissä alkaa jo ulkoilman ollessa n. -7 °C:ssa muodostumaan huurretta.

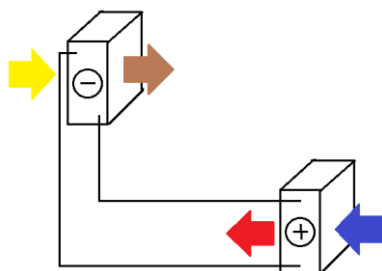


KUVA 5. Vas. ristivirtalevylämmönsiirtimen ja oik. vastavirtalevylämmönsiirtimen toimintaperiaate

Nestekiertoisessa lämmöntalteenotossa lämpöä siirretään väliaineen avulla, esim. veteen sekoitettu etyleeniglykoli ( $C_2H_4(OH)_2$ ), jonka pitoisuus on 25...30 %. Lämmönsiirrin koostuu tulo- ja poistoilmapattereista, jotka ovat rakenteeltaan lämmitys- ja jäähdytyspatterien kaltaisia (kuva 6). Tulo- ja poistoilmapatterit kuitenkin tarvitsevat enemmän pinta-alaa, joten niissä on putkirivejä 6...12.

Nestekiertoisen lämmöntalteenottojärjestelmän vuosihyötysuhde on suhteellisen pieni. Järjestelmällä saadaan puhdasta tuloilmaa, johon poistoilman epäpuhtaudet eivät pääse lainkaan. Poistoilmapatterin huurtuminen estetään pitämällä nesteen lämpötila patterilla yli n.  $-5\text{ }^\circ\text{C}$  säätämällä LTO:n nestevirtausta.

Eräs nestekiertoisen lämmöntalteenoton sovelluksista on Econet, jossa tulo- ja poistoilmapatterien yhteyteen on lisätty omilla lämmönsiirtimillä lämmitys- ja jäähdytysenergia ns. lisäenergiana. Näin päästään yli 65%:n vuosihyötysuhteeseen. (Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto- ja ilmastointijärjestelmät, 7.3.2)



KUVA 6. Nestekiertoisen lämmöntalteenoton toimintaperiaate

### Lämmitys- ja jäähdytyspatterit

Lämmitys- ja jäähdytyspattereina käytetään pääsääntöisesti vesikiertoisia pattereita. Pattereissa nesteenä on käytetty myös esim. vesi-glykoliliuosta, ja lämmityspatterit voivat olla sähköpattereita. Patterit koostuvat lamelleista, ja niiden läpi



menevistä putkista, jotka mahdollistavat hyvän lämmönsiirtotehon suurella lämmönsiirtopinta-alalla. Joissain tapauksissa tarvitaan lisäksi esilämmityspattereita, jotka lämmittävät ilmaa jo ennen LTO:ta. Lämmityspatterissa putkirivejä on yleensä 1...2, ja jäähdytyspatterissa 3...4. Jäähdytyspattereita voidaan lisäksi hyödyntää ilman kuivaamisessa.

Jäähdytyspatterit voivat olla myös suora-höyrystyspattereita, jolloin ne toimivat jäähdytyskoneen höyrystiminä. Pattereille tulee aina suunnitella kondenssiviemärointi. Lisäksi jos on vaara, että kondenssivesi lähtee kulkemaan ilmavirran mukana, tai sitä syntyy erityisen paljon, tarvitaan ilmanvaihtokoneeseen pi-saranerotin jäähdytyspatterin jälkeen. (Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto- ja ilmastointijärjestelmät, 7.3.2)

### **Kostuttimet**

Ilman kostutuksessa otetaan huomioon lämmöntalteenotossa poistoilmasta tuloilmaan siirtyvä kosteus (esim. pyörivällä LTO:lla), ja kostutuksen vaikutus sisäilman laatuun (esim. mikrobien kasvu) (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto, luku 3; 23). Tuloilmaa kostutetaan haihdutus- tai höyrykostuttimella.

Haihdutuskostuttimessa on kostutinkeno, johon valutetaan vettä, josta osa höyrystyy tuloilman mukaan, loput valuvat kennon alapuolella olevaan altaaseen. Haihdutuskostutus tapahtuu joko suorakastelujärjestelmällä tai kiertovesijärjestelmällä. Suorakastelujärjestelmässä vesi menee kostuttimen jälkeen suoraan viemäriin, kiertovesijärjestelmässä vesi kierrätetään kostuttimen jälkeen uudelleen kostuttimelle. Kierrätettävä vesi puhdistetaan, ja osa vedestä johdetaan viemäriin. Haihdutuskostutuksessa tuloilman lämpötila laskee, joten kostutinta ennen tarvitaan yleensä esilämmityspatteri, joka lämmittää ilman esim. 25...30 °C:een.

Höyrykostuttimessa ilmaan sumutetaan jakoputkien avulla höyryä, joka on tuotettu yleensä sähköllä. Kostutin sisältää tarvittavan säätöautomaatiikan, jonka avulla säätö on nopeaa. Ilman lämpötila kasvaa prosessissa n. 0,5...1 °C. (Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto- ja ilmastointijärjestelmät, 7.3.2)

### 3.4.5 Ilmanvaihtokonehuoneet

Ilmanvaihtokonehuoneeseen voidaan sijoittaa kohteen ilmanvaihtokoneiden lisäksi esim. sähkö- ja automaatiokeskukset ja vedenjäähdytyskoneen. Ilmanvaihtokonehuone muodostaa aina oman palo-osastonsa, kun ilmanvaihtokone palvelee useampaa kuin yhtä palo-osastoa. Paloluokasta riippuen osastointivaatimus on vähintään EI30. Huoneessa on oltava myös vesipiste ja viemärointi. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ilmanvaihtokonehuonetta ei tarvita.

### 3.4.6 Ilmanvaihtokanavat ja niiden osat

Ilmanvaihtokanavina käytetään tyyppihyväksytyjä CE-merkittyjä peltisiä pyöreitä tai suorakaidekanavia. Ilmanvaihtokanavien ja niiden osien sisäseinämät tehdään yleensä vähintään A2-s1, d0 -luokan (ks. kohta 3.6) tarvikkeista. Kanavien seinämät ovat paksuudeltaan vähintään 0,5 mm, ja voivat olla yli 1 mm paksuisia riippuen kanavan koosta. (Talotekniikkainfo. 2019. Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus, 6.3)

Ilmanvaihdossa tarvitaan lämmön-, palon-, äänen- ja kondenssieristyksiä. Eristeiden vähimmäispaksuudet riippuvat kanavien muodosta (pyöreä vai suorakaide), koosta (mm) ja ympäristön ja kanavassa virtaavan ilman lämpötilaerosta (°C). Eristykset tehdään kohdan 4.4.6 mukaisesti.

### Äänenvaimentimet

Äänen hallinnan vuoksi käytetään äänenvaimentimia, joita asennetaan jokaiseen huoneistoon tulo- ja poistopuolelle. Äänenvaimentimina käytetään yleensä 500...1200 mm pituisia tehdasvalmiita, testattuja vaimentimia.

### Säätö- ja sulkupellit

Säätö- ja sulkupeltien tarkoituksena on säätää ja sulkea ilmavirta kanavistossa. Kertasäätöpellillä saadaan säädettyä kanavassa kulkeva ilmavirta vakioksi, ilmavirtasäätteisellä yhdistettynä automaatiolla esim. huoneantureihin (°C ja CO<sub>2</sub>) ja

taajuusmuuttajakäyttöisiin ilmanvaihtokoneen puhaltimiin, saadaan huoneistojen ilmavirtoja säädettyä jatkuvasti.

Sulkupelti voi olla toimilaitteellinen tai ilman toimilaitetta. Toimilaitteellisella sulkupellillä voidaan esimerkiksi säätää ilmavirtaa kaksiportaisesti. Tämä tapahtuu tuloilmakanavan haaraan asennetulla sulkupellillä, joka yhdistetään automaattilla liesikuvun sulkupeltiin ja ilmanvaihtokoneen puhaltimeen. Liesikuvun sulkupellin avautuessa aukenee myös tuloilmakanavan sulkupelti, ja puhaltimet tuovat ja poistavat ilmavirtaa huoneistosta tehokkaammin. Toimilaitteettomat sulkupellit suljetaan tarvittaessa.

### **Palopellit**

Palopeltien tarkoitus on toimia palonrajoittimina rakennuksissa. Pellit ovat normaalisti aina auki, ja ne sulkeutuvat palotilanteessa estäen palon ja savukaasujen pääsyn palo-osastosta toiseen. Palopeltien tulee olla toimintavarmoja, ja niiden täytyy kestää niille määritetty palonkesto-aika (EI-luokka). EI-luokan tulee olla vähintään lävistettävän rakenteen palonkestävyyden mukainen (esim. EI 60).

### **Puhdistusluukut**

Puhdistusluukkuja tarvitaan riittävästi, että kanavisto saadaan puhdistettua ja laitteet huollettua ja vaihdettua tarvittaessa.

#### **3.4.7 Päätelaitteet**

Asuinkerrostalokohteissa ilmanvaihto toteutetaan yleensä sekoittavalla ilmanvaihdolla, ja päätelaitteina käytetään liesikupua ja ilmanvaihtoventtiilejä tai kattoon asennettavia hajottimia. Tulo- ja poistoilmaventtiilit asennetaan yleensä alakaton alapuolelle tai väliseinän läpi. Hajottimia asennetaan joko näkyville tai alakaton alapuolelle päätelaitteesta riippuen.

Tuloilmahajottimet voivat olla aktiivisia tai passiivisia. Passiivisissa hajottimissa ilmaraot tai suuttimet asennetaan tiettyyn asentoon, jossa ilma virtaa sopivalla

heittokuviolla tiloihin niin normaali- kuin tehostustilanteessa. Aktiivisia päätelaitteita käyttäessä ei tarvita ilmavirtasäätimiä tuloilmakanavistoon, vaan päätelaite yhdistetään automaatiolla toimimaan huoneanturien, poistoilman ilmavirtasäätimen ja taajuusmuuttajalla varustetun puhaltimen kanssa. Tehostustilanteessa aktiivinen päätelaite päästää enemmän ilmavirtaa huoneistoon.

Tulo- ja poistoilman päätelaitteiden lisäksi tarvitaan siirto- ja ulkoilmasäleikköjä, ja ulkoilma- ja jäteilmalaitteita. Siirtoilmasäleikköjä tarvitaan, jos sellaisten tilojen ovissa ei ole ovirakoa, joihin ei tuoda tuloilmaa. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa ulkoilmasäleikköjä tarvitaan jokaiseen huoneistoon yksi, keskitetyssä ilmanvaihdossa yksi säleikkö voi riittää koko järjestelmään. Ulkosäleikkö tulee suojata lumisuojujalla. Jäteilmakanavan päähän asennetaan ulospuhallushajotaja, joka on suojattu sadevedeltä.

### 3.4.8 Väestönsuojien ilmanvaihto

Väestönsuoja tulee rakentaa, jos rakennuksen kerrosala on vähintään 1200 m<sup>2</sup> ja siellä asutaan, työskennellään tai oleskellaan jatkuvasti (379/2011, luku 11; 71 §). Väestönsuoja sijaitsee yleensä kellarissa, mutta se voidaan sijoittaa max. 250 m etäisyydelle kohteesta, jota varten se rakennetaan (408/2011, 3 §). Väestönsuojien suojaluokat määräytyvät niiden koon mukaan (taulukko 10).

