



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Juho Jormakka

# Tuotekehitystilojen LVIA-suunnitteluohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

27.11.2019

Tekijä Otsikko	Juho Jormakka Tuotekehitystilojen LVIA-suunnitteluohje
Sivumäärä Aika	76 sivua + 10 liitettä 27.11.2019
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Jukka Yrjölä, Metropolia ammattikorkeakoulu Suunnittelupäällikkö Ismo Metsälä, Sitowise Oy
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa suunnitteluohje tuotekehitysyhtiön uudistoimitilojen LVIA-järjestelmien suunnittelusta.</p> <p>Suunnitteluprosessilla pyritään takaamaan tuotekehitysyhtiölle laadukkaat, rakentamismääräykset ja käyttäjän toiveet täyttävät LVIA-suunnitelmat, joilla varmistetaan heidän uudistoimitiloihin miellyttävät, hygieeniset ja terveelliset sisäilmasto-olosuhteet joka käyttötilanteessa asennus-, käyttö- ja huoltotöitä sekä energiataloudellisuutta ja kustannusvaikutuksia unohtamatta.</p> <p>Työssä käydään läpi toimitilojen LVIA-suunnitteluratkaisut kokonaisvaltaisesti maanrakennustöistä vesikattotöihin asti sekä käydään läpi suunnittelutyön aikana ilmenneet haasteet sekä työtä koskevat rakentamismääräykset ja viranomaistulkinnat.</p> <p>Haasteita toimivan tekniikan suunnitteluun verrattuna normaaliin toimitilasuunnitteluun luovat esimerkiksi prosessi- ja valmistustilojen tiukat hygieniavaatimukset, tekniikan puhdistettavuus, räjähdysvaaralliseksi luokiteltu tila, ulkopuolisen konsultin listaamat KVR-urakka-vaateet LVIA-laitteistoille, kaivojen ja altaiden kestävyys lähettämö- ja vastaanottotiloissa trukkiliiikenteen vuoksi, Sisäilmastoluokituksen korkeimman luokan vaatimukset ja tontin maaperä, missä kallion pinta on lähellä maanpintaa.</p> <p>Kaikkiin työn suunnitteluratkaisuihin ei ole olemassa valmista toteutustapaa tai niitä koskevaa määräystä, mistä syystä niiden eri variaatioita ja vaihtoehtoisia toteutustapoja käydään työssä läpi, että saadaan mahdollisimman laaja ja selkeä mielikuva, kuinka eri suunnitteluratkaisuihin on päädytty ja mistä syystä.</p>	
Avainsanat	LVIA-suunnittelu, tuotekehitys, elintarvikeala, toimitilat

Author Title	Juho Jormakka Planning guide of HVAC and Building Automation Systems for Product Development Company
Number of Pages Date	76 pages + 10 appendices 27 November 2019
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Building Services engineering
Professional Major	HVAC Engineering
Instructors	Principal Lecturer Jukka Yrjölä, Metropolia University of Applied Sciences Planning Manager Ismo Metsälä, Sitowise Oy
<p>This thesis aimed at creating a planning guide for planning the HVAC and building automation systems for the new business premises of a product development company. The planning process aimed to guarantee high quality HVAC building automation system plans that meet the requirements of the National Building Code of Finland and fulfills the user's wishes, ensuring comfortable, hygienic and healthy indoor climate conditions in the new operating premises, not forgetting installation, use, maintenance, energy efficiency and cost effects.</p> <p>The thesis discussed the HVAC solutions of the premises from excavation works to the roofing and reviewed the challenges that were met during the planning and construction phases. Furthermore, construction specifications and their interpretation by the authorities.</p> <p>There were several challenges in the project compared to the design of standard premises, such as the strict hygiene requirements in some facilities, a space with risk for explosion, the requirements set for the HVAC equipment and the requirement for the highest indoor climate class.</p> <p>The thesis introduced the variations and alternatives for the design solutions since there were no standard solutions or regulations for several of them. Thus, the thesis gives a wide and clear picture of how various design solutions and reasons for selecting some.</p>	
Keywords	HVAC and building automation system planning, product development, food industry, business premises

