



LVI-suunnitteluohje

Ville Lehtonen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

LEHTONEN, VILLE:
LVI-suunnitteluohje

Opinnäytetyö 42 sivua
Toukokuu 2024

Opinnäytetyössä kerättiin toimeksiantajayrityksen tarpeisiin yleisimmin LVI-suunnittelijan työssä tarvittut asetukset ja niiden vaatimusten toteuttamiseksi luodut ohjeet. Tätä kokoelmaa käytettiin yritykselle julkisen raportin ulkopuolella toimitetun mallikirjaston teoriapohjana. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Raksystems Insinööritoimisto Oy. Julkisen raportin tavoitteena on toimia teoriapohjana mallikirjastolle sekä tehostaa yrityksen perehdytystoimintaa. Mallikirjastolla taas tavoitellaan yhdenmukaisia LVI-suunnitelmia yrityksen sisällä.

Työn tuloksina saatiin aikaan yrityksen kannalta sopivan kattava, helposti ymmärrettävä ja tällä hetkellä ajankohtainen kokoelma LVI-suunnitteluun liittyviä asetuksia ja ohjeita. Tämän lisäksi julkisen raportin ulkopuolella toimitettu työn tulos on haluttaessa fyysiseen muotoon tulostettava kokoelma LVI-suunnitelmista. Nämä LVI-suunnitelmat vastaavat yrityksen mallia, ja niiden yhteydessä esitetään, mitä tietoja laitteista halutaan sekä mahdolliset asetukset ja ohjeet tiivistetyssä muodossa.

Kehitysehdotuksena tämän raportin ja mallikirjaston tietoja tulisi päivittää mahdollisten muutosten astuessa voimaan. Opinnäytetyöllä saavutetuista vaikutuksista sekä mahdollisista kehitysehdotuksista tulisi teettää kysely yrityksen sisällä, jotta yritys saisi mahdollisimman suuren hyödyn työstä.

ABSTRACT

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

LEHTONEN, VILLE:
HVAC Designing Instructions

Bachelor's thesis 42 pages
May 2024

In this thesis, the most needed regulations and instructions for the work of an HVAC designer were collected for the needs of the client company. This collection was used as the theory base for a template library delivered to the company outside of this public report. The client was Raksystems Engineering Ltd. The aim of the report section was to serve as a theoretical basis for the model library and to enhance the company's orientation activities. The model library, on the other hand, aimed to unify HVAC plans within the company.

The result of this thesis is a comprehensive, easy-to-understand and up-to-date collection of regulations and instructions related to HVAC designing for the company. In addition to this, the result of the work delivered outside the public thesis is a collection of HVAC plans that can be printed in physical form. These HVAC plans correspond to the company's model and are accompanied by a presentation of what information about the equipment is to be presented, as well as any instructions and regulations in a concise form.

As a development proposal, the information in this report and the template library should be updated when any changes take effect. To maximize the benefits of the work, a survey should be conducted within the company on the impact of the work, as well as on possible development proposals.

Key words: HVAC designing, building services engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT	9
2.1	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien keskusosat.....	9
2.1.1	Pumput.....	9
2.1.2	Paisuntalaitteet.....	10
2.2	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien siirto-osat	14
2.2.1	Putket	14
2.2.2	Linjasäätöventtiilit	14
2.2.3	Varoventtiilit.....	15
2.3	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien pääteosat.....	15
2.3.1	Lattialämmitys ja -viilennys.....	15
3	VESIJÄRJESTELMÄT	17
3.1	Vesijärjestelmien keskusosat.....	17
3.1.1	Kiertovesijärjestelmä	17
3.2	Vesijärjestelmien siirto-osat	17
3.2.1	Vesijohdot.....	17
3.3	Vesijärjestelmien pääteosat	18
3.3.1	Pikapalopostit.....	18
4	VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT	20
4.1	Viemärijärjestelmien keskusosat.....	20
4.1.1	Öljyn- ja hiekanerottimet.....	20
4.1.2	Rasvanerottimet	21
4.1.3	Pumppaamot.....	22
4.2	Viemärijärjestelmien siirto-osat	23
4.2.1	Viemäriputket.....	23
4.2.2	Tuuletusviemärit	24
4.2.3	Hulevesiviemärit	25
4.2.4	Puhdistusaukot.....	26
4.3	Viemärijärjestelmien pääteosat	26
4.3.1	Lattiakaivot	27
4.3.2	Väestönsuojan viemärilaitteet.....	27
5	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT	28
5.1	Ilmanvaihtojärjestelmien keskusosat.....	28
5.1.1	Puhaltimet	28
5.1.2	Suodattimet	28
5.1.3	Lämmöntalteenottolaitteet	31

5.2 Ilmanvaihtojärjestelmien siirto-osat	32
5.2.1 Kanavat	32
5.2.2 Puhdistus- ja huoltoluukut	33
5.3 Ilmanvaihtojärjestelmien pääteosat.....	34
5.3.1 Päätelaitteet	34
5.3.2 Ulko- ja ulospuhallusilmalaitteet	34
6 POHDINTA	39
LÄHTEET.....	41

1 JOHDANTO

LVI-suunnitteluun ja erityisesti LVI-tekniikan järjestelmien sekä niiden osien mitoittamiseen on olemassa paljon asetuksia sekä ohjeita, joita noudattamalla asetusten vaatimukset saadaan täytymään. Suunnittelua koskevilla asetuksilla pyritään luomaan rakennuksista mahdollisimman turvallisia, energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä. Tästä syystä on erityisen tärkeää, että LVI-suunnittelija tuntee työtehtävään liittyvät asetukset.

Tässä työssä pyritään keräämään rajausten puitteissa suunnittelutyöhön vaikuttavat asetukset yhteen teokseen. Rajauksia on tehty toimeksiantajayrityksen tavanomaisimpia kohteita ja tarpeita ajatellen. Tavoitteena on luoda yrityksen tarpeeseen sopiva materiaali, jota voidaan hyödyntää mallikirjaston luomisessa ja jolla voidaan tehostaa perehdytysprosessia.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Raksystems Insinööritoimisto Oy, jolle toimitetaan julkisen raportin ulkopuolella mallikirjasto LVI-dokumenteista. Mallikirjastolla pyritään yhdenmukaistamaan LVI-suunnitelmien sisältöä ja esitystapoja yrityksen sisällä. Tähän työhön kerätyt asetusten sekä niiden ohjeet toimivat teoriapohjana mallikirjastolle.

Raksystems Insinööritoimisto Oy on osa Raksystems Groupia, joka on Suomessa ja Ruotsissa toimiva kiinteistöjen hyvinvoinnin asiantuntijakonserni. Erityisesti Raksystems on erikoistunut vihreään rakentamiseen sekä kiinteistöjen tutkimuksiin, tarkastuksiin ja sertifiointeihin. Pääosin yrityksen suunnittelu ja valvontakohteet ovat peruskorjauskohteita, mutta useita uudiskohteitakin on toteutettu. Raksystems on Suomen johtava kiinteistöjen ympäristösertifikaattien ja laajojen kiinteistöveroselvitysten laatija. Raksystems toimii tällä hetkellä Suomen lisäksi Ruotsissa yhteensä yli 700 ammattilaisen voimin.

Työn tarve on muodostunut Raksystemsien suunnittelutoimintojen laajentuessa useiden yrityskauppojen myötä. Jokaisessa yrityksessä on omanlaisensa tyyli tehdä ja esittää suunnitelmia. Kuitenkin saman yrityksen alle siirryttäessä halutaan kaikkien tuotettujen suunnitelmien olevan yhdenmukaisia. Kun yrityksen

tuottamat suunnitelmat noudattavat yhdenmukaisia linjoja, on laatua helpompi tarkkailla. Näin voidaan taata asiakkaalle yrityksen suunnitelmien olevan tasalautuisia kohteesta ja suunnittelijasta riippumatta.

Yhdenmukaistava materiaali halutaan toteuttaa mallikirjastona, joka on mahdollista tulostaa A3 kokoiseksi vihoksi. Mallikirjastossa tullaan esittämään tulostettu mallisuunnitelma ja viereen kerrotaan suunnitelmaa koskevat ohjeet. Mallisuunnitelmassa määritellään myös mitä tietoja laitteista esitetään ja miten ne halutaan tuoda esiin. Mallikirjasto toimitetaan yritykselle julkisen raportin ulkopuolella. Kun mallikirjasto toimitetaan kaikille yrityksen LVI-suunnittelijoille, voivat he itse helpommin tarkastaa suunnitelmiansa yhdenmukaisuuden ja oikeellisuuden. Tämä tehostaa suunnittelutyötä ja varmistaa sen, että suunnitelmat ovat laadukkaita. Mahdollisuus tulostaa mallikirjasto fyysiseen muotoon nousi esiin LVI-suunnittelijoiden ehdotuksesta. Fyysisen kopion todettiin olevan helposti tarkasteltavissa suunnittelutyötä tehtäessä. Riskinä fyysisessä kopiassa on se, että tiedostoon tehdään ajankohtaistavia muutoksia eivätkä kaikki suunnittelijat tulosta uutta versiota itselleen käyttöön.

Muita tapoja toteuttaa työ olisi voinut olla esimerkiksi sähköinen mallikirjasto, joka sisältää suoran linkin kyseiseen asetukseen tai vielä tiivistetympi enemmän kokemusperäisiin arvoihin pohjautuva kokoelma. Sähköisen version heikkoutena olisi sen saavutettavuus ja luettavuus esimerkiksi, jos ei ole käytössä useita näyttöjä. Sen käytännöllisyys riippuisi myös täysin linkkien yms. tietoteknisten asioiden toimivuudesta. Sitä olisi kuitenkin helpompi pitää ajantasaisena. Kokemusperäiseen tietoon pohjautuvan tiiviimmän kokoelman ongelmana olisi taas ollut sen soveltaminen opinnäytetyöksi sopivaan muotoon. Kokemusperäisen tiedon heikkoutena on myös sen pohjautuminen faktoihin, sillä sen on voitu luulla toimivan hyvin, mutta todellisuus onkin muuta. Myös tiedon kerääminen olisi erittäin aikaa vievää sekä tiedon ajankohtaisuuden ylläpitäminen ja tarkastaminen olisi vaikeaa.