Taulukko 10. Väestönsuojan suojaluokat ja kestävyudet (408/2011, 2 §, 4 §)

Varsinainen suojatila enintään m <sup>2</sup>	Suojaluokka	Kestävyys kPa
135	S1 teräsbetonisuoja	100
900	S2 teräsbetonisuoja	200
4500	Kalliosuoja	300

Väestönsuojassa tulee olla ainakin yksi ilmanvaihtolaitteisto, jonka avulla ilmanvaihto toimii suojausaikana. S1-luokan ilmanvaihtolaitteiston (IVL-1) tulee toimia sähköllä ja käsikäytöllä, ja siinä tulee olla paineventtiili, esisuodatin, erityissuodatin, suojapuhallin, ilmavirran mittari ja varavalaisinlaite. S2-luokan ja kalliosuojan ilmanvaihtolaitteisto (IVL-3) on polttomoottorikäyttöinen, ja siinä tulee olla erityissuodattimet, suojapuhaltimen sähkö- ja polttomoottorit, ilmavirran mittarit ja mitaus- ja valvontalaitteet. Suojausaikana poistoilma poistuu tuloilman aiheuttaman

ylipaineen avulla ylipaineventtiilien kautta. Yhdellä ilmanvaihtolaitteistolla saadaan tehokkaasti vaihdettua ilma n. 45 m<sup>2</sup> alueelta. (409/2011)

Väestönsuoja ja sen laitteet ja välineet on saatava käyttöön 72 tunnissa (379/2011, luku 11; 76 §).

### 3.5 Kylmätekniset järjestelmät

Kylmätekniisten järjestelmien suunnittelussa tulee ensin selvittää kohteen jäähdytystarve, ja miten jäähdytys toteutetaan. Jäähdytysjärjestelmät voivat olla välillisiä tai suoria järjestelmiä. Välillisissä järjestelmissä hyödynnetään jäähdytyksessä lämmönvaihdinta, suorissa järjestelmissä kylmä siirretään suoraan höyrystimen kautta kylmäaineeseen. Välillisillä ja suorilla järjestelmillä tilojen jäähdytys voidaan hoitaa keskitetysti tai paikallisesti.

#### 3.5.1 Jäähdytystarpeen laskenta

Tilojen jäähdytystarpeeseen vaikuttavat rakennuksen sijainti, tilojen suuntaus aurinkoon nähden, tilojen lämpökuormat, ikkunoiden koko ja lämmönläpäisevyys, aurinkosuojat (esim. lipat, puut, viereiset rakennukset ja sälekaihtimet), rakenteiden lämmönjohtavuus, ja tavoiteltu sisäilmastoluokka (Sandberg, E. Ilmastointilaitoksen mitoitus. 2016, 10.6.3). Sisäilmastoluokitus 2018 mukaan S3-luokkaa tavoitellessa ei tarvita jäähdytystä, S2-luokkaa tavoitellessa usein tarvitaan, ja S1-luokassa tarvitaan aina.

Taulukko 11. Jäähdytysjärjestelmän suunnitteluarvot eri sisäilmastoluokissa (Sisäilmastoluokitus 2018, 2.4.1)

S1	S2	S3
24,5 °C	25,5 °C	27 °C

### 3.5.2 Välilliset jäähdytysjärjestelmät

Välillisessä jäähdytysjärjestelmässä neste (esim. vesi) jäähdytetään haluttuun lämpötilaan lämmönvaihtimessa, josta neste vietään jäähdytyslaitteiden höyrystimille. Lämmönvaihtimena voi toimia esim. vedenjäähdytyskone (VJK) tai kaukojäähdytyksen lämmönsiirrin.

Vedenjäähdytyskoneella vesi jäähdytetään haluttuun lämpötilaan. Koneen yhteyteen tarvitaan tasaussäiliö erottamaan ensiö- ja toisiopiirit toisistaan, tasaamaan kompressorien käynti- ja seisontajaksoja, pitämään ensiöpiirin virtauksen vakiona toisiopiirin virtauksen vaihdellessa ja vähentämään toisiopiirin lämpötilan vaihtelua. Lisäksi tarvitaan pumppu sekä ensiö- että toisiopuolelle, ja riittävästi antureita, mittareita ja venttiilejä verkoston mittauksen, säädön, sulun, ilmauksen ja tyhjennyksen hoitamiseen. Ensiöpuolen pumpun virtaaman tulee olla vähintään yhtä suuri kuin toisiopuolen virtaaman, jotta jäähtynyt vesi ei jää kiertämään toisiopuolelle vaan kulkeutuu takaisin jäähdytettäväksi vedenjäähdytyskoneelle. Lämpölaajenemisen vuoksi toisiopuolen imupuolelle asennetaan paisunta-astia. (Hakala & Kaappola. Kylmälaitoksen suunnittelu. 2013, 15)

Kaukojäähdytys toimii samankaltaisesti kuin kaukolämmitys. Kaukojäähdytysvesi tuodaan kiinteistön lämmönsiirtimelle, joka jäähdyttää veden haluttuun lämpötilaan. Lämmönsiirtimeltä vesi menee jäähdytyslaitteille. Kaukojäähdytyksen mittauskeskus toimitetaan kiinteistöön pakettina. Verkostoon tarvitaan lisäksi antureita, mittareita ja venttiilejä verkoston mittauksen, säädön, sulun, ilmauksen ja tyhjennyksen hoitamiseen, ja toisiopuolelle pumppu ja paisunta-astia. (Sandberg, E. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. 2016, 10.6)

Välillisen jäähdytysjärjestelmän jäähdytyslaitteita ovat esim. puhallinkonvektorit, kattojäähdytysjärjestelmä, lattiaviilennysjärjestelmä, vakioilmastointikoneet ja IV-koneen jäähdytyspatterit.

### 3.5.3 Suorahöyrysteiset jäähdytysjärjestelmät

Suorahöyrysteiset jäähdytysjärjestelmät sisältävät höyrystimen, kompressorin, lauhduttimen ja paisuntalaitteet, sekä tarvittavat anturit, mittarit, venttiilit ja säiliöt

verkoston toiminnan kannalta. Höyrystimen tehtävänä on höyrystää neste-höyryseoksena oleva kylmäaine sitoen lämpöä ympäristöstä. Kompressori puristaa höyryn korkeaan paineeseen nostaen samalla kylmäisen höyryn lämpötilaa. Lauhdutin lauhduttaa höyryn nesteeksi luovuttaen lämpöä ympäristöön. Paisuntaventtiili laskee kylmäaineen painetta ja lämpötilaa muuttaen nesteen takaisin neste-höyryseokseksi.

Suorahöyrysteisen jäähdytysjärjestelmän jäähdytyslaitteita ovat esim. ikkunakoneet, split- ja multisplit-lämpöpumput, siirrettävät jäähdytyskoneet, kaappikoneet ja IV-koneen suorahöyrystyspatterit. Suorahöyrysteisessä järjestelmässä lauhdutin voidaan sijoittaa ulos (esim. split- ja multi-split-lämpöpumppujen ulkoyksikkö) tai sisälle (esim. IV-koneen suorahöyrystyspatterien kompressorilauhduttimet).

Suorahöyrysteistä jäähdytysjärjestelmää voidaan esimerkiksi käyttää, jos jäähdytystehon tarve on alle 70 kW tai jäähdytyspatterin läpi kulkeva ilmavirta on lähes vakio, eikä säätöä juurikaan tarvita. Suorahöyrysteiset järjestelmät ovat yleensä edullisempia. (Sandberg, E. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. 2016, 10.2)

#### **3.5.4 Kylmälaitoksen putkistot**

Kylmäaineputkistoissa käytetään yleensä kupariputkea. Jäähdytysputkissa, joissa virtaa vesi tai kylmäliuos (vesi + muu aine), käytetään yleensä ruostumattomaa teräsputkea, haponkestävää teräsputkea, muoviputkea tai komposiittiputkea.

Taulukko 12. Jäähdytysputkimateriaalien edut ja haitat (Välilliset kylmäjärjestelmät. 2019, 5.1)

Putkimateriaali	Hyvät puolet	Huonot puolet
Teräs (esim. Fe37 tai Fe52)	Lujuus, hyvä muokattavuus, seostettavuus, hitsattavuus ja edullinen hinta.	Huono korroosionkesto, painava materiaali.
Ruostumaton teräs (RST)	Hyvä sitkeys, kylmämuokattavuus, hitsattavuus ja korroosionkestävyys hapettavissa olosuhteissa.	Saattaa aiheutua jännitys-, piste-, piilo- (koloridiliuoksessa) ja raerajakorroosiota (happoliuoksessa), huono kestävyys rikki- ja suolahapossa, kallis hinta ja painava materiaali.
Haponkestävä teräs (HST)	Hyvä sitkeys, kylmämuokattavuus, hitsattavuus ja korroosionkestävyys.	Kallis hinta ja painava materiaali.
Muovi (esim. PVC tai PP)	Hyvä lämmöneristyskyky ja kemiallinen kestävyys, helppo käsitellä ja asentaa, alhainen kitkakerroin ja kevyt ja halpa materiaali.	Huono korkeiden lämpötilojen ja paineen kestävyys, lämmönjohtavuus ja lujuus ja materiaali palavaa.
Komposiitti	Hyvä lämmöneristyskyky ja kemiallinen kestävyys, helppo käsitellä ja asentaa, alhainen kitkakerroin ja kevyt materiaali.	Huono korkeiden lämpötilojen ja paineen kestävyys ja lämmönjohtavuus ja materiaali palavaa.

Jäähdytys- ja kylmäjärjestelmien eristykset tehdään kohdan 4.5.4 mukaisesti.

### 3.6 Palontorjuntajärjestelmät

Rakennusten palontorjunnassa käytetään sammutusvesilaitteistoja, palonrajoittimia ja savunpoistojärjestelmiä. Sammutusvesilaitteistoja ovat esim. palopostit, automaattinen sammutuslaitteisto (esim. sprinkleri-, vesisumu- ja kaasujärjestelmät) ja kuivanousujohdot. Palonrajoittimina toimivat esim. palopellit. Savunpoistojärjestelmä voidaan toteuttaa joko painovoimaisena tai koneellisena.



Automaattisten sammutuslaitteistojen tarve määräytyy mm. rakennuksen käyttötarkoituksen, korkeuden ja paloluokituksen mukaan. Paloluokat ovat P0, P1, P2 ja P3 (taulukko 13).

Taulukko 13. Rakennusten paloluokat (Perustelumuistio ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta. 2017, 1)

Paloluokat	
P0	Rakennus on paloturvallisuuden kannalta merkittävin osin tai kokonaan suunniteltu oletettuun palonkehitykseen perustuen.
P1	Yli 2-kerroksiset rakennukset, jotka on suunniteltu kestäämään palossa sortumatta tietyllä varmuudella. Määritetään palokuormaryhmittäin.
P2	Rakennusten kantavien rakenteiden vaatimukset matalammat kuin P1. Parannetaan palonkestoa mm. palonrajoittimien ja pintamateriaalien avulla. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoitettu, jotta saavutetaan riittävä turvallisuustaso.
P3	Rakennuksen kantaville rakenteille ei yleensä ole määritelty vaatimuksia. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoitettu, jotta saavutetaan riittävä turvallisuustaso.