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohde	3
3	LVIA-suunnittelu	4
3.1	Rakennushankkeen eri vaiheet LVI-suunnittelussa	4
3.2	Suunnittelua ohjaavat asiat	6
3.3	Käytettävät ohjelmistot	8
3.4	Mitoituskriteerit	8
3.5	Laitevalinnat	10
3.6	Arkkitehtisuunnittelu	10
3.7	Rakennesuunnittelu	12
3.8	Sähkösuunnittelu	13
4	Rakennuksen ulkopuoliset työt	15
4.1	Suunnittelun lähtökohdat	15
4.2	Hulevedet	16
4.3	Salaojat	18
4.4	Kaivot ja tarkastusputket	19
4.5	Kaukolämpö	20
5	Lämmitys	22
5.1	Suunnittelun lähtökohdat	22
5.2	Laitteet	22
5.3	Lämpöhäviöt	24
6	Jäähdytys	29
6.1	Suunnittelun lähtökohdat	29
6.2	Laitteet	34
6.3	Laitevalinnoista	35

7	Vesijohdot ja viemärit	36
7.1	Suunnittelun lähtökohdat	36
7.2	Vesikalusteet	36
7.3	Lämpimän käyttöveden esilämmitys	42
7.4	Vesisäiliöiden täyttö märkäprosessitilassa	42
7.5	Vesijohdot	43
7.6	Viemärit	44
8	Ilmanvaihto	49
8.1	Suunnittelun lähtökohdat	49
8.2	Laitteet	51
8.3	Prosessi- ja valmistustilat ensimmäinen kerros	51
8.3.1	Tulo- ja poistoilmakoneet TK01TF01, TK01PF01 ja TK01PF02	51
8.3.2	Päätelaitteet	52
8.3.3	Keittiöhuuvat	52
8.4	Toimistotilat toinen kerros TK02	54
8.5	Sosiaalitalat ensimmäinen kerros TK03	54
8.6	Erillispoistoilmanvaihto PF01-PF08	55
8.7	Ylilämmön poisto	58
9	Paineilma	60
9.1	Suunnittelun lähtökohdat	60
9.2	Mitoitus	61
9.3	Laitteet	62
10	Väestönsuoja	66
11	ATEX-luokiteltu erotusprosessitila	68
12	Eristykset	69
13	Rakennusautomaatio	70
14	Tietomalli	72
15	Yhteenveto	76
	Lähteet	77

## Liitteet

Liite 1. Teräsputkien mitoitusnomogrammi

Liite 2. Kupariputkien mitoitusnomogrammi

Liite 3. Muoviputkien mitoitusnomogrammi

Liite 4. Pyöreiden kierresauma IV-kanavien mitoitusnomogrammi

Liite 5. Suorakaidekanavaa vastaava pyöreä halkaisija -taulukko

Liite 6. Sadevesiviemärin mitoitusdiagrammi muoviviemärille

Liite 7. Jätevesiviemärin mitoitusdiagrammi tuuletetulle muoviviemärille

Liite 8. Rst-jätevesiviemärin mitoitustaulukko

Liite 9. Lattialämmityksen lämmönluovutustehotaulukot

Liite 10. Mollier-diagrammi.

## Lyhenteet

ARK	Arkkitehti.
GEO	Geotekninen suunnittelija.
Hst	Haponkestävä teräs, AISI 316.
IMS	Ilmavirtasäätö.
KVR	Kokonaisvastuurakentaminen.
LTO	Lämmöntalteenotto.
MRU	Maanrakennusurakoitsija.
RAK	Rakennesuunnittelija.
RakMk	Suomen rakentamismääräyskokoelma.
RAU	Rakennusautomaatio.
Rst	Ruostumaton teräs, AISI 304.
RU	Rakennusurakoitsija.
SFP	Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho.
SIL	Sisäilmastoluokitus.
SÄH	Sähkösuunnittelija.
VAK	Valvonta-alakeskus.
VSS	Väestönsuoja.