Tämän opinnäytetyönä luodun raportin tarkoituksena on toimia teoriapohjana aiemmin mainitulle mallikirjastolle. Raportin luomisen aikana on myös helpompi tarkastella sitä, mitä kaikkea mallikirjastossa halutaan esittää. Rajauksessa on käytetty apuna tietoa siitä, millaisia kohteita yrityksessä yleisimmin suunnitellaan.

Mallikirjastossa esitetyn ohjeen yhteyteen voidaan kirjata raportin kohta, jossa kyseistä asetusta on käsitelty tarkemmin. Tällöin mallikirjasto voidaan pitää mahdollisimman tiiviinä ja yksinkertaisena. Raportin kirjoitusprosessi toimii näin erinomaisena valmistautumisena mallikirjaston luomista varten.

Työ toteutetaan siten, että ensiksi kootaan raporttimuotoon halutut asetukset ja niiden vaatimusten toteuttamiseen luodut ohjeet. Tällöin perehdytään ajankohtaisimpiin asetuksiin ja ohjeistuksiin. Raporttia tehdessä kehitty myös rajaus mallikirjastossa esitettävälle tiedolle. Kirjoitusprosessin aikana kiinnitetään erityistä huomiota ajankohtaisuuteen, koska talotekniikan ala kehitty jatkuvasti nopealla tahdilla. Mallikirjasto toteutetaan raportin valmistuttua luomalla halutut mallisuunnitelmat ja sen jälkeen keräämällä raportista niitä koskevat ohjeet suunnitelmien yhteyteen. Molemmat työn vaiheet tehdään tiiviissä yhteistyössä toimeksiantajayrityksen edustajan kanssa, jotta lopputulos palvelee mahdollisimman hyvin yrityksen tarpeita.

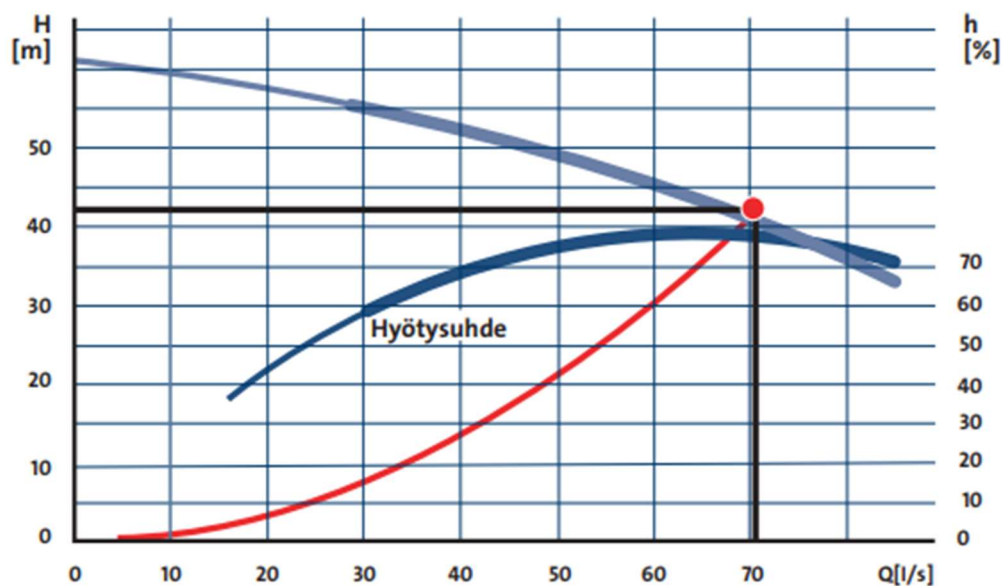
Yksinkertaistettuna työn tavoitteina on kerätä raporttimuotoon yritykselle sopivan laaja ja mahdollisimman helposti ymmärrettävä kokoelma ohjeista, joita noudattamalla yleisimmin LVI-suunnittelijan työssä esiin tulevat asetukset täyttyvät. Sekä edellä mainittua raporttia teoriapohjana käyttäen luoda haluttaessa fyysiseksi vihoksi tulostettava LVI-suunnitelmia yhdenmukaistava mallikirjasto. Huomioon otettavia haasteita näiden tavoitteiden toteuttamisessa ovat aiheen rajaaminen, ajankohtaisuuden säilyttäminen ja asetusten sekä ohjeiden kirjoittaminen mahdollisimman hyvin ymmärrettävään muotoon. Aiheen rajaamisessa auttaa huomattavasti edellisenä kesänä suoritettu kesätyö LVI-suunnittelijana toimeksiantajayrityksessä sekä tiivis yhteistyö yrityksen edustajan kanssa. Ajankohtaisuuden säilyttämiseksi on taas tärkeää tutkia tarkkaan lähteet ja selvittää mahdolliset korvaavat asetukset. Jotta työ säilyisi ajankohtaisena valmistumisen jälkeen, tulisi sitä päivittää muutosten astuessa voimaan. Yksinkertaiseen ja ymmärrettävään asuun saattamiseksi tulee asetuksiin tutustua huolellisesti ja varmistua siitä, että sisäistää ne itse ennen kirjoittamista. Myös tässä tiivis yhteistyö kollegoiden kanssa edesauttaa tavoitteen saavuttamista.

2 LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT

2.1 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien keskusosat

2.1.1 Pumput

Kiertovesipumpun valintaan oleellisesti vaikuttavat tarvittava paineenkorotus ja nesteen tilavuusvirta. Paineenkorotuksen tarve muodostuu putkiston sekä sen komponenttien aiheuttamista painehäviöistä. Tarvittava paineenkorotus ilmoitetaan pumppua valittaessa usein nostokorkeutena, jonka yksikkö on metriä vesipatsasta. Nesteen tilavuusvirta taas saadaan laskettua järjestelmältä vaaditun tehon kautta. Valinnassa käytetään apuna pumpun ominaiskäyrästä, josta luetaan pumpun toimintapiste tilavuusvirran ja nostokorkeuden avulla (kuva 1).



KUVA 1. Pumpun ominaiskäyrästä (Asiaa pumppukäyrästä 2019).

Ominaiskäyrä eli punainen viiva kuvassa 1 kertoo pumpun tuottaman maksiminostokorkeuden H ja maksimivirtaamaan Q suhteen. Tältä käyrästä etsitään toimintapiste tarvittavan nostokorkeuden ja virtaaman leikkauspisteestä. Toimin-

tapisteen halutaan osuvan kohtaan, jossa pumpun hyötysuhde h on mahdollisimman hyvä. Pumpun valintaan löytyy paljon erilaisia työkaluja pumppuvalmistajien nettisivuilta.

2.1.2 Paisuntalaitteet

Paisuntalaitteet mitoitetaan ja valitaan LVI-ohjekortin 11–10472 (2011) mukaan.

Paisunta-astian mitoitukseen tarvitaan

- verkoston kokonaistilavuus V_O , dm³
- verkoston enimmäislämpötila mitoitustilanteessa, °C
- laitoksen lämmitysteho Φ , kW
- korkeusero laitoksen ylimmän laitteen ja paisunta-astian alareunan välillä (staattinen paine) p_{st} , kPa
- verkoston suurin sallittu käyttöpaine eli rakennepaine p_{rak} , kPa.

Laskennassa käytetään aina absoluuttista painetta. Verkoston kokonaistilavuus voidaan laskea käsin summaamalla verkoston ja sen komponenttien tilavuudet. Usein käsin laskeminen on kuitenkin tarpeetonta, koska tilavuus saadaan helposti selville yleisimmin käytetyistä LVI-suunnitteluohjelmista. LVI-ohjekortissa 11–10472 (2011) on myös esitetty erilaisia kaavoja tilavuuden arvioimiseen.

Kun järjestelmän rakennepaine on 300 kPa tai yli, niin laskenta suoritetaan seuraavasti. Ensin lasketaan kalvopaisunta-astian bruttotilavuus suhdelukuna kaavalla (1)

$$H_{brutto} = 1 - \frac{P_e}{P_{max}}, \quad (1)$$

jossa P_e on paisunta-astian absoluuttinen esipaine kilopascalina ja P_{max} on absoluuttinen enimmäiskäyttöpaine kilopascalina. Esipaine valitaan lisäämällä järjestelmän staattiseen paineeseen 1–10 kPa siten, että luku pyöristyy seuraavaan tasakymmeneen. P_{max} , saadaan valitsemalla pienempi seuraavista

$$P_{max} = P_{sv} - 50 \text{ kPa} \quad (2)$$

tai

$$P_{max} = 0,9 \cdot p_{sv}. \quad (3)$$

Kaavassa (2) P_{sv} on varoventtiin absoluuttinen avautumispaine kilopascaleina ja kaavassa (3) p_{sv} on varoventtiin suhteellinen avautumispaine kilopascaleina. Varoventtiin mitoitus käsitellään luvussa 2.2.3. (LVI 11-10472, 2011.)

Seuraavaksi lasketaan kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovaran nestetilavuus suhdelukuna kaavalla (4)

$$H_{vara} = 1 - \frac{P_e}{P_{min}}, \quad (4)$$

jossa P_e on jälleen esipaine ja P_{min} on absoluuttinen vähimmäiskäyttöpaine kilopascaleina. Vähimmäiskäyttöpaine saadaan, kun lisätään paisunta-astian esipaineeseen 50 kPa eli

$$P_{min} = P_e + 50 \text{ kPa}. \quad (5)$$

Kalvopaisunta-astian brutto- ja häiriö/vuotovaran nestetilavuuksien suhdelukujen erotuksesta saadaan kaavalla (6) laskettua paisunta-astian nettonestetilavuus suhdelukuna

$$H_{netto} = H_{brutto} - H_{vara}. \quad (6)$$

Nettonestetilavuuden suhdeluvulla taas saadaan kaavan (7) avulla laskettua paisunta-astian mitoituskerroin

$$K_{mit} = \frac{1}{H_{netto}}, \quad (7)$$

joka voidaan myös hakea taulukosta 1. Taulukkoon on valmiiksi laskettu mitoituskertoimet yleisimpien varoventtiilien avautumispaineiden ja kalvopaisunta-astioiden esipaineiden mukaan. (LVI 11-10472, 2011.)