Palokuormaryhmät määritetään palokuorman mukaan (848/2017, luku 1; 6 §):

- $< 600 \text{ Mj} / \text{m}^2$  (esim. asunnot ja majoitus- ja työpaikkatilat)
- $600 \leq 1200 \text{ Mj} / \text{m}^2$  (esim. irtaimistovarastot ja max. 50 m<sup>2</sup> varastot)
- $> 1200 \text{ Mj} / \text{m}^2$  (esim. yli 50 m<sup>2</sup> varastot)

Rakennusosien kantavuutta kuvastaa merkintä R, tiiviyyttä E ja eristystä I. Merkin­töjen jälkeen ilmoitetaan palonkestävyysaika minuutteina 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240 (esim. EI 60). Rakennustarvikkeiden luokat ovat A1, A2, B, C, D, E ja F. Luokat eivät koske lattiapäällysteitä. Savuntuoton luokitukset ovat s1, s2 ja s3, ja palavan pisaroinnin luokitukset ovat d0, d1 ja d2. (Perustelumuistio ympäristö­ministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta. 2017, 2; 3 §)

Taulukko 14. Rakennustarvikkeiden merkinnät ja niiden kuvaukset (Perustelumuistio ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta. 2017, 2; 3 §)

A1	Palamattomat tarvikkeet.
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.
F	Tarvikkeet, jotka eivät täytä E -luokan vaatimuksia.
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä.
s2	Savuntuotto on vähäistä.
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia.
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

### 3.6.1 Palopostit

Rakennuksen paloposteina käytetään ensisijaisesti pikapaloposteja (DN20 tai DN25). Jos palokuorma ja/tai palon leviäminen on normaalia suurempaa, voidaan lisäksi tarvita sisäpaloposteja (DN50) ja ulkopaloposteja (DN80 tai DN100).

Palopostien vesi otetaan vesijohtoverkostosta tai omasta sammutusvesiverkostosta. Paloposteja tarvitaan asuinkerrostalokohteissa yleensä 1 kpl (Sammutusvesiputkistot. Turvallisuusohje 2015, 4.2).

### 3.6.2 Kuivanousut

Kuivanousujohtoa tarvitaan esim. korkeissa rakennuksissa. Johdon tarkoituksena on helpottaa pelastus- ja sammutustyötä.

### 3.6.3 Savunpoistojärjestelmä

Savunpoistojärjestelmä voi olla painovoimainen tai koneellinen. Painovoimainen savunpoisto voidaan toteuttaa esim. savunpoistoikkunoilla tai -luukuilla, koneellinen savunpoisto toteutetaan savunpoistohormilla ja -puhaltimella. Jotta savunpoistojärjestelmät voivat toimia, tulee tilaan, josta savua poistetaan, tuoda korvausilmaa esim. ikkunan, sammutusreitin, porraskäytävän tai uloskäynnin kautta.

## 4 LVI-JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU

### 4.1 Lämmitysjärjestelmät

#### 4.1.1 Lämpöhäviölaskenta

Lämpöhäviölaskenta tehdään esim. MagiCAD Room -ohjelmistolla, jolla kohde voidaan lisäksi tarvittaessa mallintaa. Ohjelmistolla luodaan tilat, joille määritetään korkeus (m), ilmavirrat ( $\text{dm}^3/\text{s}$ ), ilman vaihtuvuus ( $\text{dm}^3/\text{h}$ ), huonelämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ ), tuloilman lämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ ) ja mahdolliset yläpohjaa ja/tai alapohjaa koskevat poikkeukset. Lämpöhäviölaskennalla saatuja tuloksia hyödynnetään tilojen lämmityksen suunnittelussa.

#### 4.1.2 Lämmöntuotanto

Lämmöntuotantomuodon valitsee tilaaja. Sen valintaan vaikuttavat mm. kohteen sijainti (onko alueella esim. kaukolämpöputkisto tai onko tilaa maalämmön porakaivolle jne.), tavoitteet energiatehokkuudelle, kohteen energiantarve ja energioiden hinnat, hybridiratkaisujen mahdollinen käyttö ja järjestelmän investointi- ja käyttökustannukset. Suunnittelija auttaa tarvittaessa tilaajaa valitsemaan kohteeseen järkevimmän lämmöntuotantomuodon laskelmien perusteella (Harjula, L. 2020).

Kaukolämmön ensiöpuolen putkina käytetään yleensä teräsputkia (K1/2013, 6.1).

#### 4.1.3 Lämmönjakuhuone

Lämmönjakuhuoneen koon ja sijainnin määrittelee arkkitehti, mutta kokoa voi tarvittaessa muuttaa, jos se ei vastaa tilantarvetta. Tilantarpeeseen vaikuttavat kaukolämpölaitteiden ja muiden sinne asennettavien laitteiden tilantarve, huollettavuus ja sijoittelu.

Kaukolämpölaitteiden tilantarpeeseen vaikuttavat rakennuksen tilavuus ja lämmönsiirtimien määrä (taulukko 15). Lämmönsiirtimien määrä vaihtelee kohdekohtaisesti riippuen siitä, montako lämmitysverkostoa kohteessa on, jotka tarvitsevat eri lämpöistä vettä.

Taulukko 15. Kaukolämpölaitteiden vaatima ohjeellinen tilantarve (K1/2013, 2.2)

Asuinrakennuksen tilavuus (m <sup>3</sup> )	Lämmönsiirrinten lukumäärä	Kaukolämpölaitteiden tilantarve (m <sup>3</sup> )
500	2	2
500	3	2,5
1000	3	3
1000	4	4
10 000	4	5
20 000	4	5

Kaukolämmön mittauskeskus on leveydeltään vähintään 1500 mm, ja sen edessä on oltava vähintään 800 mm huoltotilaa, jonka korkeus on vähintään 2000 mm. Lämmönjakokeskuksen huollettavilla puolilla tulee olla vähintään 600 mm huoltotilaa. (K1/2013, 2)

#### 4.1.4 Lämmönjakokeskus

Lämmönjakokeskus mitoitetaan K1/2013 ohjeiden mukaisesti. Mitoituksessa käytetään ensiö- ja toisiopuolien lämpötiloina taulukoissa 16 ja 17 esitettyjä arvoja.

Taulukko 16. Uudisrakennusten lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat mitoitusulkolämpötilassa (K1/2013, 3.4.1)

	Lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat (°C)			
	Ensiö		Toisio	
	Tulo	Paluu	Paluu	Meno
Lämmitys, radiaattorisuositus	115	(max) 33	(max) 30	(max) 45
Lämmitys, radiaattoripoikkeustapaukset	115	(max) 33	(max) 30	(max) 60
Lämmitys, lattialämmitys	115	(max) 33	(max) 30	(max) 35
Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys	70	(max) 28	(max) 25	(max) 30
Ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115	(max) 33	(max) 30	(max) 60

Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla max. 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila

Taulukko 17. Käyttöveden lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat (K1/2013, 3.4.1)

	Lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat (°C)			
	Ensiö		Toisio	
	Tulo	Paluu	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Käyttöveden lämmönsiirtimet	70	(max) 20	10	58

Lämmönsiirtimien ja putkistojen ja varusteiden painehäviöinä käytetään K1/2013 kohdassa 3.5 ilmoitettuja maksimipainehäviöitä:

	ensiö	toisio
käyttövesisiirtimet	20 kPa	50 kPa
muut siirtimet	20 kPa	20 kPa
putkistot ja varusteet (ei säätöventtiilit)	5 kPa	5 kPa

MagiCAD-ohjelmistosta saadaan verkostojen suunnittelun ja mitoituksen jälkeen lämmönjakokeskuksen mitoitusta varten toisiopuolen mitoitusvirtaamat ( $\text{dm}^3/\text{s}$ ), kaukolämpövesivirran ( $\text{dm}^3/\text{s}$ ) ja kaukolämpöverkoston vesitilavuuden ( $\text{m}^3$ ).

Kiertovesipumput kohteeseen mitoitetaan mitoitusohjelmilla (esim. Grundfos).

#### 4.1.5 Lämmönjakelu

Lämmitysverkostot suunnitellaan yleensä yläjakoisena, jolloin putket jäävät näkyviin, ja ovat helposti vaihdettavissa ja pysyvät kestävinä. Alajakoisena voi patterilämmitysverkoston suunnitella pintavaluun (Harjula, L. 2020), esim. jos putket halutaan piiloon. Lattiarakenteen alle sijoitettavat putket tulee asentaa suojaputkeen. (RT 52-10797, 2.5)

LVI-suunnittelija määrittää lämmitysverkostoissa käytettävät putkimateriaalit. Näkyviin ja piiloon asennettavat putket eristetään eristeellä 24 ja hormeihin asennettavat putket eristetään eristeellä 22. Lisäksi putket, jotka ovat max. 22 mm ulkohalkaisijaltaan ja sijaitsevat piilossa lämpimissä tai puolilämpimissä tiloissa eristetään eristeellä 25 ja näkyviin jäävät voidaan jättää eristämättä. Kylmissä tiloissa ja yläpohjassa sijaitsevat putket eristetään eristeellä 25. (LVI 50-10345.

2002). Eristeiden sarjat on esitetty taulukossa 18, jossa  $s$  on eristeen paksuus (mm),  $a$  on putkien väli toisistaan (mm) ja  $b$  on etäisyys seinästä (mm).

Taulukko 18. Eristyssarjat (EDU.fi)

Putken ulkohalkaisija (mm)	Eristyspaksuus (mm)																	
	Sarja 21			Sarja 22			Sarja 23			Sarja 24			Sarja 25			Sarja 26		
	a	s	b	a	s	b	a	s	b	a	s	b	a	s	b	a	s	b
10-49	90	20	60	110	30	70	130	40	80	150	50	90	170	60	100	210	80	120
54-89	110	30	70	130	40	80	150	50	90	170	60	100	210	80	120	250	100	140
90-169	130	40	80	150	50	90	170	60	100	210	80	120	260	100	140	300	120	170
170-324	150	50	90	170	60	100	210	80	120	260	100	140	300	120	170	340	140	190
325-714	180	60	100	220	80	120	260	100	140	300	120	170	340	140	190	380	160	210

Patteriverkoston lämmitysputkina käytetään teräsputkia, joiden liitokset tehdään kestävillä hitsaus- ja kierrelliitoksilla. Lattialämmitysputkina käytetään happidif- fuusiosuojattuja muoviputkia, joissa ei tarvita liitoksia lattiarakenteen sisällä, mikä vähentää vuotoriskiä.