## 1 Johdanto

Elintarvikealan kehitysyhtiö Foodwest Oy saa Seinäjoelle uudet toimitilat, joihin Sitowise Oy tekee LVIA-suunnittelun KVR-urakoitsijalle. Rakennustyön tilaajana toimii Seinäjoen Yrityskiinteistöt Oy. Kaksikerroksisten toimitilojen on määrä olla valmiit vuoden 2019 lopulla. Toimitilojen LVIA-suunnitteluprosessilla pyritään luomaan rakennukselle rakentamismääräykset ja käyttäjän toiveet täyttävät LVIA-järjestelmät, joilla taataan kehitysyhtiön uudistoimitiloihin miellyttävät, hygieniset ja terveelliset sisäilmasto-olosuhteet joka käyttötilanteessa asennus-, käyttö- ja huoltotöitä sekä energiataloudellisuutta ja kustannusvaikutuksia unohtamatta.

Tiloihin tulee useita LVIA-järjestelmiä, kuten ilma-, patteri-, ja lattialämmitys, käyttövesi esilämmityksellä sekä erillinen lämminvesisäiliöiden täyttö säädinpaneelin avulla, hulevesien viivytys, tarpeenmukainen lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihto sekä erillispoistoja, yllämmönpoisto, toimisto-, kylmä- ja pakkastilojen jäähdytys, paineilmajärjestelmä sekä etäkäytettävä rakennusautomaatiojärjestelmä.

Haasteita toimivan tekniikan suunnitteluun verrattuna normaaliin toimitilasuunnitteluun luovat esimerkiksi prosessi- ja valmistustilojen tiukat hygieniavaatimukset, tekniikan puhdistettavuus, räjähdysvaaralliseksi luokiteltu tila, ulkopuolisen konsultin listaamat KVR-urakkavaatimet LVIA-laitteistoille, kaivojen ja altaiden kestävyys lähettämö- ja vastaanottiloissa trukki liikenteen vuoksi, Sisäilmastoluokitus 2018:n luokka S1 vaatimukset ja tontin maaperä, missä kallion pinta on lähellä maanpintaa.

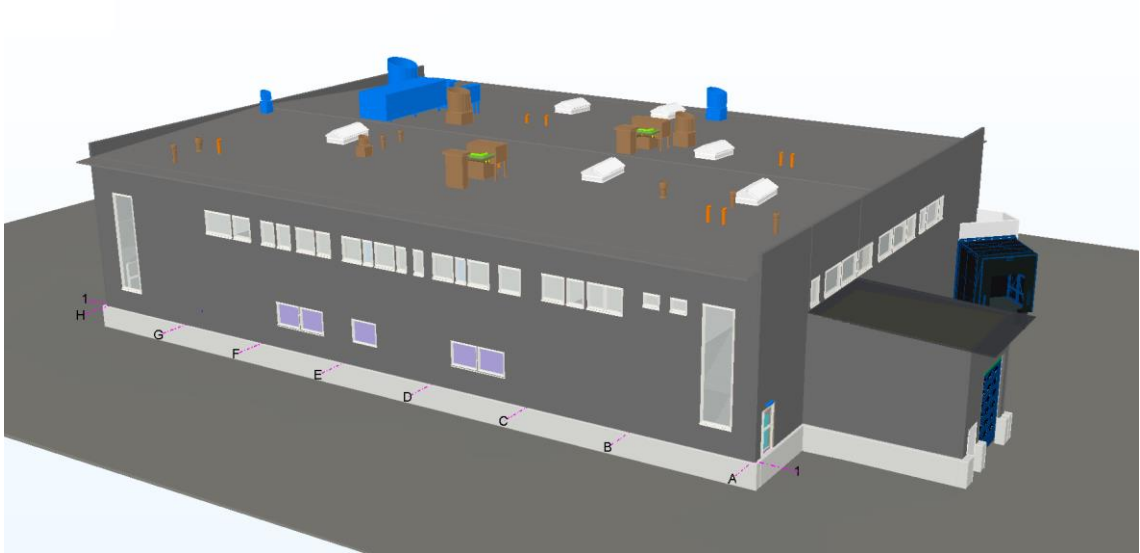
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa suunnitteluohje tuotekehitysyhtiön uudistoimitilojen LVIA-järjestelmien suunnittelusta uusille suunnittelijoille, jotka siirtyvät toimitilasuunnittelukohteisiin esimerkiksi asuin kohteiden puolelta. Asuin kohteiden tekijöillä ei välttämättä ole niin laajaa käsitystä toimitilasuunnittelun vaatimista LVIA-järjestelmistä ja niiden suunnitteluperusteista, eikä aiempaa kokemusta omaavilla aina aikaa tai resursseja alkaa selostamaan kaikkea perusteellisesti läpi. Tästä syystä tälle työlle on yrityksessä tarvetta.