TAULUKKO 1. Paisunta-astian mitoituserroin K_{mit} esipaineen ja varoventtiilin valinnan mukaan. Ihannealue on lihavoituna (LVI 11-10472, 2011).

Esipaine kPa	Paisunta-astian mitoituserroin K_{mit} Varoventtiilin avautumispaine kPa					
	300	350	400	450	500	600 *)
50	3,11	2,67				
60	3,28	2,76				
70	3,48	2,88	2,53			
80	3,73	3,01	2,61			
90	4,02	3,16	2,71			
100	4,38	3,33	2,81	2,5		
110	4,81	3,54	2,93	2,58		
120	5,37	3,78	3,07	2,67		
130	6,09	4,06	3,22	2,77		
140	7,05	4,39	3,4	2,88	2,56	
150	8,4	4,8	3,6	3	2,64	
160		5,3	3,83	3,14	2,73	
170		5,93	4,1	3,29	2,83	
180		6,73	4,42	3,47	2,95	
190		7,82	4,8	3,66	3,07	
200		9,33	5,25	3,89	3,21	2,57
210			5,81	4,15	3,36	2,65
220			6,5	4,45	3,53	2,74
230			7,4	4,8	3,73	2,83
240			8,6	5,21	3,94	2,94
250			10,29	5,71	4,19	3,05
260				6,33	4,47	3,17
270				7,09	4,8	3,3
280				8,08	5,19	3,45
290				9,4	5,64	3,61
300					6,19	3,79
310					6,86	3,99
320					7,69	4,21
330					8,77	4,47
340					10,21	4,75
350						5,08
360						5,46
370						5,9
380						6,42

390	7,05
400	7,82
410	8,78
420	10,02

*) enimmäiskäyttöpaine 540 kPa

Lopulta kalvopaisunta-astian tilavuus kuutiodesimetreinä saadaan laskettua kaavalla (8)

$$V = a \cdot K_{mit} \cdot V_o, \quad (8)$$

jossa a on nesteen lämpölaajenemiskerroin prosentteina ja V_o on järjestelmän nestetilavuus kuutiodesimetreinä. Veden lämpölaajenemiskerroin voidaan hakea suoraan taulukosta 2. Jos käytetään erilaisia liuoksia tulee kerroin varmistaa valmistajalta. (LVI 11-10472, 2011.)

TAULUKKO 2. Veden lämpölaajenemiskerroin (LVI 11-10472, 2011).

Laitoksen mitoitus- lämpötila	Lämpölaajenemiskerroin a
°C	Vesi %
10	0,04
20	0,18
30	0,44
40	0,79
50	1,21
60	1,71
70	2,28
80	2,96
85	3,21
90	3,59
95	3,94
100	4,35
105	4,74
107	4,99
110	5,15
120	6,06
130	6,94

2.2 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien siirto-osat

2.2.1 Putket

Lämmitys- ja erityisesti jäähdytysjärjestelmien suunnittelussa tulee huomioida käytettävän lämmönsiirtonesteen aiheuttamat rajoitukset putkimateriaalin suhteen. Jäähdytysjärjestelmissä suositellaan suuren korroosiovaaran takia käyttämään ruostumattomia materiaaleja.

Lämmitysjärjestelmän putkistoa mitoittaessa käytetään maksimipainehäviönä 50 Pa/m. Jos mitoitettava putki on lyhyt tai sen painehäviön osuus koko putkiston painehäviöistä on pieni, niin painehäviönä voidaan käyttää 100 Pa/m. Virtausnopeutena taas käytetään 0,3–1,0 m/s. KytKentäjohdoissa virtaama voi olla tätä pienempi. (LVI 12-10327, 2001.)

Lattialämmityksen runkoputkiston mitoituksessa jakotukeille asti käytetään maksimipainehäviötä 80 Pa/m. Säteilylämmitys- ja tilajäähdytysverkostoissa käytetään maksimipainehäviötä 70 Pa/m. IV-lämmitys- ja -jäähdytysjärjestelmissä taas putkiston maksimipainehäviönä käytetään 100 Pa/m. (RT 103452, 2022.)

2.2.2 Linjasäätöventtiilit

Jotta järjestelmä saadaan tasapainotettua, tulee linjasäätöventtiilin painehäviön olla vähintään 3 kPa (LVI 12-10327, 2001). Tämä voi tarkoittaa usein sitä, että linjasäätöventtiilin nimelliskoko valitaan yhden koon pienemmäksi, kuin säädettävän linjan putkikoko.

IMI Hydronic Engineering yrityksen edustajan mukaan linjasäätöventtiili suositellaan mitoittamaan virtaaman ja paine-eron mukaan niin, että valittu venttiilin esisäätöarvo olisi vähintään asteikon puolivälissä tai sen yläpuolella. Tämä säilyttää venttiilin mittaustarkkuuden mahdollisimman hyvänä. (Lättilä 2024.)

2.2.3 Varoventtiilit

Varoventtiin ulospuhallusteho mitoitetaan LVI-ohjekortin 11–10472 (2011) mukaan ja laitevalinta suoritetaan valmistajan taulukosta ulospuhallustehon sekä avautumispaineen mukaan. Avautumispaine valitaan paisunta-astian esipaineen ja järjestelmän korkeimman sallitun käyttöpaineen välistä. Avautumispaineen tulee olla esipainetta suurempi ja enintään yhtä suuri kuin korkein sallittu käyttöpaine. Ulospuhallusteho G lasketaan kaavalla (9)

$$G = \frac{3600 \cdot K \cdot \Phi}{h}, \quad (9)$$

jossa K on varmuuskerroin 1,5–2 väliltä, Φ on järjestelmän teho kilowatteina ja h on veden höyrystymislämpö $120 \text{ °C} = 2202 \text{ kJ/kg}$. (LVI 11-10472, 2011.)

2.3 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien pääteosat

2.3.1 Lattialämmitys ja -viilennys

Lattialämmityksessä menoveden lämpötilaan vaikuttaa suuresti lattiarakenne. Näin ollen menolämpötila voi vaihdella 25 °C ja 50 °C välillä lattian pintalämpötilan vaihdellessa 23 °C ja 30 °C välillä. Lattian pintalämpötilassa on huomioitava valmistajan ilmoittama maksimilämpötila käytettävälle lattiamateriaalille. Paluuv veden tulisi olla $5\text{--}10 \text{ °C}$ kylmempää kuin menoveden. Yhden lattialämmityspiirin painehäviön tulee olla $15\text{--}20 \text{ kPa}$ hyvän säädettävyyden takaamiseksi. Virtausnopeutena mitoituksessa suositellaan käytettävän $0,3 \text{ m/s}$. (LVI 13-10261, 1996.)

Lattialämmityksen lämmitystehoa rajoittava lattiamateriaalin suurin sallittu pintalämpötila on yleisimmillä materiaaleilla 27 °C tai 28 °C . Näin ollen huonelämpötilalla 21 °C lattialämmityksestä saatava suurin teho on noin 66 tai 77 W/m^2 . Tästä syystä voidaan lattialämmityksen rinnalle joutua asentamaan täydentävä lämmitysmuoto tiloihin, joissa on suuret lämmitystehontarpeet. Lattialämmityksellä on

kuitenkin mahdollista päästä jopa yli 100 W/m^2 tehoon, jos pintamateriaaliksi valitaan suurempia lämpötiloja kestävä vaihtoehto ja tilan huonelämpötila on matalampi esimerkiksi halli/varasto. (Vesikiertoisen lattialämmityksen ja -viilennyksen suunnitteluopas 2023.)

Lattiaviilennysjärjestelmä suositellaan mitoittamaan ja tasapainottamaan lämmityskäytön mukaan. Viilennyksessä tehoa rajoittavia tekijöitä ovat huonelämpötila ja kastepiste. Menoveden lämpötila säädetään siis niin, ettei kastepistettä saavuteta normaalioloissa. Tämä tarkoittaa yleensä menovedenlämpötilaa $18\text{--}19 \text{ }^\circ\text{C}$. Huonelämpötilan vaihdeltaessa $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ja $30 \text{ }^\circ\text{C}$ välillä menoveden lämpötilalla $19 \text{ }^\circ\text{C}$ voidaan eri lattiamateriaalista ja asennustavasta riippuen saada teoreettiseksi jäähdystehoksi noin $10\text{--}50 \text{ W/m}^2$. Lattiaviilennyksellä on mahdollista päästä jopa noin 80 W/m^2 tehoon, jos huonetilan jäähdystykuorma on riittävän suuri. (Vesikiertoisen lattialämmityksen ja -viilennyksen suunnitteluopas 2023.)

3 VESIJÄRJESTELMÄT

3.1 Vesijärjestelmien keskusosat

3.1.1 Kiertovesijärjestelmä

Kierovesijärjestelmän päätehtävänä on estää legionellabakteerin lisääntyminen lämpimän käyttöveden järjestelmässä. Legionellabakteerit lisääntyvät lämpötilan ollessa 20–45 °C, joten sen torjumiseksi Ympäristöministeriö on asettanut lämpimän käyttöveden minimilämpötilaksi 55 °C. Riittävän lämmintä vettä on saatava enintään 20 sekunnin kuluessa kaikilta vesipisteiltä. (Ympäristöministeriö 1047/2017.)