#### 4.1.6 Lämmönlvovutus

Tilaaaja määrittelee kohteessa käytettävät lämmönlvovutustavat. Lisäksi hän määrittelee, käytetäänkö kylpyhuoneissa mukavuuslattialämmitystä, ja tehdäänkö se vesikiertoisena vai sähköisenä. LVI- ja sähkösuunnittelijat pystyvät mahdollisesti vaikuttamaan lämmönlvovutustapojen valintaan, jos esimerkiksi lämmönlvovutus ei tilaaajan määrittelemällä tavalla onnistu tai se olisi tehokkaampaa toisella tavalla tehtynä. (Harjula, L. 2020)

Lämmitysverkoston mitoituksessa veden virtausnopeus on n. 0,3...1 m/s, ja painehäviönä käytetään max. 50 Pa / m. Linjasäätöventtiilien painehäviön on oltava vähintään 3 kPa, ja vesikiertoisen patterilämmityksen patteriventtiilien painehäviön ainakin 2 kPa, jotta verkosto saadaan tasapainotettua. (LVI 12-10327. 2001)

#### Vesikiertoinen patterilämmitys

Vesikiertoinen patterilämmitys valitaan usein kohteeseen, jos tarvitaan paljon lämmitystehoa. Patterit asennetaan yleensä ikkunoiden alle siten, että niiden ylä-

puolelle jää vähintään 50 mm tilaa ikkunan alareunaan nähden ja alapuolelle vähintään 100 mm lattiarajaan nähden. Pattereiksi valitaan noin ikkunan leveyden mittaiset patterit tai hieman pienemmät, jotka ovat mahdollisimman ohuita, ja joilla saadaan riittävä lämpöteho tiloihin. Tilaa täytyy jättää riittävästi myös termostaattisille patteriventtiileille.

Vesikiertoisista pattereista radiaattoreita käytetään kohteissa aina, jos niiden lämmitysteho riittää, ne mahtuvat tiloihin, ja tilaaja niitä haluaa käyttää. Poikkeuksia ovat esim. tilanteet, joissa ikkunat ulottuvat alle 400 mm lattiarajan yläpuolelle (Harjula, L. 2020). Tällöin radiaattorit eivät mahdu ikkunan alle tai radiaattoreista ei saada riittävän suurta lämmitystehoa. Näissä tilanteissa voidaan käyttää konvektoreja. Erikois- ja putkipattereita käytetään vain, jos tilaaja niiden käytön määrittelee.

### **Vesikiertoinen lattialämmitys**

Vesikiertoinen lattialämmitys valitaan kohteeseen yleensä silloin, jos halutaan, että lämmönluovuttimet eivät ole näkyvissä, tiloihin halutaan tasainen lämmitys tai jos kohteessa ikkunat ulottuvat lattianrajaan asti, eikä pattereita saada mahtumaan ikkunoiden alle. Jos asuntojen lämmitystavaksi on valittu lattialämmitys, mutta lämpöhäviöitä ei saada katettua järjestelmällä, sopii LVI-suunnittelija tilaajan kanssa menettelystä, esim. vaihdetaanko lämmitystapaa, lisätäänkö tiloihin lisäksi pattereita vai vaihdetaanko lattian pintamateriaali vähemmän eristävään materiaaliin. Lattialämmityksen rinnalle asennetaan aina vesikiertoinen patterilämmitys ainakin kellaritiloihin ja porraskäytävään.

Lattialämmitysverkoston jakotukit asennetaan arkkitehtien määrittelemiin paikkoihin. Joissain kohteissa jakotukit on sijoitettu kylpyhuoneeseen, joissain eteiseen.

Lattialämmitystä mitoittaessa lämmönluovutus on 30...40 W / m<sup>2</sup>. Yhden lattialämmityspiirin pituus 40...80 m. Veden nopeus verkostossa on n. 0,3 m/s. Menoveden lämpötilana suositellaan käytettävän 35...45 °C, paluuvesi on 5...10 °C kylmempää ja lattian pintalämpötilana suositellaan käytettävän 25...27 °C (RT 52-10797. 2003).



## Oviverhopuhallus

Oviverhopuhaltimia käytetään sisäänkäyntien lämpöhäviöiden tasaamiseen vain, jos tilaaja niin määrittelee. LVI-suunnittelija voi ehdottaa tilaajalle niiden käyttöä, jos ulko-ovea vasten olevan porraskäytävän lämpöhäviöt ovat suuret.

### 4.2 Rakennuksen ulkopuoliset vesi- ja viemärijärjestelmät

Rakennuksen ulkopuolisten vesi- ja viemärijärjestelmien sijoittelu tehdään kohteen piha-alueen muotojen (esim. kallistumat), maaperän ja sen pintamateriaalien (esim. asfaltti, hiekka, nurmikko) ja kunnan ilmoittamien liitoskohtien mukaisesti (kaukolämpö, tonttijohto, jätevesi ja mahdollisesti hulevesi ja kaukokylmä). Lisäksi noudatetaan kunnan tai asemakaavan määrittämää hulevesien viivytystapaa, johon vaikuttavat myös em. asiat.

#### 4.2.1 Tonttijohto

Tonttivesijohtona käytetään asuinkerrostalokohteissa PE-muoviputkea. PE-putki soveltuu joustavuutensa ja paineenkestävyytensä takia hyvin tonttijohdoksi, erityisesti jos maaperä on epätasainen ja johdossa on useampia mutkia.

Tonttijohto asennetaan taulukon 19 vähimmäisetäisyyksiä noudattaen.

Taulukko 19. Vesijohdon sijainti muihin rakenteisiin nähden (InfraRYL 2006, s. 52)

Rakenne	Vähimmäisetäisyys (m)
Kaukolämpöputki (ilman lämmöneristettä)	0,5
Maakaasuputki	2,5
Maakaasuputki risteämissä	0,5
Sähkökaapelit (suojaputkeen)	0,2
Telekaapelit (suojaputkeen)	0,2
Puut	1,5

#### 4.2.2 Viemärit

Sadevesi- ja tonttivilärit ovat yleensä PVC-putkea sen jäykkyyden ja kestävyysden takia. Routarajan yläpuolelle asennettavat viemärit lämpöeristetään.

Paineviemäriä (PEH) käytetään, esim. jos kiinteistön jäte- tai hulevesiä täytyy pumpata kaatojen tai padotuskorkeuden riittämättömyyden takia.

### **4.2.3 Kaivot**

Sadevesi-, perusvesi-, ja tarkastuskaivojen materiaali vaihtelee tapauskohtaisesti. Alueilla, joissa kuorma kaivojen päällä voi olla suuri, kuten parkkipaikoilla, käytetään 40 tn kuorman kestäviä valurautakansia, ja esim. leikkipaikalla sijaitsevilla kaivoissa käytetään 5 tn kuorman kestäviä muovi- tai rst-kansia.

## **4.3 Rakennuksen sisäpuoliset vesi- ja viemärijärjestelmät**

### **4.3.1 Vesijohdot**

Runko- ja jakojohdoina käytetään ensisijaisesti juotosliitoksella liitettävää kupariputkea. Komposiittiputkea voidaan käyttää, jos on vaarana, että alueen vesi voi syövyttää kupariputkea. (Harjula, L. 2020)

Kylmän käyttöveden näkyviin jäävät putket eristetään eristeellä 21 ja piiloon jäävät ja hormeihin asennettavat putket eristetään eristeellä 22. Lämpimän käyttöveden putket ja lämpimän käyttöveden kiertoputket, jotka jäävät näkyviin ja ovat piilossa, eristetään eristeellä 25, ja hormeihin asennettavat putket eristetään eristeellä 23. Lisäksi putket, jotka ovat max. 22 mm ulkohalkaisijaltaan ja sijaitsevat lämpimissä tai puolilämpimissä tiloissa, eristetään eristeellä 25. Kylmissä tiloissa ja yläpohjassa sijaitsevat putket eristetään eristeellä 25. (LVI 50-10345. 2002). Eristeiden sarjat esitetty taulukossa 18.

### **4.3.2 Vesijohtoverkoston suunnittelu**

Käyttövesijohtojen nousut suunnitellaan yleensä hormeihin, joista otetaan runkolinjat kerroksiin. Hormin välittömään läheisyyteen asennetaan sulkuventtiilit, jotta verkoston saa tarvittaessa suljettua kerroskohtaisesti. Runkoputket asennetaan

asuinkerroksissa kulkemaan keskellä käytävää alakaton yläpuolella, ja niistä otetaan kylmän ja lämpimän veden jakojohdot huoneistoihin. Asuinhuoneistojen vesijohtojen painetasojen tulee olla n. 200...250 kPa, muovisilla kytkentäjohtoilla max. 350 kPa ja kuparisilla max. 270 kPa (LVI 20-10328. 2001, 3.1). Kylmän ja lämpimän veden nopeuksina putkissa on yleisesti käytetty n. 2 m/s, ja lämpimän käyttöveden kiertojohdossa yleisesti käytetty nopeus on n. 0,5 m/s.

Huoneistokohtaiset vesimittarit asennetaan tilaajan määritelmän mukaan joko asuntojen kylpyhuoneiden tai porraskäytävien alakattotiloihin. Yleensä vesimittarit asennetaan käytävän puolelle, jos kylpyhuoneen alakatossa ei ole paljoa tilaa. Vesimittarit asennetaan kylpyhuoneen puolelle, jos porraskäytävälle asennettuna lämmin vesi ei virtaisi alle 20 sekunnissa jokaiselle kalusteelle tai käytävän alakattotila tai leveys ei riitä.

Jos tilaaja on määrittänyt, että kylpyhuoneen asennukset tehdään pinta-asennuksina, käytetään kytkentäjohtojen materiaalina jakojohdoissa käytettyä materiaalia, kupariputkina kuitenkin kromattua kuparia. Asuinhuoneiston keittiön hanalle kylmä- ja lämminvesijohto tuodaan uppoasennuksena hanakulmarasialle keittiön seinän sisältä suoja-putkeen asennetusta PEX-muoviputkesta. Jakojohdoista otetaan haarat, joihin muoviputket liitetään. Muoviputki tuodaan yleensä alakaton yläpuolelta seinälle, mutta voidaan tuoda myös kylpyhuoneen seinää pitkin lattian alta keittiön seinälle, jos lattiarakenteeseen on varattu asennustilaa pintavaluun (Harjula, L. 2020).

Jos tilaaja on määrittänyt, että myös kylpyhuoneiden asennukset tehdään uppoasennuksina, asennetaan vesimittarien jälkeen kylmän ja lämpimän veden jakotukit, joista otetaan jokaiselle vesipisteelle kytkentäjohdot suoja-putkeen asennetuilla PEX-muoviputkillä. Kytkentäjohdot asennetaan yläjakoisina, ja ne tuodaan vesipisteille seinän sisältä. Jakotukit asennetaan arkkitehdin suunnittelemissa paikoissa sijaitseviin jakotukkikaappeihin (esim. eteisessä), tai kylpyhuoneiden alakattotiloihin.

Kaikkien alakaton yläpuolelle asennettujen vesimittarien ja sulk- ja säätöventtiilien kohdalle tarvitaan tarkastusluukku. Myös putkimateriaalin vaihtuessa esim.

suojaputkeen asennettuun muoviputkeen, tulee liitoskohta varustaa tarkastusluukulla.

Tilaaaja voi määrittää kohteessa käytettävät vesipisteet, esim. mitä tuotemerkkiä tai tuotetta käytetään. Jos tilaaja ei ole sitä määrittänyt, valitsee LVI-suunnittelija käytettävät vesipisteet.

Jos vedenpaine on jakojohdossa yli 500 kPa, tulee siihen asentaa paineenalennusventtiili. Jos taas vedenpaine on matalampi, kuin vesikalusteelle on mitoitettu, tarvitaan paineenkorotuspumppu. (1047/2017, luku 3; 19 §)

### **4.3.3 Viemärit**

Rakennuksen sisällä sijaitsevat jätevesiviemärit tehdään yleensä PP- tai PVC-muoviputkesta. Desibeliviemäreitä käytetään, jos äänitekniset vaatimukset eivät muuten täyty. Palo-osaston läpäiseviin viemäriin, joita ei ole paloeristetty tai asennettu paloa rajoittavan rakenteen (esim. betoni) sisään, tulee asentaa palomansetti.