Kiertovesijohto mitoitetaan siten, ettei virtausnopeus ylitä 0,5 m/s. Virtaama mitoitetaan veden kiertämän reitin lämpöhäviöiden mukaan eli lasketaan yhteen lämpimän käyttöveden johdon, mahdollisen lämmönluovuttimen sekä palaavan kiertovesijohdon aiheuttamat lämpöhäviöt. Eristetyn putken lämpöhäviöinä käytetään 10 W/m.

Vanhemmissa rakennuksissa esiintyviä lämpimän käyttöveden kiertojohtoon asennettuja lämmönluovuttimia ei saa enää asentaa uudisrakennuksiin juuri haitallisen lämpimän käyttöveden jäähtymän estämiseksi. Saneerauskohteissa lämmönluovuttimet voidaan vielä uusina maksimissaan 200 W tehoisilla tuotteilla. Lattialämmitykseen lämmintä käyttövettä ei kuitenkaan saa käyttää enää edes saneerauskohteissa. (Ympäristöministeriö 1047/2017.)

3.2 Vesijärjestelmien siirto-osat

3.2.1 Vesijohdot

Kylmävesijohdot tulee suunnitella siten, ettei veden lämpötila nouse käytössä yli 20°C eikä kahdeksan tunnin käyttämättömän jakson aikana pääse nousemaan yli 24 °C. Tällä pyritään estämään legionellabakteerien lisääntymistä käyttövesiverkostossa. Lämpimässä vedessä taas lämpötilan tulee olla vähintään 55 °C samasta syystä ja enintään se saa olla 65 °C palovammariskin minimoimiseksi. Käyttövesijärjestelmän on kestettävä ylipainetta vähintään 1000 kPa. Käyttöveden lämpötilan vaihtelusta aiheutuvien painemuutosten takia järjestelmään on asennettava varoventtiilejä, joiden avautumispaineeksi valitaan maksimissaan 1000 kPa. (Ympäristöministeriö 1047/2017.)

Jakojohtoja mitoittaessa käytetään virtausnopeutena yleensä maksimissaan 3 m/s ja kytkentäjohtoilla 2 m/s. Kuitenkin jos esimerkiksi äänivaatimukset ovat tiukat, voidaan joutua käyttämään matalampia virtausnopeuksia. Lämpimän veden kiertojohtoa mitoittaessa käytetään virtausnopeutta 0,5 m/s. (D1, 2007.)

3.3 Vesijärjestelmien pääteosat

3.3.1 Pikapalopostit

Käyttövesijohtoja suunnitellessa tulee erityisesti kiinnittää huomiota mahdollisten pikapalopostien vaatimaan vähimmäispaineeseen 200 kPa ja taulukossa 3 esitettyyn mitoitusvirtaamaan.

TAULUKKO 3. Pikapalopostillisen kylmävesijohdon pienin nimellisvirtaama (D1, 2007).

Letkun sisähalkaisijan nimellismitta d (mm)	Virtaama yhdelle pika- palopostille q (dm ³ /s)	Yhteisvirtaama useam- malle pikapalopostille q (dm ³ /s)
20	0,85	1,70
25	1,70	3,40

Muiden jakojohdossa kytkettyjen laitteiden vaatiman mitoitusvirtaaman ollessa pienempi kuin pikapalopostin, käytetään jakojohdon mitoituksessa yllä olevasta taulukosta saatua arvoa. Jos taas muiden laitteiden vaatima virtaama on suurempi, ei pikapalopostien vaatimaa virtaamaa tarvitse huomioida suunnittelussa. (D1, 2007.)

4 VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT

4.1 Viemärijärjestelmien keskusosat

4.1.1 Öljyn- ja hiekanerottimet

Öljyn- ja hiekanerottimet luokitellaan ATEX-tiloiksi, joten ne tulee aina erikseen tuulettaa omalla tuuletusputkella. Tuuletuksen sijoittamisessa tulee aina huomioida aiheutuva hajuhaitta ja näin ollen varmistettava asianmukainen etäisyys tuuletusikkunoihin sekä raitisilma-aukkoihin (katso luku 4.2.2). Tuuletusputken on oltava vähintään kokoa DN 100 ja materiaalin on täytettävä kohteen vaatimukset. Täyttymishälyttimen täytyy olla aina ATEX-hyväksytty. Jos erotin varustetaan automaattisella sulkijalaitteella, suositellaan asentamaan myös padotusanturi. (RT 103351, 2021.)

Öljynerottimet jaetaan kahteen luokkaan I ja II. Luokan I erottimen erotuskyky on suurempi kuin luokan II. Erottimen nimelliskoko NS lasketaan standardin SFS-EN 858-2 (2003) mukaan kaavalla (11)

$$NS = (Q_r + f_x \cdot Q_s) \cdot f_d, \quad (11)$$

jossa Q_r on sadeveden maksimivirtaama, Q_s on jäteveden maksimivirtaama, f_d on erotettavan nesteen tiheyskerroin ja f_x on haittakerroin käsiteltävän veden laadun mukaan (jätevesille f_x on 2 ja hulevesille f_x on 1). Sadeveden virtaaman laskentaa käsitellään luvussa 4.2.3. Jäteveden maksimivirtaama muodostuu vesipisteiden ja laitteiden virtaamien mukaan. Nesteen tiheyskerroin luetaan taulukosta 4 erottimen tyypin ja erotettavan nesteen tiheyden mukaan.

TAULUKKO 4. Tiheyskerroimet (SFS-EN 585-2, 2003).

Erotintyyppi	Tiheyskerroin f_d kevyen nesteen eri tiheyksillä, g/cm ³		
	$\leq 0,85$	$0,85 < \dots \leq 0,9$	$0,9 < \dots \leq 0,95$
I	1	2	3
II	1	1,5	2
II ja I peräkkäin	1	1	1

Öljynerotusjärjestelmien lietetilan tilavuus mitoitetaan valitun öljynerottimen nimelliskoon mukaan. Lietetilan tulisi aina olla vähintään 100 x NS, kuitenkin vähintään 600 litraa. Automaattipesuloissa sekä harjapesuloissa tilavuus tulisi olla vähintään 5000 litraa. (SFS-EN 858-2, 2003.)

4.1.2 Rasvanerotimet

Rasvanerotinta valittaessa on kiinnitettävä huomiota tulevan jäteveden lämpötilaan. Sen ylittäessä 60 °C on varmistettava erottimen materiaalien lämmönkestävyys valmistajalta. Erotinta sijoittaessa on erityisesti huomioitava huoltomahdollisuus, sillä tyhjennys suoritetaan imulla suoraan miehistöluukusta tai erillisen imulinjan kautta. Rasvanerotin ei yleensä tarvitse erillistä tuuletusta vaan se tapahtuu normaalisti tulevaa viemäriinjaa pitkin. Rasvatilan täyttymishälyttimen lisäksi tulee erotin varustaa padotushälytyksellä, joka mahdollisuuksien mukaan kytketään taloautomaatiojärjestelmään. Jos rasvanerotin sijoitetaan ulos, suositellaan sen eteen tarkastusputkea tai -kaivoa tulopuolen puhdistuksen helpottamiseksi. Lähtevästä viemäristä täytyy aina olla näytteenottomahdollisuus. (RT 103351, 2021.)

Rasvanerottimen nimelliskoko NS lasketaan standardin SFS-EN 1825-2 (2005) mukaan kaavalla (12)

$$NS = Q_s \cdot f_t \cdot f_d \cdot f_r, \quad (12)$$

jossa Q_s on jäteveden maksimivirtaama litroina sekunnissa, f_t on virtausaineen lämpötilan häirtakerroin, f_d on rasvan tiheyskerroin ja f_r on mahdollisten puhdistus- ja huuhteluaineiden aiheuttama häirtakerroin. Jäteveden maksimivirtaama voi-

daan määrittää mittaamalla (saneerauskohteet) tai laskennallisesti suurkeittölaitteiden tai laitoksen tyyppin mukaan. Jäteveden korkea lämpötila voi olennaisesti vähentää erottimen tehoa ja se määräytyy taulukon 5 mukaan.

TAULUKKO 5. Virtausaineen lämpötilan häirtakerroin (SFS-EN 1825-2, 2005).

Tulevan jäteveden lämpötila °C	Häirtakerroin f_t
≤ 60	1,0
Jatkuvasti tai ajoittain > 60	1,3

Rasvan tiheyskertoimena käytetään lukua 1,0 kaikissa yleisimmissä kohteissa kuten keittiöt, teurastamot sekä lihan- ja kalankäsittelylaitokset. Muulloin rasvan tiheys ja sitä vastaava kerroin tulee erikseen määrittää standardin ohjeiden mukaisesti. Mahdollisesti käytettävät puhdistus- ja huuhteluaineet niin ikään voivat häiritä erotusprosessia huomattavasti. Niistä johtuva häirtakerroin määräytyy taulukon 6 mukaan. (SFS-EN 1825-2, 2005.)

TAULUKKO 6. Pesu- ja huuhteluaineiden häirtakerroin (SFS-EN 1825-2, 2005).

Pesu- ja huuhteluaineiden käyttö	Häirtakerroin f_r
Ei koskaan käytössä	1,0
Ajoittain tai aina käytössä	1,3
Erytistapaukset (esim. sairaalat)	≥ 1,5

Laskennan suorittamisen jälkeen tulee erottimen nimelliskooksi valita seuraavaksi suurin vakionimelliskoko. Rasvanerottimen lietetilavuus on yleensä vähintään 100 x NS ja teurastamoissa sekä vastaavissa tiloissa, joissa lietettä tulee enemmän, on lietetilavuus vähintään 200 x NS. (SFS-EN 1825-2, 2005.)

4.1.3 Pumppaamot

Jätevesipumppaamon mitoittamiseksi tulee selvittää jäteveden mitoitusvirtaama sekä nostokorkeus, johon huomioidaan myös putkiston aiheuttamat painehäviöt. Edellä mainittujen tietojen avulla voidaan pumppaamon tehollinen tilavuus V_h laskea kaavalla (13)

$$V_h = \frac{q \cdot 3600}{4 \cdot Z_{max}}, \quad (13)$$

jossa q on mitoitusvirtaama litroina sekunnissa ja Z_{max} on valmistajan ilmoittama sallittu pumpun käynnistystiheys. Tehollisella tilavuudella tarkoitetaan pysäytys- ja käynnistystason välistä tilavuutta. Lisäksi säiliöön suositellaan mitoitettavan varatilavuus V_v kahden tunnin sähkökatkon ajaksi 2,5 % mitoitusvirtaamalla. Se voidaan laskea kaavalla (14)

$$V_v = q \cdot 0,025 \cdot 2 \cdot 3600s, \quad (14)$$

jossa q on jälleen mitoitusvirtaama litroina sekunnissa. Paineputken virtaaman suositellaan olevan vähintään 0,7 m/s. Jos pumppaamo on varustettu kahdella pumpulla, tulisi säiliön halkaisijan olla vähintään 1000 mm. Yhdellä pumpulla varustettuna halkaisijan tulisi taas olla vähintään 800 mm. Halkaisijan mitoituksessa on kuitenkin otettava huomioon pumpun tyyppi. Myös hule- ja perusvesipumppaamoiden säilötilavuus voidaan laskea kaavalla (13). Niiden mitoituksessa ei tarvitse huomioida sähkökatkon aikaista varatilavuutta. (RT 103405, 2021.)

Väestönsuojissa suositellaan mitoitamaan kriisitilanteita varten erillinen umpisäiliö, johon jätevedet voidaan johtaa ylivuotona. Tilavuus lasketaan väestönsuojan lattiapinta-alan mukaan 20 litraa per neliömetri. Kuitenkin jos erillistä umpisäiliötä ei voida käyttää voidaan varatilavuus sisällyttää myös pumppaamon säiliön tilavuuteen. Tällöin varatilavuuden tulee kuitenkin olla niin pieni, ettei säiliö kasva kohtuuttoman suureksi. (RT 103405, 2021.)

4.2 Viemärijärjestelmien siirto-osat

4.2.1 Viemäriputket

Viettoviemäreitä suunniteltaessa on tärkeää varmistaa, että viemäripisteet ovat asennettavissa padotuskorkeuden yläpuolelle ja riittävä viemäriin kaltevuus (10

‰) on saavutettavissa koko matkalle. Mikäli edellä mainitut eivät ole toteutettavissa on järjestelmä varustettava pumppaamalla. Viemäriin kaltevuuden tulee olla vähintään 10 ‰, mikäli mahdollista tulisi WC-istuimen kytkentäviemäriin ja siihen liittyvän vaakakokoojaviemäriin vähimmäiskaltevuutena pitää 20 ‰ huuhtelevuuden takaamiseksi. Myös pienissä kohteissa tai jos tiedetään viemäripisteen tulevan vähälle käytölle, olisi suositeltavaa käyttää vähintään 20 ‰ kaatoa. (D1, 2007.)

Kiinteistön viemäri-laitteisto tulee aina suunnitella siten, ettei viemärit tukkeudu eikä asianmukainen käyttö kerrytä viemäreihin lietettä. Viemäriin ei saa esiintyä paineenvaihtelua enempää kuin ± 400 Pa. Tämä varmistetaan asianmukaisella tuuletuksella tai joissain tapauksissa alipaineventtiileillä. Viemäripisteen tulee pystyä viemäroimään 1,5-kertaisesti siihen johdetut virtaamat. Samanaikaisuuden huomioon ottava mitoitusvirtaama ei saa olla pienempi kuin siihen sisällytetyn viemäripisteen suurin normivirtaama. (D1, 2007.)

Äänihaittojen syntymisen takia on tärkeää, että pystyviemärit toteutetaan ilman sivuttaissiirtoja ja pohjakulma toteutuu mahdollisimman loivana betonisen alapohjan alapuolella. Mikäli pohjakulma sijaitsee huoneiston sisäpuolella, voidaan se varustaa betonisella äänenvaimentimella. Betonisen äänenvaimentimen toteutus suunnitellaan usein yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa. (LVI 20-10328, 2001.)

4.2.2 Tuuletusviemärit

Jätevesiviemäri voi rakennuksen sisällä kulkea tuulettamattomana enintään 10 metriä vaakatasossa poissulkien koon DN 150, joka saa kulkea vaakatasossa tuulettamattomana rajoittamattoman etäisyyden maksimivirtaamalla 12,6 l/s. Jos normivirtaamien summa on ≤ 5 dm³/s tulee tuuletusviemäriin olla vähintään DN 70. Jos taas normivirtaamien summa on yli 5 dm³/s tulee tuuletusviemäriin olla vähintään DN 100. Kylmissä tiloissa tuuletusviemäriin tulee kuitenkin aina olla DN 100. (D1, 2007.)

Kumotussa rakennusmääräyskokoelmassa D1 ohjeistetaan, että kolme tuuletusviemäriä voidaan yhdistää yhdeksi läpivienniksi. Se ei kuitenkaan enää nykyisin ole pätevä ohje korkeita rakennuksia suunnitellessa. Välikatolla tehtävien tuuletusviemärien vaakasiirtojen on myös todettu olevan erittäin suurta kosteusvaurioriskiä aiheuttavia rakenteita luoksepääsemättömyyden takia.

Tuuletusviemäriin suun etäisyys täytyy olla katosta vähintään 0,5 m, savuhormin aukosta ja ulospuhallusilmalaitteesta 1 m, yläpuolella olevasta avattavasta ikkunasta vaakasuunnassa 5 m ja ulkoilmalaitteesta vaakasuunnassa 8 m (Vesi- ja viemäri-laitteistot-opas. 2023).

4.2.3 Hulevesiviemärit

Sadeveden valuman määrä Q litroina sekunnissa lasketaan standardin SFS-EN 12056-3 (2001) mukaan kaavalla (15)

$$Q = r \cdot A \cdot C, \quad (15)$$

jossa r on mitoitussateen voimakkuus litroina sekunnissa neliometriä kohden, A on tarkasteltavan alueen pinta-ala ja C on valumiskerroin taulukosta 7.

TAULUKKO 7. Valumiskertoimet eri päällystemateriaaleilla.

Päällyste	Valumiskerroin C
Katot, asfaltti-, betoni-, ja muut tiiviit päällysteet	1,0
Sorapäällysteet	0,7
Nurmikot ja päällystämättömät pinnat	0,3

Mitoitussateen voimakkuutena käytetään lähes aina Suomessa $0,015 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$, jos on tarpeen käyttää muuta arvoa tarvitaan siihen paikallisten viranomaisten lupa. Hulevesiviemäriin halkaisija määräytyy lasketun mitoitusvirtaaman ja käytetyn kaltevuuden mukaan. (SFS-EN 12056-3, 2001.)

Mitoitussateen voimakkuuden riittävyttä on kuitenkin alettu kyseenalaistamaan ja tutkimaan muuttuneen ilmaston myötä. Sadeveden valuman määrää laskiessa

on siis syytä tutkia paikallista tietoa ja varmistua mitoitussateen voimakkuuden riittävydestä.

4.2.4 Puhdistusaukot

Jätevesijärjestelmän tulee olla kauttaaltaan puhdistettavissa eli järjestelmään on sijoitettava riittävä määrä puhdistusaukkoja taulukon 8 mukaan.

TAULUKKO 8. Viemäriin puhdistusaukot (D1, 2007).

Viemäriin sijainti	Viemäri	Puhdistusaukko	Max välimatka	HUOM!
Rakennus	Kytkentä	Vesilukko		Vesilukossa puhdistusmahdollisuus
	Pystykokooja	Puhdistusyhde		Jokaisen pystyviemäriin alaosassa puhdistusyhde
	Vaakakokooja	Puhdistusyhde	20 m	
Alapohjan alla	Vaakakokooja	Puhdistusyhde tai tarkastusputki	20 m	Puhdistusyhteen ympärillä väh. DN 600 kaivo
Perusmuurin ulkopuolella	Vaakakokooja	Puhdistusyhde tai tarkastusputki	40 m	Tarkastuskaivon koko väh. DN 400

Kun puhdistusyhde asennetaan rakennuksen sisäpuolelle pystyviemäriin, tulee sen olla vähintään 400 mm korkeudella lattiapinnasta. Perusmuurin lävistävään viemäriin tulee asentaa puhdistusaukko heti perusmuurin ulko- tai sisäpuolelle. Tonttiviemäri tulee varustaa aina vähintään yhdellä puhdistusaukolla. (D1, 2007.)

4.3 Viemärijärjestelmien pääteosat

4.3.1 Lattiakaivot

Lattiakaivoja mitoittaessa lasketaan yhteen siihen johdettujen viemäripisteiden normivirtaamien summa. DN 75 lattiakaivoon voidaan johtaa yhteenlaskettuna $\leq 1,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja DN 110 lattiakaivoon $1,8 \text{ dm}^3/\text{s}$. Kuitenkin asuinhuoneiston, hotellin tms. kiinteistön märkätilassa huomioidaan vain suurin lattiakaivoon tuleva normivirtaama. Ravintolan astianpesukone ja talopesulan tai vastaavan tilan pesukone tulee aina johtaa suuria lämpötiloja kestävästä materiaalista (esim. HST tai RST) valmistettuun DN 110 lattiakaivoon. Ravintolassa tulee huomioida myös rasvaerotus. (D1, 2007.)