Viemärien kaatona käytetään yleensä 10 ‰. Kytkeväviemäreissä vältetään turhia mutkia, ja ne yhdistetään pystykokoojaviemäriin 45° kulmassa. Pystyviemärit suunnitellaan kulkemaan horneissa ylimmästä kerroksesta pohjakerrokseen ilman sivusiirtoja.

Kerrostalokohteissa pystykokoojaviemäreiden pohjakulmiin tulee suunnitella 1 metrin pituinen betonointi. Alimman asuinkerroksen viemäreitä ei liitetä pystykokoojaviemäriin, vaan ne tuodaan pohjakerrokseen omilla kytkentäviemäreillä, jotka liitetään betonoinnin jälkeen vaakakokoojaviemäriin (LVI 20-10328. 2001, 4.1).

Kohteessa, jossa on

- tuulettuva alapohja: betonoinnit tehdään kiinni alapohjaan
- maanvarainen alapohja: betonoinnit tehdään kiinni välipohjaan
- ala- tai välipohjana ontelolaatta: betonoinnit tehdään kiinni laatan alapintaan
- ala- tai välipohja paikalla valettava: betonoinnit tehdään valuun.

Pystykokoojaviemärien alaosaan tarvitaan puhdistusluukut, ja vaakakokoojaviemäriin asennetaan yksi puhdistusluukku 20 m välein, joka on varustettu tarkastusluukulla (LVI 20-10348. 2004, 3).

Jokainen viemäri tuuletetaan. Pystykokoojaviemäreitä yhdistetään max. kolme samaan tuuletusviemäriin siten, että viemärien vaakavedot pysyvät kohtuullisen pituisina. Vesikatolla ja kylmissä tiloissa, kuten ullakolla, viemärit tulee lämpö- ja paloeristää. Tuuletusviemärien hatut sijoitetaan vesikatolla mahdollisimman suoraan riviin, kuitenkin noudattaen kohdassa 3.3.3 mainittuja etäisyyksiä.

#### **4.4 Ilmanvaihtojärjestelmät**

Tilaaaja määrittää kohteen ilmanvaihtotavan, eli vaihdetaanko ilmaa keskitetysti vai huoneistokohtaisesti, ja tavoitellun sisäilmastoluokituksen.

##### **4.4.1 Ilmavirtojen määrittäminen**

Ilmavirrat määritetään asuinkerrostalossa tilakohtaisesti (ks. kohta 3.4.1). Koko rakennuksen ulkoilmavirran on oltava vähintään  $0,35 \text{ (dm}^3/\text{s) / m}^2$ , ja yhden asuinhuoneiston ulkoilmavirran tulee olla vähintään  $18 \text{ (dm}^3/\text{s)}$ . (1009/2017, luku 3; 9 §)

Tiloihin, joihin ei tuoda tuloilmaa (esim. kylpyhuone, wc ja vaatehuone), ilma tuodaan siirtoilmana tilaajan määräämällä tavalla. Yleensä siirtoilma tuodaan oviraikojen kautta, mutta se voidaan siirtää myös siirtoilmasäleikköjen avulla. Siirtoilmaa tuodaan puhtaammasta tilasta likaisempaan. Asuinhuoneistot mitoitetaan

yleensä hieman alipaineisiksi, jolloin poistoilmavirta on tuloilmavirtaa suurempi. Näin epäpuhtaudet liikkuvat kohti likaisempien tilojen poistoilmalaitteita.

Ilmavirtoja tulee voida tehostaa 30 % käyttötilanteessa, ja ilmanvaihto saa toimia käyttöajan ulkopuolella max. 60 % pienemmillä ilmavirroilla verrattuna tehostustilanteeseen. Lisäksi mitoituksessa tulee huomioida, että ilman vaihtuvuus asuinhuoneistoissa tulee olla vähintään 0,5 (l/h) myös ilmanvaihdon normaalikäytössä (FINVAC ry. 2019, 2).

#### **4.4.2 Keskitetty ilmanvaihto**

LVI-suunnittelija määrittelee, kuinka monta ilmanvaihtokonetta kohteeseen tarvitaan. Poistoilmaluokkien 1 ja 2 ilmaa yhdistetään usein samaan kanavistoon. Jos luokan 1 ilmavirta on ainakin 90 % kokonaisilmavirrasta, luokitellaan yhdistetty ilmavirta poistoilmaluokkaan 1, mutta jos luokan 2 ilmaa on yli 10 %, luokitellaan koko ilmavirta luokkaan 2 (1009/2017, luku 3; 18 §). Ilmanvaihtokoneet sijoitetaan arkkitehtien määrittelemään/määrittelemiin ilmanvaihtokonehuoneeseen/-huoneisiin.

Tilaaaja määrittelee, minkälaisia ilmanvaihtokoneita kohteessa käytetään, eli käytetäänkö tehdasvalmiita koteloituja ilmanvaihtokoneita, tehdasvalmiita ilmanvaihtokonehuoneita vai automaation sisältäviä pakettikoneita. Lisäksi tilaaja voi erikseen määritellä, minkä valmistajan ilmanvaihtokoneita kohteessa tulee käyttää.

LVI-suunnittelija päättää, otetaanko ulkoilma ilmanvaihtokoneille suoraan ulkoilmasäleiköiltä/-säleiköltä vai ulkoilmakammion kautta. Ilmanvaihtokoneille virtausnopeuden tulee olla 0,5...1 m/s (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -esimerkit. Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittaminen, 2). Ulkoilmakammio sijoitetaan ilmanvaihtokonehuoneen sisäpuolelle, jos se sinne mahtuu, tai ulkopuolelle, jos sisälle ei mahdu ja ulkopuolella on tilaa. Kammion koko määräytyy ilmanvaihtokoneille tarvittavien ilmavirtojen perusteella. Kammion täytyy olla riittävän suuri, että ilman nopeus saadaan alle 1 m/s. Kammioon tulee suunnitella kuivakaivo. Lisäksi voidaan käyttää tulo- ja poistoilmakammioita niiden ilmanjakoa helpottaakseen ja painehäviöiden tasaamiseen.

Ulkoilma otetaan ensisijaisesti ilmanvaihtokonehuoneen pohjois- tai itäpuolen seinästä, ja jäteilma puhalletaan vesikatosta ylöspäin. Ulkoilma- ja jäteilma-aukot asennetaan riittävän kauas toisistaan ja muista ilmanlaatuun vaikuttavista tekijöistä. Ulkoilma-aukon tulee sijaita vähintään 3 m etäisyydellä ulospuhallusaukosta tai esim. vähintään 2 m alempana ja 2 m leveyssuunnassa (ks. kuva 3). Tuuletusviemärit tulee sijoittaa vähintään 8 m etäisyydelle ulkoilma-aukosta tai 3 m korkeammalle ja 5 m etäisyydelle. Ulkoilmalaitteita ei saa sijoittaa alle 3 m etäisyydelle parvekkeista tai tuuletusikkunoista. Ulkoilma-aukon alareunan tulee sijaita vähintään 0,9 m mahdollisesti alla olevan kattopinnan yläpuolella. (Ks. taulukko 6)

#### **4.4.3 Huoneistokohtainen ilmanvaihto**

Huoneistokohtaisen ilmanvaihdon ilmanvaihtokoneet sijoitetaan arkkitehdin määräämiin kohtiin, asuinhuoneistoissa yleensä korkealle kylpyhuoneiden nurkkiin ja yleisissä tiloissa korkealle keskeisiin paikkoihin, jolloin ilma saadaan vaihdettua tiloista mahdollisimman yksinkertaisesti. Jos arkkitehti ei ole määrittänyt ilmanvaihtokoneiden paikkoja, tulee LVI-suunnittelijan valita niille paikat, jotka arkkitehti hyväksyy.

Tilaaaja voi erikseen määrittellä, minkä valmistajan ilmanvaihtokoneita kohteessa tulee käyttää.

Koska ulkoilma otetaan seinän läpi ja jäteilma puhalletaan yleensä vesikaton yläpuolelle, ovat ilmanotto- ja ulospuhallusaukot riittävän kaukana toisistaan. Korkeissa rakennuksissa voidaan kuitenkin jäteilman ulospuhallus tehdä myös seinän läpi, kun ilmavirta on alle  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tällöin ulospuhalluksen nopeus täytyy olla vähintään 5 m/s ja ulkoilma- ja jäteilma-aukkojen etäisyys toisistaan vähintään 3 m leveyssuunnassa tai esim. 2 m pysty- ja 2 m vaakasuunnassa. Suuremmalla ulospuhallusnopeudella voidaan ulkoilmalaitteet sijoittaa lähemmäs toisiaan. (Sandberg, E. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus, 8.3)

Lisäksi ulospuhallusaukkojen sijaitessa seinissä, tulee alapuolella oleviin tuuletusikkunoihin ja viereisiin tontteihin jättää etäisyyttä vähintään 2 m, samalla tasolla oleviin tuuletusikkunoihin ja mahdollisiin oleskelualueisiin 3 m ja maanpinnan yläpuolelle vähintään 2 m (ks. taulukko 7).

#### 4.4.4 Ilmanvaihtokoneet

Kohteissa, joissa ilma vaihdetaan keskitetysti, LVI-suunnittelija määrittelee ilmanvaihtokoneiden määrän. Koneiden määrään vaikuttavat mm. ilmanvaihtokonehuoneen koko, muoto ja lukumäärä, kokonaisilmavirrat ja koneisiin tarvittavat toimintaosat (koneiden koko). Keskitetyn ilmanvaihdon ilmanvaihtokoneet voidaan mitoittaa mitoitusohjelmalla (esim. FläktGroup. Tuki). Huoneistokohtaisen ilmanvaihdon koneet ovat valmiita paketteja, joista valitaan kohteeseen sopiva. Koneiden mitoituksessa huomioidaan, että virtausnopeuden tulee olla n. 2 m/s, ja SFP-luvun (Specific Fan Power) yhteensä enintään 1,8 kW/(m<sup>3</sup>/s). SFP-luku eli ominaissähköteho ilmaisee, kuinka paljon sähkötehoa kohteen ilmanvaihto tarvitsee mitoitusilmavirtoja kohti (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2018, 8.1).

Tavoitellessa sisäilmastoluokkaa S1 tarvitaan ilmanvaihtokoneisiin aina toimintaosia, joilla saadaan muutettua sisäänpuhallettavan ilman olosuhteita, esim. lämmitys- ja jäähdytyspatteri. Tällöin kohteessa on siis käytössä ilmastointi. S2-luokkaa tavoitellessa tarvitaan usein ilmanlaatua parantavia osia.

Lämmityspatteria tarvitaan, jos sisäilman lämpötilaa ei muuten saataisi aina haluttuun lämpötilaan (asuinhuoneistoissa 21 °C). Jäähdytystä tarvitaan, jos Sisäilmastoluokitus 2018:ssa ilmoitetut sisäilmastoluokkakohtaiset lämpötilavaatimukset (ks. taulukko 11) eivät muuten toteudu tai tarvitaan ilman kuivausta, mitkä voidaan toteuttaa jäähdytyspatterilla. Lämmityspatterin menoveden lämpötilana käytetään 60 °C ja paluueden lämpötilana 30 °C (taulukko 16). Jäähdytyspatterin menoveden lämpötila on yleensä 7°C ja paluueden 12 °C, kaukojäähdytyksellä toteutettuna esim. 8 / 16 °C. Kostutinta tarvitaan, jos ilmaa täytyy kostuttaa. Haihdutuskostutin valitaan, jos halutaan tarkka säätö ja ei haittaa, että ilman lämpötila laskee kostuttimessa. Haihdutuskostutin tarvitsee esilämmityspatterin.