4.3.2 Väestönsuojan viemärlaitteet

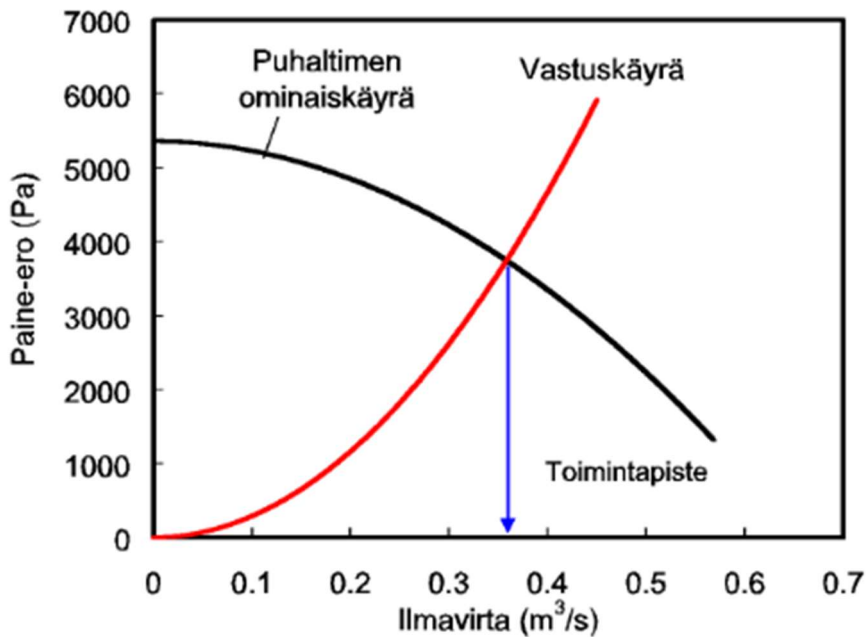
Mikäli väestönsuojan lattian alapuolella ei ole tai sinne ei voi painumien takia muodostua ilmatilaa voidaan viemäriputket sijoittaa maahan lattian alapuolelle tavanomaisesti. Jos ilmatila tai sen riski on olemassa, tulee viemärit asentaa kokonaan lattiavalun sisään. Näin asennettuna lattialaattaa on paksunnettava siten, että yhteenlaskettu betonin vahvuus on vähintään 100 mm, josta vähintään 30 mm on viemäriputken alapuolella. Ympärysseinän lävistävä viemäriosuus on tehtävä pallografiittivalurautaisesta tai muusta lujuudeltaan ja korroosionkestävyydeltään vastaavasta metallisesta viemäriputkesta. Mikäli halutaan käyttää muovista viemäriputkea lävistyksessä, on pystyttävä osoittamaan siihen kohdistuvien voimien siirtäminen ympärysseinään. Ympärysseinän lävistävään viemäriin on välittömästi väestönsuojan sisäpuolelle asennettava viemäriin sulkuventtiilikaivo. (LVI 06-10502, 2012.)

5 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmien keskusosat

5.1.1 Puhaltimet

Kuten pumpuilla on myös erilaisilla puhaltimilla erilaiset ominaiskäyrät, jotka kuvaavat puhaltimen paineentuottoa ilmavirran funktiona. Näistä käyristä luetaan puhaltimen toimintapiste, joka löytyy järjestelmän laitoskäyrän ja puhaltimen ominaiskäyrän leikkauspisteestä (kuva 2). Toimintapiste halutaan aina valita mahdollisimman lähelle puhaltimen parasta hyötysuhdetta. Mikäli puhaltimen ominaiskäyrä on epätasainen, suositellaan valitsemaan toimintapiste riittävän kaukaa epätasaisuuden oikealta puolelta. (Sandberg 2016.)



KUVA 2. Puhaltimen toimintapiste (Kulmala, Heinonen, Riipinen, Säärmänen & Welling 2004).

5.1.2 Suodattimet

Suodattimen valintaan olennaisesti vaikuttavat standardissa SFS-EN 16798-3 (2017) esitetyt ulkoilman ja tuloilman luokitukset. Ulkoilman luokitus (ODA) määräytyy paikallisten mittausten mukaan. Luokkien selitykset on esitetty taulukossa 9.

TAULUKKO 9. Ulkoilman luokitus (SFS-EN 16798-3, 2017).

Luokka	Kuvaus
ODA 1	Ulkoilma, joka voi olla vain väliaikaisesti pölyistä (esim. siitepöly)
ODA 2	Ulkoilma, jossa on korkeita hiukkaspitoisuuksia tai kaasumaisia epäpuhtauksia
ODA 3	Ulkoilma, jossa on hyvin korkeita hiukkas- tai kaasupitoisuuksia

Useimmissa tapauksissa ulkoilma on Suomessa luokkaa ODA 1, mutta esimerkiksi vilkkaiden teiden läheisyydessä ulkoilma voi saavuttaa jopa luokan ODA 3. Järjestelmää suunnitellessa tulee aina käyttää rakennuksen sijainnin mukaista luokitusta. Esimerkiksi Ilmatieteenlaitos tuottaa Suomessa paikallisia mittauksia ulkoilman laadusta. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023.)

Tuloilmaluokkaan taas vaikuttaa rakennuksen käyttötarkoituksen asettamat tavoitteet. Tuloilmaluokka (SUP) määräytyy taulukon 10 mukaan seuraavasti.

TAULUKKO 10. Tuloilman luokitus (SFS-EN 16798-3, 2017).

Luokka	Kuvaus
SUP 1	Tuloilma, jossa on hyvin vähäinen hiukkaspitoisuus tai hyvin vähän kaasumaisia epäpuhtauksia
SUP 2	Tuloilma, jossa on pieni hiukkaspitoisuus tai vähän kaasumaisia epäpuhtauksia
SUP 3	Tuloilma, jossa on keskisuuria hiukkaspitoisuuksia tai keskisuuria kaasumaisia epäpuhtauksia
SUP 4	Tuloilma, jossa on korkeita hiukkaspitoisuuksia tai paljon kaasumaisia epäpuhtauksia
SUP 5	Tuloilma, jossa on hyvin korkeita hiukkaspitoisuuksia tai erittäin paljon kaasumaisia epäpuhtauksia

Yleisimmin Suomessa tuloilmaluokkana käytetään luokkaa SUP 2, jos muuta ei ole määritetty. Luokkaa SUP 1 käytetään taas usein herkemmissä kohteissa. Tuloilmaluokkien suuntaa antavasta soveltuvuudesta erilaisiin kohteisiin on kerätty esimerkkejä Talotekniikkainfon sisäilmasto ja ilmanvaihto-oppaassa (taulukko 11). (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023.)

TAULUKKO 11. Esimerkkejä erilaisiin tiloihin soveltuvista tuloilmaluokista (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023).

Luokka	Esimerkkitalat
SUP 1	Päiväkodit, koulut, palvelutalot, sairaalat
SUP 2	Jatkuvan oleskelun tilat kuten toimistot, asuinrakennukset, hotellit, teatterit, näyttelyhallit, neuvottelutilat, konserttitalit
SUP 3	Tilapäisen oleskelun tilat kuten varastorakennukset, liikekeskukset, pesuhuoneet, palvelintilat
SUP 4	Lyhytaikaisen oleskelun tilat kuten WC-tilat, varastohuoneet, porrashuoneet
SUP 5	Tilat, joissa ei oleskella kuten jätehuoneet, datakeskukset, maanalaiset pysäköintitalat

Kun ulkoilma- ja tuloilmaluokat ovat selvillä voidaan seurata esimerkiksi Euroventin suosituksia vähimmäissuodatusluokista. Tarvittava suodatustehokkuus voidaan kuitenkin saavuttaa hyvin monella eri yhdistelmällä, joten niistä on kerätty vain yleisimmät taulukkoon 12.

TAULUKKO 12. Esimerkkejä eri vaatimukset täyttävistä suodatinluokista (Eurovent 2020).

Ulkoilma- luokka	Tuloilmaluokka				
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA 1	ePM ₁ 70% tai ePM ₁₀ 50% + ePM ₁ 50%	ePM ₁ 50%	ePM _{2,5} 50%	ePM ₁₀ 50%	ePM ₁₀ 50%
ODA 2	ePM ₁ 80% tai ePM _{2,5} 50% + ePM ₁ 60%	ePM ₁ 70% tai ePM ₁₀ 50% + ePM ₁ 60%	ePM ₁ 50% tai ePM _{2,5} 70%	ePM _{2,5} 50% tai ePM ₁₀ 80%	ePM ₁₀ 50%
ODA 3	ePM ₁ 90% tai ePM _{2,5} 50% + ePM ₁ 80%	ePM ₁ 80% tai ePM _{2,5} 50% + ePM ₁ 60%	ePM _{2,5} 80% tai ePM ₁₀ 50% + ePM ₁ 60%	ePM ₁ 50% tai ePM ₁₀ 90%	ePM _{2,5} 50% tai ePM ₁₀ 80%

Jos kohteen suunniteltu tuloilman laatuluokka on korkeampi kuin ulkoilmaluokka (esim. ODA 3 ja SUP 1) tulee käyttää myös kaasusuodatusta hiukkassuodatuksen lisäksi. Kohteissa, joissa suunnitellut laatuluokat ovat yhtä suuria suositellaan myös kaasusuodatusta, mutta se ei kuitenkaan ole välttämätöntä. (SFS-EN 16798-3, 2017.)

5.1.3 Lämmöntalteenottolaitteet

Ilmanvaihtojärjestelmiä suunniteltaessa tulee huomioida erityyppisten lämmöntalteenottolaitteiden soveltuvuus eri poistoilmaluokille. LTO-laitteet tulee siis valita

siten, että epäpuhtauksien leviäminen saadaan minimoitua tai estettyä tarvittaessa. Taulukossa 13 esitetään eri poistoilmaluokkia koskevia suosituksia ja vaatimuksia LTO-laitteiden suhteen.

TAULUKKO 13. LTO-laitteita koskevat suositukset ja vaatimukset eri poistoilmaluokilla (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023).

Poistoilma-luokka	Ohje
1	Laitteen tyyppille tai painesuhteille ei ole rajoituksia tai vaatimuksia. Vuoto puolelta toiselle tulee kuitenkin huomioida arvioissa, jotta varmistutaan tarvittavien ulkoilmavirtojen toteutumisesta.
2	Tuloilmapuolella tulee pääosin olla ylipaine poistoilmapuoleen nähden.
3	Tuloilmapuolen on oltava kauttaaltaan ylipaineinen poistoilmapuoleen nähden ja suunnittelijan on varmistuttava siitä kaikissa järjestelmän käyttötilanteissa. Jos hajujen tai epäpuhtauksien siirtyminen puolelta toiselle on mahdollista, saa poistoilma sisältää enintään 5 % luokan 3 poistoilmaa.
4	Suositteluaan käytettävän epäsuoraa LTO-tyyppiä, jossa ilmavirtojen sekoittuminen ei ole mahdollista.

Mikäli on kyseessä vain yhtä tilaa palveleva ilmanvaihtokone, voidaan LTO-laitteen tyyppi valita vapaasti poistoilmaluokasta riippumatta. Näin toimittaessa tulee kuitenkin varmistua sisäilman puhtaudelle asetettujen vaatimusten täyttymisestä eli tuloilman on pysyttävä riittävän puhtaana. Jos on kyseessä erikoistapaus, jossa esimerkiksi terveyskeskus sijaitsee liike- tai toimistorakennuksessa, tulee arvioida poistoilmaluokan lisäksi esimerkiksi bakteerien ja virusten leviämisen riskejä. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023.)

5.2 Ilmanvaihtojärjestelmien siirto-osat

5.2.1 Kanavat

Kanavistoa mitoittaessa tulee huomioida se, että kanaviston painehäviöillä on merkittävä vaikutus puhaltimen energiatehokkuuteen sekä järjestelmän melun tuottoon. Kanavisto tulisikin mitoittaa sopivan väljäksi eli tulisi käyttää matalia ilmavirran nopeuksia. Runkokanavissa tulisi ilmavirran nopeuden olla enintään 4 m/s ja haarakanavissa 2–3 m/s. Tällöin lopputuloksena on helposti säädettävä, energiatehokas ja meluton järjestelmä. Kanaviston painehäviön tulisi olla noin 150–250 Pa puhallinta kohden. Asuntokohtaisissa ja pienissä ilmanvaihtojärjestelmissä painehäviön tulisi olla alle 100 Pa. Tämä johtuu siitä, että pienempien puhaltimien hyötysuhteetkin ovat matalampia. (Sandberg 2016.)

5.2.2 Puhdistus- ja huoltoluukut

Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistettavuuden ja huollettavuuden varmistaminen ovat erittäin tärkeitä osa-alueita järjestelmää suunniteltaessa. IV-konehuoneessa kanavat suositellaan suunnittelemaan siten, että kulkuväylien vapaa vähimmäiskorkeus on pääsääntöisesti 2100 mm. IV-konehuonetta suunnitellessa tulee myös kiinnittää erityistä huomiota ilmanvaihtokoneiden vaatimiin huoltotiloihin. IV-koneiden vaatimat huoltotilat on aina varmistettava valmistajalta. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023.)

Ilmanvaihtokanavisto tulee suunnitella siten, että se on kauttaaltaan puhdistettavissa. Vaakasuorissa kanavistoissa suositeltu puhdistusluukkujen etäisyys on noin 10 m. Etäisyys voi olla pidempikin, mikäli kanavisto on suoraan puhdistettavissa luukkujen väliltä. Myös haarakohtiin on sijoitettava puhdistusluukkuja, mikäli puhdistaminen ei ole muuten mahdollista esimerkiksi päätelaitteiden kautta. Jos kyseessä on paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta vaativa kohde, suositellaan puhdistusluukkujen etäisyydeksi noin 3–5 m. Jos kanavistossa on laite, jonka läpi ei voida puhdistaa eikä se ole irrotettavissa puhdistusta varten, tulee luukut sijoittaa laitteen molemmin puolin. Puhdistusluukun jäädessä alakaton taakse piiloon, tulee alakattoon asentaa vähintään 500 x 500 mm helposti avattava selkeästi merkattu huoltoluukku. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023.)

5.3 Ilmanvaihtojärjestelmien pääteosat

5.3.1 Päätelaitteet

Päätelaitteiden sijoittelussa tulee huomioida ilmanvaihdon huuhtelevuus. Tuloilman tulisi aina virrata oleskeluvyöhykkeille ja sitä kautta kulkea kohti sisäilman laadullisesti likaisempien tilojen kuten WC:n tai kylpyhuoneen poistoilmaventtiilejä. Näin ”likaisempien” tilojen epäpuhtauksia ja hajuhaittoja ei pääse oleskeluvyöhykkeelle ja näin sisäilman laatu ja viihtyvyys pysyvät hyvinä. Asuinhuoneistoissa vähintään keittiöihin, kylpyhuoneisiin, WC-tiloihin, kodinhoitohuoneisiin ja vaatehuoneisiin tulee sijoittaa poistoilman päätelaitteet. Muiden tilojen poistoilma voidaan johtaa edellä mainittuihin tiloihin tarkoitukseen sopivia reittejä ja/tai laitteita käyttäen. Hotelli- ja majoituskohteissa, joiden huoneistoissa on keittomahdollisuus, tulee myös huoneen puolelle suunnitella yleispoisto. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023.)

Päätelaitteet tulee mitoittaa ja sijoittaa siten, ettei oleskeluvyöhykkeelle aiheudu vedon tunnetta. Esimerkiksi asuinrakennuksen oleskelutiloissa tämä tarkoittaa sitä, ettei ilman nopeus oleskeluvyöhykkeellä saa ylittää arvoa 0,2 m/s kolmen minuutin tarkastelujakson aikana. Vastaavasti +30 % tehostuksen aikana ilman nopeus ei saa olla yli 0,25 m/s tarkastelujakson aikana. (Opas asuinrakennuksen ilmanvaihdon mitoitukseen 2019.)

5.3.2 Ulko- ja ulospuhallusilmalaitteet

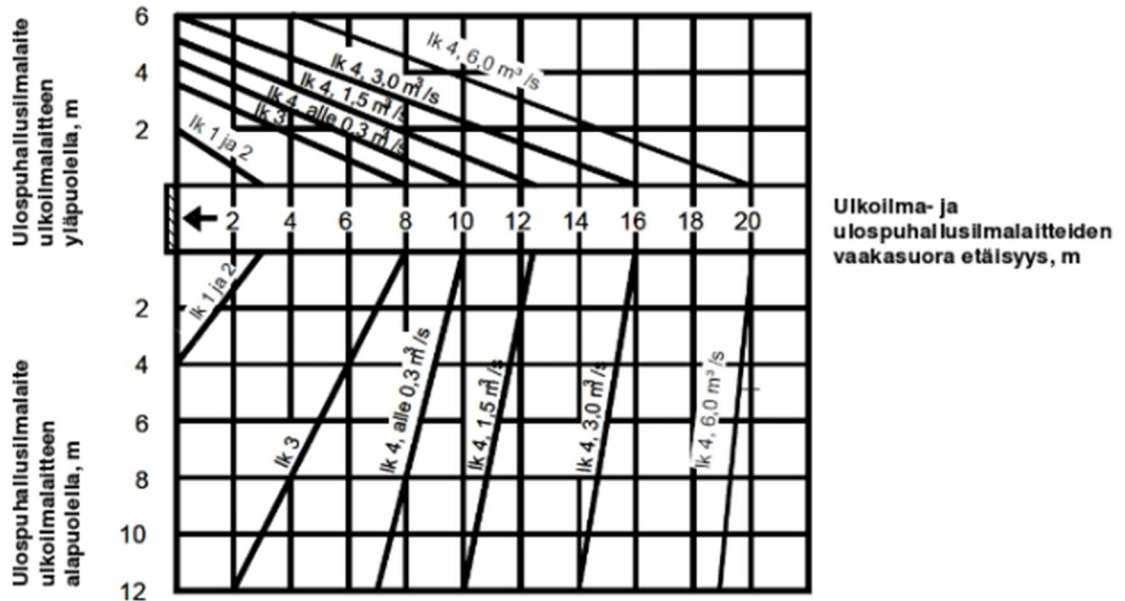
Suodatustarpeen pienentämiseksi ja riittävän sisäilmanlaadun takaamiseksi tulee ulko- ja ulospuhallusilmalaitteet sijoittaa oikein. Sijoittamisen tueksi on Talotekniikkainfossa esitetty erilaisia etäisyyksiä, joiden on todettu riittävän yleisimmissä tilanteissa. Taulukossa 14 on esitetty ulkoilmalaitteen vähimmäisetäisyyksiä ilman laatua heikentävistä tekijöistä.

TAULUKKO 14. Ulkoilmalaitteen etäisyys lyhintä reittiä ilman laatua heikentävistä tekijöistä (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023).

Ilman laatua heikentävä tekijä	Ulkoilmalaitteen vähimmäisetäisyys metreinä
Jätteiden säilytyspaikka, polttomootorikäyttöisten ajoneuvojen pysäköinti- ja lastauspaikka sekä ajoaluiska, tuuletusviemärin ja savupiipun aukko, jäähdytystorni, tupakointipaikka, katu tai tie, kadun tai tien risteys, alle 10 000 autoa vuorokaudessa	8
Poikkeuksena tuuletusviemärin aukko, joka sijaitsee vähintään 3 metriä ulkoilma-aukkoa korkeammalla	5
Vilkasliikenteinen katu tai tie, kadun tai tien risteys	Ilmanotto ja käsittely suunnitellaan erikseen
Viereisen huoneiston parveke	3
Maanpinta tai pihataso	2
Kattopinta, joka sijaitsee ulkoilma-aukon alapuolella	0,9

Viereisen huoneiston parvekkeen vaikutusta ilman laatua heikentävästi tulkitaan vaihtelevasti, joten ulkoilmalaitte voi olla mahdollista sijoittaa lähemmäs naapuri-parvekettä perusteluja vastaan (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023).

Ulkoilmalaitteen ja ulospuhalluslaitteen etäisyys toisistaan riippuu poistoilman luokasta ja ulospuhallettavan ilmavirran suuruudesta. Riittävien etäisyyksien arvioimisen avuksi on luotu diagrammi, joka esitetään kuvassa 3.