Höyrykostutin valitaan, jos halutaan, ettei ilman lämpötila juurikaan muutu, ja halutaan nopea säätö.

Ilmanvaihtokoneisiin tarvitaan ainakin sulkupellit, suodattimet, tulo- ja poistoilmapuhaltimet ja lämmöntalteenotto. Äänenvaimentimet asennetaan koneellisessa ilmanvaihdossa yleensä koneen sisään, huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa konetta ennen ja sen jälkeen kanavistoon.

S1-luokassa käytetään yleensä kaksiportaista suodatusta, johon kuuluvat esisuodatin ja pääsuodattimet, S2-luokkaan riittää pääsuodattimet. Asuinkerrostoissa esisuodattimina käytetään ISO Coarse tai ePM<sub>10</sub> suodatinluokkaan kuuluvia pussisuodattimia riippuen ympäristön päästövaikutuksista, ja pääsuodattimina ePM<sub>2,5</sub> luokan kuitusuodattimia. Puhaltimiksi valitaan yleensä keskitetyssä ilmanvaihdossa taajuusmuuttajaohjattu kammio puhallin ja huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa keskipakoispuhallin.

Lämmöntalteenotto tehdään yleensä pyörivillä lämmönsiirtimillä tai levylämmönsiirtimillä. Pyörivää lämmönsiirintä käytetään, jos halutaan mahdollisimman vähän tilaa vievä laite, jolla saavutetaan korkea hyötysuhde. Levylämmönsiirintä käytetään, jos halutaan, että vähemmän epäpuhtauksia pääsee poistoilmasta tuloilmaan. Ristivirtalevyllämmönsiirrin valitaan, jos halutaan kohtuullisesti tilaa vievä laite, ja hyväksytään huonompi hyötysuhde. Vastavirtalevyllämmönsiirrin valitaan, jos halutaan saavuttaa korkea hyötysuhde, eikä suuri tilantarve ole ongelma. Vastavirtalevyllämmönsiirrin tarvitsee yleensä esilämmityspatterin ulkoilman lämmitykseen ja kondenssiveden jäätyksen ehkäisyyn. Nestekiertoista lämmönsiirintä voidaan käyttää, jos tulo- ja poistoilmanvaihtokoneet sijaitsevat kaukana toisistaan.

Jäähdytyspattereille ja lämmönsiirtimille tulee suunnitella kondenssiviemäroinnit.

#### **4.4.5 Ilmanvaihtokonehuoneet**

Ilmanvaihtokonehuoneiden tilantarpeisiin vaikuttavat ilmanvaihtokoneiden määrä ja koko, muut sinne asennettavat järjestelmät ja laitteet, haalaus- ja huoltotarpeiden riittävyys, ja konehuoneessa sijaitsevat putkitukset, kanavat ja kaapelihyllyt.

Ilmanvaihtokonehuoneeseen tarvitaan lisäksi usein tilaa koneiden yläpuolelle esim. kanaville, putkille tai kaapelihyllyille. Ilmanvaihtokoneiden luokse päästävällä kulkuväylällä vapaan korkeuden tulee olla vähintään 2,1 m (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto, luku 3; 24.1).

Ilmanvaihtokoneen pituus riippuu sen toimintaosien määrästä ja laadusta. Koneen pituuteen vaikuttaa mm. lämmöntalteenottotapa (esim. levylämmönsiirrin vs. pyörivä lämmönsiirrin) ja ilman olosuhteiden hallinta (jäähdytys, lämmitys, kuivaus, kostutus ja suodatus).

Ilmanvaihtokoneen ja seinän väliin tilaa jätetään 0,4 kertaa koneen korkeuden verran, kuitenkin vähintään 0,6 m (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto, luku 3; 24.2). Ilmanvaihtokoneiden viereen tarvitaan tilaa vähintään 0,5 m pumppuryhmille ja vähintään koneen leveyden verran huoltoa varten. Jos konehuoneessa on monta IV-konetta, voidaan kahdella koneella käyttää yhteistä huoltilaa, ja vierekkäisten koneiden väliin jätetään tilaa 0,5...1 m. (Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 7.6)

Jos ilmavaihtokonehuoneen yhteydessä sijaitsevat sähkö- ja automaatiokeskukset, tulee niiden tilavaraukset suunnitella sähkömääräysten mukaan.

#### **4.4.6 Ilmanvaihtokanavat ja niiden osat**

Ilmanvaihtokanavina käytetään ensisijaisesti pyöreitä kanavia, mutta suorakaidekanavia käytetään esimerkiksi silloin, jos tilaan ei leveydeltä tai korkeudelta mahdu pyöreä kanava. Raitisilmakanavat lämpö- ja kondenssieristetään ja jäteilmakanavat lämpöeristetään. Tuloilmakanavat lämpö- ja kondenssieristetään, jos tuloilma on jäähdytettyä. Puolilämpimissä tiloissa (esim. ullakolla) ja kylmissä paikoissa (esim. vesikatolla) kulkevat kanavat tulee aina lämpöeristää. Palo-osaston ylittävät ilmanvaihtokanavat paloeristetään, jos paloa ei rajoiteta palopellillä. Hormeissa kulkevia kanavia ei tarvitse paloeristää, kun hormit ovat paloeristettyjä. Ilmanvaihtokanavien eristykset tehdään LVI 50-10345 (2002) -LVI-kortin mukaisesti.

Ilmanvaihtokanavissa painehäviö on n. 1 Pa/m. Ilman nopeus kanavissa on päätelaitteille menevissä kanavissa yleensä max. 2 m/s ja runkokanavissa n. 5 m/s. Huonekohtaisen ilmanvaihdon kanavissa nopeus on kaikkialla max. 2 m/s. Näin saadaan pidettyä kanaviston painehäviöt ja kanavistossa aiheutuva ääni kohtuullisena. Lisäksi vältetään turhia mutkia kanavissa suunnittelemalla kanavisto mahdollisimman yksinkertaiseksi, ja suunnittelemalla päätelaitteille meneviin tuloilmakanaviin T-haarat, jotta painehäviö ja ääni eivät aiheuta ongelmia. Kanaviston painehäviön tulee olla keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä n. 150...250 Pa puhallinta kohden ja huoneistokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä alle 100 Pa (Sandberg. E. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus, 3.2.2).

Kanaviston ääntä vaimennetaan äänenvaimentimilla, joita asennetaan keskiteytyssä ilmanvaihdossa jokaiseen ilmanvaihtokoneelta lähtevään haaraan tulo- ja poistopuolilla ja asuinhuoneistojen tulo- ja poistoilmakanaviin, huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa äänenvaimentimet asennetaan tulo- ja poistoilmakanaviin. Vaimentimen pituus määritetään kanaviston mutkikkuuden, ääntä aiheuttavien osien (esim. säätöpellit) määrän ja tilan äänitasovaatimusten perusteella. Tilojen äänitasojen maksimiarvoja on esitetty taulukossa 9.

Tilaaaja määrittää, miten kohteen ilmavirtojen säätö toteutetaan, ja LVI-suunnittelija voi mahdollisesti myös asiaan vaikuttaa (Harjula, L. 2020). Yleensä käytetään ilmavirtasääteisiä säätöpeltejä, joita ohjataan asuinhuoneistojen huoneanturien mittausten perusteella taajuusmuuttajakäyttöisellä puhaltimella. Toinen vaihtoehto on käyttää ilmavirtasääteisten säätöpeltien sijasta aktiivisia päätelaitteita samalla toimintaperiaatteella. Säätö voidaan myös toteuttaa käyttämällä toimilaitteellista sulkupeltiä, joka asennetaan omaan tuloilmakanavan haaraan, ja jota ohjataan puhaltimella liesikuvun käytön perusteella. Kertasäätöpeltejä käytetään haaroissa, joissa ilmavirta pidetään jatkuvasti vakiona.

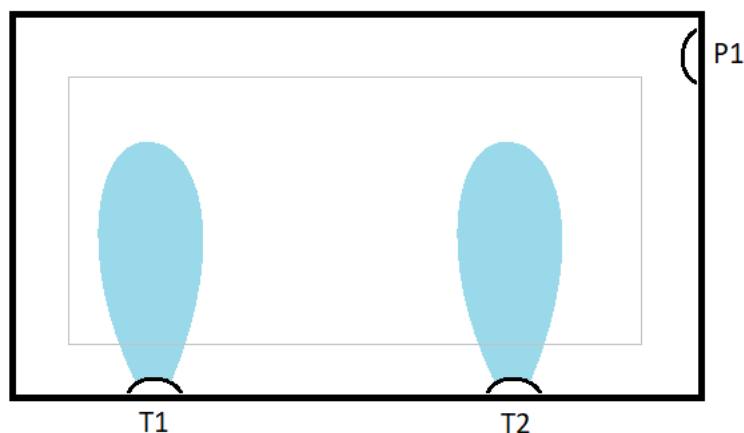
Palopeltejä tarvitaan, kun ilmanvaihtokanava lävistää palo-osaston rajan. Niiden EI-luokka määräytyy lävistettävän rakenteen paloluokan mukaan. Pelti sijoitetaan lävistetyn seinän välittömään läheisyyteen. Lisäksi palopelti tulee asentaa huoneistoihin, joissa ilmavirtaa vaihdetaan yli 42 (dm<sup>3</sup>/s) yli 100 Pa paine-erolla. Palopeltiä ei tarvita, jos osastoidun tilan lävistävä kanava paloeristetään. (Talotekniikkainfo. 2019. Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus, 6.5)

Kanavistoon täytyy asentaa puhdistusluukkuja mutkiin, T-haaroihin, kammioihin ja laitteiden kohdalle. Lisäksi vaakasuoriin ilmanvaihtokanaviin tarvitaan puhdistusluukku n. 10 m välein. Puhdistusluukuille tulee olla pääsy esim. alakattoihin tehtyjen tarkastusluukkujen (min. 500x500 mm) avulla. (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto, 24.3)

#### 4.4.7 Päätelaitteet

Tilaaaja määrittelee kohteessa käytettävät liesikuvut ja ilmanvaihtotavan. LVI-suunnittelija valitsee kohteessa käytettävät päätelaitteet, ellei tilaaja ole niitä määrittänyt. Yleensä päätelaitteina käytetään passiivisia tulo- ja poistoilmaventtiilejä. Aktiivisia tuloilmahajottimia käytetään vain, jos tilaaja on niiden käytöstä LVI-suunnittelijalle ilmoittanut. Päätelaitteiden valinnassa huomioidaan niiden painehäviö ja äänen tuotto. Asuinkerrostalokohteissa päätelaitteiden painehäviöt ovat yleensä n. 10...30 Pa.

Päätelaitteet sijoitetaan tiloihin niin, että ilma saadaan vaihdettua koko huoneistoissa. Tulo- ja poistoilman päätelaitteita ei asenneta vastakkain, vaan niiden sijoittelussa huomioidaan, että ilma pääsee kiertämään huoneistossa. Jos tilassa on useampi tuloilman päätelaite, sijoitetaan ne siten, että heittokuviot eivät törmäämisellään aiheuta vetoa (kuva 7). Tuloilman päätelaitteita ei sijoiteta esteiden viereen (esim. seinä tai palkki), koska siihen törmätessä ilma ei levity tilaan kunnolla.



Kuva 7. Esimerkki tulo- ja poistoilmaventtiilien sijoittelusta ja tuloilman heittokuvioista tilassa (T1 ja T2 ovat tuloilmaventtiilit, siniset alueet niiden heittokuviot, P1 on poistoilmaventtiili ja harmaan neliön sisällä oleskeluvyöhyke)

Kohteen ilmanottoa varten tarvitaan ulkoilmasäleikkö(jä), jonka painehäviön tulee olla vähintään 10 Pa ja otsapintanopeuden max. 2 m/s (Talotekniikkainfo. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -esimerkit. Ulkoilmalaitteiden ja ulospuhallusilmalaitteiden sijoittaminen, 2). Keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä ulkoilma voidaan ottaa kaikille koneille tai useammalle koneelle yhdellä yhteisellä ulkoilmasäleiköllä, jos se onnistuu koneiden sijoittelun kannalta ja säleikön otsapintanopeus ja ilman nopeus raitisilmakanavassa (0,5...1 m/s) pysyvät sallituissa rajoissa. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä jokaisella ilmanvaihtokoneella on oma ulkoilmasäleikkö.

Ulospuhalluslaitteeksi valitaan riittävän suuri laite, jolla saa puhallettua jäteilman halutulla nopeudella, mahdollisimman pienellä painehäviöllä ja sijainnille sallitulla äänitasolla.

#### **4.4.8 Väestönsuojien ilmanvaihto**

Väestönsuojaan suunnitellaan ilmanvaihtokanavisto, joka saadaan helposti yhdistettyä suojausajan ilmanvaihtolaitteistoon. Väestönsuoja on asuinrakennuskohteissa yleensä oma palo-osastonsa, joten sinne muista tiloista tuodut ilmanvaihtokanavat tulee varustaa palopelleillä. Normaaliajan kanavien tulo- ja poistoläpiviennit tulee voida tulpata väestönsuojan sisäpuolelta, jotta suojausajan ilmanvaihto saadaan toimimaan yhdistämällä jakokanavat suojausajan ilmanvaihtokoneisiin. Väestönsuojan laitteissa tulee aina lukea tunnus VSS.

### **4.5 Kylmätekniset järjestelmät**

Yleensä tilaaja määrittelee kohteen jäähdytystavan, eli käytetäänkö välillistä vai suoraohyrysteistä jäähdytystä, ja miten se toteutetaan. (Harjula, L. 2020)

#### **4.5.1 Jäähdytystarpeen laskenta**

Tilojen jäähdytystarpeen laskee energiatodistuksen laatija (yleensä LVI-suunnittelija), jolla on siihen riittävät pätevyudet. Jäähdytystarve voidaan laskea esim.

simuloimalla IDA ICE -ohjelmistolla. Tiloihin tarvitaan niiden jäähdytystarpeen verran jäähdytystehoa.

#### 4.5.2 Välilliset jäähdytysjärjestelmät

Asuinkerrostalokohteisiin valitaan melkein aina välillinen jäähdytysjärjestelmä. Järjestelmä tarvitsee vähemmän kylmääainetta kuin suorahöyrysteinen järjestelmä, sillä saadaan aikaiseksi tarkempi säätö ja saadaan tasattua kuormitus- huippuja, se soveltuu hyvin myös usealle jäähdytyslaitteelle ja siihen saadaan yhdistettyä vapaajäähdytys, joka mahdollistaa jäähdytyksen toiminnan myös pienemmällä ulkolämpötilalla (alle 15 °C) (Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 10.2).

Jos kohteeseen valitaan käytettäväksi välillistä jäähdytysjärjestelmää, tulee vielä päättää, jäähdytetäänkö neste vedenjäähdytyskoneella vai kaukojäähdytyksellä. Vedenjäähdytyskone valitaan, jos kohteen lähiympäristössä ei kulje kaukojäähdytysputkistoa ja jos verkostoon tarvitaan matalammat lämpötilat. Kaukojäähdytys valitaan, jos lähistöllä on kaukojäähdytysputkisto, ja verkostoon riittää hieman korkeammat lämpötilat.

Vedenjäähdytyskoneella jäähdytettynä menoveden lämpötila on yleensä 7 °C ja paluuveden lämpötila 12 °C. Kaukojäähdytyksellä jäähdytettynä menoveden lämpötila on yleensä 8 °C ja paluuveden n. 16 °C. (Hakala & Kaappola. Kylmälaitoksen suunnittelu. 2013, 15)

Kaukojäähdytysverkosto mitoitetaan kuten kaukolämmitysverkosto. Mitoituksessa tulee kuitenkin huomioida, että vesi lämpenee yleensä ainakin 8 °C. Lämmönsiirtimien ja putkistojen ja varusteiden painehäviöinä on käytetty J1/2014 kohdassa 4.1 ilmoitettuja maksimipainehäviöitä:

	ensiö	toisio
lämmönsiirtimet	30 kPa	50 kPa
putkistot ja varusteet (ei säätöventtiilit)	10 kPa	20 kPa

Tilaaaja määrittelee, millä laitteilla jäähdytys tuodaan tiloihin. Yleensä jäähdytys toteutetaan ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterilla tai jos kohteen lämmitystapa on lattialämmitys, yhdistetään siihen lattiaviilennys. Tilaaajan määritellesä voidaan jäähdytys tehdä esim. tilakohtaisilla puhallinkonvektoreilla. (Harjula, L. 2020)

#### **4.5.3 Suorahöyrysteiset jäähdytysjärjestelmät**

Suorahöyrysteistä järjestelmää harvoin käytetään asuinkerrostalokohteissa. Suorahöyrysteisistä jäähdytyslaitteista voidaan asiakkaan toiveesta käyttää split- / multisplit-lämpöpumppuja, joita asennetaan vain jäähdytystä vaativiin asuntoihin.

#### **4.5.4 Kylmälaitoksen putkistot**

LVI-suunnittelija määrittää jäähdytys- ja kylmäaineverkostoissa käytettävät putkimateriaalit. Kylmäaineputkistoissa käytetään yleensä kupariputkea sen hyvän korroosionkeston, lämmönjohtavuuden, muokattavuuden, seostettavuuden ja työstettävyyden vuoksi. Jäähdytysputkissa käytetään asuinkerrostalokohteissa yleensä ruostumatonta teräsputkea sen alhaisen hinnan, lujuuden, korroosionkeston ja helpon muokattavuuden takia (Harjula, L. 2020).

Kupariputkessa virtaus on max. 2 m/s, muuten voi alkaa syntyä eroosikorroosiota (Välilliset kylmäjärjestelmät. 2019, 5.1). Jäähdytysputkissa virtaavan veden tai kylmäliuoksen virtausnopeudet ovat runkolinjoissa 0,5...1 m/s ja jakolinjoissa 1,5...3 m/s (Välilliset kylmäjärjestelmät. 2019, 4.2).

Kylmäaineputket kondenssieristetään ja jäähdytysputket eristetään 13 mm solukumieristeellä LVI 50-10345 (2002) -LVI-kortin mukaisesti

## 4.6 Palontorjuntajärjestelmät

Asuinkerrostalokohteissa palontorjuntaan tarvitaan paloeristyksiä ja palopeltejä ilmanvaihtokanaviin (kohdan 4.4.6 mukaisesti), pikapaloposti palonsammutukseen ja savunpoisto savunhallintaan. Lisäksi, jos palomääräykset vaativat tai paloviranomaiset määrittävät, voidaan kohteeseen tarvita kuivanousujohto ja automaattinen sammutuslaitteisto.

### 4.6.1 Palopostit

Asuinkerrostalokohteissa paloposteina käytetään pikapaloposteja (DN25). Jos kohteen palokuorma on alle 600 MJ/m<sup>2</sup>, riittää yksi pikapaloposti, yli 600 MJ/m<sup>2</sup> palokuorman kohteissa tarvitaan useampi.

Sammutusvesi tuodaan paloposteille ja sammutusvesiasemille palolaitoksen, pelastustoimien alueeseen kuuluvien kuntien ja alueella toimintaa harjoittaneiden vesihuoltolaitosten laatiman sammutusvesisuunnitelman mukaisesti (379/2011, luku 4; 30 §). Palopostien vesi otetaan haarana vesijohtoverkostosta, jos verkoston virtaama ja paine riittävät. Tällöin paloposteille meneviin haaroihin tulee asentaa sulku- ja yksisuuntaventtiilit. Jos vesijohtoverkoston virtaama ja paine eivät riitä, tarvitaan erillinen sammutusvesiverkosto, joka tehdään rengasverkostona ja varustetaan sulkuventtiilillä.

Palopostien mitoitusvirtaamat ja vähimmäispaineet liitäntäpisteissä ovat taulukossa 20. Pikapalopostin liitäntäpiste sijaitsee kiinteän palovesiputkiston ja palopostin letkun liitäntäkohdassa, sisä- ja ulkopalopostin liitäntäpiste on kiinteän palovesiputkiston ja letkukaluston liitäntäkohdassa. Liitäntäpisteen paine saa olla max. 8 bar. (Sammutusvesiputkistot. Turvallisuusohje 2015)

Taulukko 20. Palopostin mitoitusvirtaamat ja niiden vähimmäispaineet liitäntäpisteessä (Sammutusvesiputkistot. Turvallisuusohje 2015, 4.2)

Paloposti	Mitoitusvirtaama (dm <sup>3</sup> /min)	Vähimmäispaine (bar)
Pikapaloposti DN 20	50	2,5
Pikapaloposti DN 25	100	2,5
Sisäpaloposti DN 50	250	3,0
Ulkopaloposti DN 80	500	3,0
Ulkopaloposti DN 100	1000	2,0



Palopostit sijoitetaan kiinteistössä keskeisiin paikkoihin, joista katetaan mahdollisimman suuri alue. Lisäksi niiden sijoittelussa huomioidaan, että ne ovat hyvin näkyvillä, helposti luokse päästävissä ja nopeasti käytettävissä.

#### **4.6.2 Kuivanousut**

Kuivanousujohtona käytetään käsittelemätöntä tai sinkittyä teräsputkea ( $\geq$  DN 80). Johto mitoitetaan 1,6 MPa käyttöpaineelle, mutta sen on kestettävä 10 min ajan 2,1 MPa koepaine. Lisäksi jokaiselta vedenottolaitteelta tulee saada 0,7 MPa:n sammutusvesipaine (Kuivanousuohje. 2019, 4). Johdon mitoitus tehdään 1000 l/min virtaamalla, 0,5 MPa:n suutinpaineella. (SFS 4317. 1981, 1, 3)

Kuivanousujohtoa tarvitaan kohteissa, joissa ylimmän kerroksen lattian ja sisäänkäyntitason lattian etäisyys on yli 24 m tai kellarikerroksen lattian ja sisäänkäyntitason lattian etäisyys on yli 14 m (848/2017, luku 8; 43 §). Lisäksi paloviranomainen voi määrätä kuivanousun tarpeen (379/2017, luku 13; 82 §). Kuivanousujohto tarvitsee paineenkorotuspumpun, tai johdon tulee olla märkänousujohto, jos kohteen ylimmän kerroksen lattiatason ja sisäänkäynnin lattiatason etäisyys on yli 50 m (Kuivanousuohje. 2019, 4).