KUVA 3. Ulkoilmalaitteen etäisyys ulospuhalluslaitteesta (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023).

On myös tärkeää huomioida, ettei ulospuhallusilmaa puhalleta esimerkiksi liian lähelle avattavia ikkunoita. Muutoin ulospuhallusilman epäpuhtaudet voivat päätyä suoraan takaisin rakennuksen sisään ja heikentää sisäilman laatua huomattavasti. Ulospuhallusilma voi myös aiheuttaa hajuhaittaa, joka täytyy huomioida ulospuhalluslaitteen sijoittamisessa. Talotekniikkainfo on kerännyt näistäkin riittäväksi todettuja etäisyyksiä, jotka esitetään taulukossa 15.

TAULUKKO 15. Ulospuhallusilmalaitteiden etäisyyksiä eri poistoilmaluokkien ulospuhallusilmalle (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023).

Mahdollisen haitan kohde	Poistoilmaluokka		
	1 ja 2	3	4
Alapuolella oleva avattava ikkuna	2 m	4 m	6 m
Samalla tasolla tai yläpuolella oleva avattava ikkuna tai oleskelutaso	3 m	6 m	10 m
Maanpinta tai pihataso	2 m	3 m	5 m
Naapuritontti	2 m	5 m	8 m
Tuuletusviemärin tai savupiipun aukko tai painovoimaisen ilmanvaihdon ulospuhallusaukko	1 m	1 m	1 m

Esimerkiksi huoneistokohtaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä voidaan käyttää tietyn edellytyksin seinäpuhallusjärjestelmää, joka yksinkertaistaa huomattavasti kanavointia varsinkin kerrostalokohteissa. Tavanomaiselle asuinhuoneistosta peräisin olevalle poistoilmalle on esitetty taulukossa 16 edellytykset, mikäli se halutaan johtaa ulos seinäpuhalluksella.

TAULUKKO 16. Edellytykset asuinhuoneistosta peräisin olevan poistoilmaluokan 3 ilman johtamiseksi ulos seinäpuhalluslaitteella (Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas 2023).

Vaatus	Vaatumuksen täytyminen
Seinäpuhalluslaitteen etäisyys toisten huoneistojen ulkoilmalaitteista, parvekkeista ja erikseen määritellyistä avattavista ikkunoista	Vähintään 3 m
Seinäpuhalluslaitteen vapaan ulospuhallusaukon keskimääräinen virtausnopeus käyttöajan tehostamattomalla ilmavirralla	Vähintään 5 m/s
Seinäpuhalluslaitteen etäisyys viereisistä seinistä	Vähintään 3 m
Seinäpuhalluslaitteen etäisyys naapuritontista	Vähintään 4 m
Seinäpuhalluslaitteen etäisyys vastapäisestä seinästä tai rakennuksesta	Vähintään 15 m
Seinäpuhalluslaitteen sijoitus	Ei sijoiteta umpinaisten sisäpihojen puoleisille julkisivuille
Seinäpuhalluslaitteen sijoitus	Ei sijoiteta julkisivussa oleviin syvennyksiin tai nurkkauksiin
Seinäpuhalluslaitteen toimivuus	Varmistettu suunnitellussa käyttötarkoituksessa

Jälleen seinäpuhalluslaitteen vaikutusta naapurin parvekkeeseen tai erikseen määritellyyn avattavaan ikkunaan voidaan tulkita monin tavoin. Etäisyyttä on siis mahdollista lyhentää perusteluja vastaan. Seinäpuhalluslaite tulisi aina sijoittaa

niin, että ulospuhallusilma voi levitä mahdollisimman vapaasti. Jos rakennuksen automatiikka tunnistaa tehostustarpeen esimerkiksi liesikuvun toiminnasta, märkätilojen käytöstä ja kosteuden poistosta, niin voidaan keskimääräisen virtausnopeuden arvon sijaan käyttää tehostettua ilmavirtaa. (Sisäilmasto ja ilmanvaihtopas 2023.)

6 POHDINTA

Tässä työssä kerättiin toimeksiantajayrityksen kannalta tärkeimpiä ja yleisimmin LVI-suunnittelijan työssä tarvittavia asetuksia ja ohjeita niiden vaatimusten täyttämiseksi. Tämä kokoelma tulee toimimaan teoriapohjana yritykselle erikseen toimitettavaa mallikirjastoa luodessa. Näitä tuotoksia tullaan yhdessä käyttämään yrityksen LVI-suunnittelun yhdenmukaistamiseksi ja perehdytystoiminnan tehostamiseksi.

Tavoitteina oli rajata työn laajuus yrityksen tarpeiden mukaisesti, ohjeiden ajankohtaisuuden säilyttäminen sekä niiden kirjoittaminen mahdollisimman ymmärrettävään muotoon. Laajuuden rajaaminen onnistui hyvin, sillä tiedettiin ennalta, millaisia kohteita yrityksessä yleisimmin suunnitellaan. Kuitenkin on selvää, että asetusten vaatimusten täyttämiseksi luotuja ohjeita on niin paljon, ettei kaikkia ole mahdollista kirjata näin tiiviiseen työhön. Ajankohtaisuuden säilyttäminen osoittautui osin hankalaksi, koska esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskoelman uudistuttua vuonna 2018 jäi kokoelmasta pois juuri ohjeet asetuksissa esitettyjen vaatimusten täyttämiseksi. Joissain raportin kohdissa onkin viitattu vanhan jo kumotun kokoelman kohtiin, koska ne toimivat edelleen hyvinä ohjeina, vaikka eivät määrääviä asetuksia olekaan. Jotta tämä työ säilyisi ajankohtaisena tulisi sitä päivittää aina mahdollisten muutosten astuttua voimaan. Asetusten ohjeiden saattaminen mahdollisimman helposti ymmärrettävään muotoon oli työlästä, mutta onnistui kuitenkin kohtalaisen hyvin. Jotkin asetukset ovat niin vaativia ohjeistaa, että asiasta tietämätön voi joutua tutustumaan aiheeseen tämän raportin ulkopuolella.

Yrityksen ja oman kehityksen eduksi tällaisen työn tekeminen toimi erinomaisena perehdytyksenä alaan liittyvien asetusten suhteen. Työstä sai todella hyvän valmiuden toteuttaa suunniteltu mallikirjasto ja tämä raportti tulee toimimaan kattavana teoriapohjana sille. Myös tulevien uusien työntekijöiden perehdyttäminen LVI-suunnittelutyöhön tulee varmasti helpottumaan jo tämän työn avulla sekä erityisesti erikseen toteutettavan mallikirjaston avulla. Suunnitelmien yhdenmukaistamisen tuloksia päästään tarkastelemaan vasta työn seuraavan vaiheen eli mallikirjaston valmistuttua.

Jotta yritys saisi työstä mahdollisimman suuren hyödyn, tulisi tämän raportin sisällölle tehdä päivityksiä mahdollisten muutosten astuessa voimaan. Myös mahdollisia tulevaisuudessa esiin nousevia puutteita tulisi lisätä raporttiin. Mallikirjaston päivittämistä ja kehittämistä tulisi jatkaa samoin. Mahdollisten lisäysten ja kehitysehdotusten esiin saamiseksi olisi hyvä toteuttaa kysely tätä raporttia ja mallikirjastoa koskien. Näin voitaisiin myös tutkia toivottuja vaikutuksia työtehoon.

LÄHTEET

Asiaa pumppukäyristä. 2019. Grundfos. Viitattu 15.1.2024. <https://www.grundfos.com/fi/learn/ecademy/all-courses/basic-principles-and-pump-types/about-pump-curves>

D1. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Eurovent. 2020. Ilmansuodattimien EN ISO 16890 -luokituksen mukaisen suodatinluokan valinta yleisilmanvaihdon sovelluksiin. 3. painos. Bryssel: Eurovent.

Kulmala, I., Heinonen, K., Riipinen, H., Säämänen, A. & Welling, I. 2004. Tietoverkko pölyntorjunnan avuksi. Työsuojelurahasto. Viitattu 5.2.2024. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/index.htm>

LVI 06-10502. 2012. S1-Luokan teräsbetoniväestönsuojan LVIS-laitteet. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

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

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

LVI 13-10261. 1996. Vesikiertoinen lattialämmitys. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

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

Lättilä, M. Tekninen päällikkö. 2024. IMI Hydronic Engineering. Sähköpostiviesti 17.1.2024.

Opas asuinrakennuksen ilmanvaihdon mitoitukseen. 2019. Helsinki: Finvac Ry.

RT 103351. 2021. Erottimet. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

RT103405. Pumppaamot. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

RT 103452. 2022. Nestekiertoiset lämmitys- ja jäähdytysverkostot. Virtauksien säätö. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Vaatii käyttöoikeudet)

Sandberg, E. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. 2. painos. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

SFS-EN 12056-3. Rakennusten painovoimaiset vesiviemärijärjestelmät. Osa 3: Sadevesijärjestelmät. Suunnittelu ja laskenta. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 25.1.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 16798-3. 2017. Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusten ilmanvaihto. Osa 3: Muiden kuin asuinrakennusten ilmanvaihto- ja huoneilmastointijärjestelmien tehokkuusvaatimukset. Moduulit M5-1, M5-4. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 5.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1825–2. 2005. Rasvanerottimet. Osa 2: Nimelliskoon valinta, asennus, toiminta ja kunnossapito. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 25.1.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 858-2. 2003. Kevyiden nesteiden (esim. öljy ja bensiini) erotinjärjestelmät. Osa 2: Nimelliskoon valinta, asennus, toiminta ja kunnossapito. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 25.1.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas. 2023. Talotekniikkainfo. Viitattu 5.2.2024. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>

Vesi- ja viemärlaitteistot-opas. 2023. Talotekniikkainfo. Viitattu 23.4.2024. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas>

Vesikiertoisen lattialämmityksen ja -viilennyksen suunnitteluopas. 2023. 2. painos. Roth Finland Oy.

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