Kuivanousujohdon toinen pää on sijoitettu rakennuksen ulkopuolelle, ja siinä on vedensyöttöliitin palokuntien pumppukalustoa varten. Rakennuksen sisällä johto viedään tarvittaessa ylimpään kerrokseen asti, ja siitä otetaan kerroksille käyttöventtiilit ja vedenottoliittimet paloletkun kiinnittämistä ja käyttämistä varten. (SFS 4317. 1981)

Vedensyöttö- ja ottoliittimet asennetaan lukittaviin luukkuihin. Vedensyöttöliittimen edessä tulee olla 1500 mm ja ympärillä 200 mm vapaata tilaa. Vedenottoliittimien edessä tulee olla 1000 mm ja ympärillä 200 mm vapaata tilaa, ja se asennetaan 500...1000 mm korkeudelle lattian pinnasta. Kuivanousujohdot tulee hyväksyttää paloviranomaisilla. (Kuivanousuohje. 2019, 4-6)

### 4.6.3 Savunpoistojärjestelmä

Asuinkerrostalojen porraskäytävistä, kellarikerroksen tiloista ja hissikuiluista täytyy huolehtia savunpoistosta (848/2017, luku 8; 42 §). Lisäksi, jos rakennuksen alla on pysäköintihalli, tulee sille suunnitella savunpoisto. Painovoimaisella savunpoistolla voidaan hoitaa enintään n. 1600 m<sup>2</sup> kokoisen alueen savunpoisto ja koneellisella savunpoistolla enintään n. 2400 m<sup>2</sup> kokoisen alueen (Perustelumuistio ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta. 2017, luku 8; 42 §).

Painovoimaisen savunpoiston savunpoistoaukkojen ja koneellisen savunpoiston mitoitusvirtaamien mitoitukset voidaan tehdä taulukon 21 mukaisesti.

Taulukko 21. Savunpoistoaukkojen ja savunpoiston mitoitusvirtaaman laskeminen (Perustelumuistio ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta. 2017, luku 8; 42 §)

Käyttötarkoituksen mukainen palokuormaryhmä	Rakennuksessa ei automaattista sammutuslaitteistoa	Rakennuksessa on automaattinen sammutuslaitteisto
Alle 600 (MJ/m <sup>2</sup> )	1,0 %	0,5 %
600 - 1200 (MJ/m <sup>2</sup> )	1,5 %	0,5 %
Yli 1200 (MJ/m <sup>2</sup> )	(väh) 2%	0,5 %

Painovoimaisessa savunpoistossa savunpoistoaukkojen pinta-ala lasketaan taulukossa esitetyn prosenttiluvun ja huoneistoalan tulona.

Koneellisessa savunpoistossa mitoitusvirtaama lasketaan taulukon prosenttiluvun, huoneistoalan ja kertoimen 1 m/s tulona.

Painovoimaisessa savunpoistossa korvausilma-aukon tulee olla yhtä suuri kuin (tilan suurin) savunpoistoaukko, ja koneellisessa savunpoistossa korvausilma-aukon koko on riittävän suuri, että ilmavirta on max. 5 m/s savunpoiston toimiessa. (Perustelumuistio ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta. 2017, luku 8; 42 §)

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda ohjeistus kaukolämmitteisen kerrostalon LVI-suunnitteluun. Työssä selvitettiin, mitä tietoja tarvitaan LVI-järjestelmien suunnittelua varten, mistä tai keneltä ne saadaan, ja mitä asioita järjestelmien suunnittelussa tulee huomioida.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin LVI-järjestelmien suunnittelua varten ohjeistus. Ohjeesta selviää, että LVI-suunnitteluun vaikuttavia asioita löytyy monilta eri tahoilta. Kohteen tilaaja määrittää mm. kohteen lämmönjako-, ilmanvaihto- ja jäähdytysmenetelmät ja lämmöntuotantomuodon. Arkkitehti vaikuttaa mm. lämmönjakohuoneeseen, ilmanvaihtokonehuoneeseen ja hormien kokoihin ja sijainteihin. LVI-suunnittelija määrittää mm. kohteessa käytettävät putkimateriaalit, putkien ja kanavien reitit ja keskitetyssä ilmanvaihdossa tarvittavien ilmanvaihtokoneiden määrän. Lisäksi LVI-suunnittelija voi vaikuttaa esim. kohteen lämmönluovutustapaan, ilmavirtojen säätötapaan ja huoneistokohtaisen ilmanvaihdon ilmanvaihtokoneiden sijoitteluun.

Opinnäytetyön teoriaosuuteen löytyi paljon tietoa monista eri lähteistä. Lähteinä käytin mm. Ympäristöministeriön asetuksia, LVI- ja RT-kortteja, ja erilaisia oppaita ja kirjoja, joiden koen olevan luotettavia. Käytännön osuuteen hyödynsin lisäksi asiantuntijahaastattelua ja kokemusperäisiä tietoja.

Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää kaukolämmöllä lämmitettävien kerrostalo-kohteiden LVI-suunnittelussa. Työtä voidaan lisäksi hyödyntää muidenkin kohteiden suunnitteluun, mutta tällöin kaikki ohjeistukset eivät päde, joten sitä tulee tehdä harkiten. Opinnäytetyötä on tarkoitus hyödyntää Rejlers Finland Oy:ssä; uusille työntekijöille pohjana em. kohteiden LVI-suunnitteluun ja muille työntekijöille nopeana tapana hakea tietoja em. kohteiden suunnittelusta. Työn hyödyllisyys selviääkin vasta työn julkaisemisen jälkeen.

Opinnäytetyössä käsiteltiin vain kaukolämmöllä lämmitettävien asuinkerrostalo-kohteiden LVI-suunnittelua. Työlle voisi tehdä jatkotutkimuksia, joissa käsitelään muidenkin lämmöntuottomuotojen suunnittelua (esim. maalämpö, ilma-vesi-lämpöpumppu ja poistoilmalämpöpumppu), ja niissä huomioitavia asioita.

## LÄHTEET

1009/2017. 2018. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Helsinki.

1010/2017. 2018. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Helsinki.

1047/2017. 2018. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. Helsinki.

379/2011. Pelastuslaki. Sisäasiainministeriö. Helsinki.

408/2011. Valtioneuvoston asetus väestönsuojista. Sisäasiainministeriö. Helsinki.

409/2011. Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista. Sisäasiainministeriö. Helsinki.

796/2017. 2018. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Helsinki.

848/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Helsinki.

EDU.fi. Talotekniikan opetussivusto. Asentamisen perusteet. Eristyspaksuudet ja asennusvälit. Luettu 2.2.2020. Helsinki: Opetushallitus.  
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aiho3/kannakkeet\\_2.htm](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aiho3/kannakkeet_2.htm)

Elenia. Kaukolämmön ABC. Opas. Luettu 6.2.2020. Helsinki: Energiateollisuus ry. [https://www.elenia.fi/apps/kaukolammon\\_abc/#/article/3/page/1](https://www.elenia.fi/apps/kaukolammon_abc/#/article/3/page/1)

FINVAC ry. 2019. IV-oppaat. Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoittamiseen. Helsinki. <https://www.finvac.org/>

FläktGroup. Tuki. Mitoitusohjelmat. Acon. Luettu 28.2.2020. <https://www.flak-tgroup.com/fi/>

Frico. Tools. Product selection guide. Luettu 24.2.2020. <https://www.frico.net/>

Grundfos. Product Center. Luettu 21.2.2020. <https://fi.grundfos.com/>

Harjula, L. 2020. LVI-suunnittelupäällikkö. Rejlers Finland Oy. Asiantuntijahaastattelu. 2.4.2020.

InfraRYL 2006: infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 2, Järjestelmät ja täydentävät osat. 2009. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

Hakala, P & Kaappola, E. Kylmälaitoksen suunnittelu. 2013. Tampere: Opetushallitus

J1/2014. Rakennusten kaukojäähdytys. Yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet. 2015. Helsinki: Energiateollisuus ry.

K1/2013. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. 2014. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Kaukolämpötilasto 2018. 2019. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Kuivanousuohje. 2019. Ohje kiinteiden sammutusvesiputkistojen suunnittelusta ja toteutuksesta. Oulu-Koillismaan pelastuslaitos.

L1/2016. Kiinnivaahdotetut kaukolämpöjohdot. Suositus. 2016. Helsinki: Energiateollisuus ry.

LVI 11-10472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

LVI 12-10327. 2001. Vesikeskuslämmityksen äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

LVI 20-10328. 2001. Vesi- ja viemärilaitteiden äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

LVI 20-10348. 2004. Putkistojen asennus. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

LVI 50-10345. 2002. Taloteknisten eristeiden mitoitus ja käyttö. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

MagiCAD Ventilation and Piping UR-2 2020. User guide. Luettu 8.4.2020. <https://help.magicad.com/mcaca/2020-UR-2/EN/#>

Motiva. 2017. Ajankohtaista. Tiedotteet. Muut tiedotteet. 2017. YM: Rakennusten energiamuotokertoimet uudistettu. Tiedote. Luettu 6.2.2020. <https://www.motiva.fi/>

Motiva. 2019. Koti ja asuminen. Rakentaminen. Lämmitysjärjestelmän valinta. Lämmitysmuodot. Kaukolämpö. Luettu 6.2.2020. <https://www.motiva.fi/>

Parma. 2018. Parman ontelolaatatot. Suunnitteluohje.

Perustelumuistio ympäristöministeriön asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta. 2017. Ympäristöministeriö. Taustamateriaali. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2018. Ympäristöministeriö. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 52-10801. 2003. Vesikiertoinen lattialämmitys. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

RT 52-10797. 2003. Vesikiertoinen patterilämmitys. Ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

Sammutusvesiputkistot. Turvallisuusohje 2015. Ohjetiedosto. Helsinki: Finanssialan keskusliitto ry.

Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Talotekniikka-julkaisut Oy.

Sandberg, E. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Talotekniikka-julkaisut Oy.

SFS 4317. 1981. Palokalusto. Kuivanousujohto palonsammutusta varten. Standardi. Helsinki: Suomen Palontorjuntaliitto ry. (Vaatii käyttöoikeudet)

SFS-EN ISO 16890-1. 2016. Yleisilmanvaihdon ilmansuodattimet. Osa 1: Tekniset määritelmät, vaatimukset ja hiukkasmaisen aineksen erotusasteeseen perustuva luokitusjärjestelmä (ePM). Standardi. Helsinki: SFS ry. (Vaatii käyttöoikeudet)

SisäRYL 2013: rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy.

ST 21.33. 2012. EC- ja PM-moottorit taloteknisissä järjestelmissä. Espoo: Sähköinfo Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

Talotekniikkainfo. 2019. Oppaat. Talotekniikkateollisuus ry. Luettu 27.2.2020. <https://www.talotekniikkainfo.fi/>

Tasauslaskentaopas 2018. Ympäristöministeriö. Taustamateriaali. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Välilliset kylmäjärjestelmät. 2019. Opas. Helsinki: Suomen kylmäliikkeiden liitto ry.

YTV 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 4: talotekninen suunnittelu. Rakennustietosäätiö RTS.