Työssä käydään läpi toimitilojen LVIA-suunnitteluratkaisut kokonaisvaltaisesti maanrakennustöistä vesikattotöihin asti sekä käydään läpi suunnitteluvaiheen aikana ilmenneet haasteet sekä työtä koskevat rakentamismääräykset ja viranomaistulkinnat. Työ rajataan suunnitteluvaiheeseen. Kaikkiin työn suunnitteluratkaisuihin ei ole olemassa valmista toteutustapaa tai niitä koskevaa määräystä, mistä syystä niiden eri variaatioita ja vaihtoehtoisia toteutustapoja käydään työssä läpi, että saadaan mahdollisimman laaja ja selkeä mielikuva, kuinka eri suunnitteluratkaisuihin on päädytty ja mistä syystä. Mitä aikaisemmassa vaiheessa erikoisosaamista vaativat asiat huomioidaan ja niihin puututaan, sitä loogisemmaksi suunnittelu- ja asennustyö tulee, tehokkuus ja laitteistojen toimivuus paranee ja vältetään turhat riskit, jotka voivat aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kustannuksia.

## 2 Kohde

Pinta-alaltaan Foodwest Oy:n uudet toimitilat (kuva 1) ovat 1762 m<sup>2</sup>, joista toimistotilaa on 600 m<sup>2</sup>. Rakennuspaikan pinta-ala on 5923 m<sup>2</sup>.



Kuva 1. Foodwest Oy:n toimitilat IFC-yhdistelmämallissa.

Rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen tulevat keittiö-, prosessi-, valmistus-, vastaanotto-, lähettämö- ja taukotilat. Toiseen kerrokseen tulevat toimisto-, sosiaali- ja tekniikkatilat.

### 3 LVIA-suunnittelu

#### 3.1 Rakennushankkeen eri vaiheet LVI-suunnittelussa

Rakennushankkeen tehtäväkokonaisuudet jaetaan taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18:n mukaisesti eri vaiheisiin (kuva 2), jotka määrittelevät taloteknisten suunnittelutehtävien sisällön ja niiden laajuuden.

<b>A</b>	<b>TARVESELVITYS</b>
Tarveselvityksessä perustellaan tilahankinnan tarpeellisuus tai olemassa olevan tilan muutostarve, kuvataan alustavasti tarvittavat tilat ja niille asetettavat vaatimukset, tutkitaan vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet sekä arvioidaan eri ratkaisujen edullisuus.	
<b>B</b>	<b>HANKESUUNNITTELU</b>
Hankesuunnittelussa asetetaan rakennushankkeelle täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu projektiohjelmasta ja hankeohjelmasta. Valmisteluun kuuluu tarvittavien selvitysten teettäminen ja toteutusmuodon alustava määrittäminen.	
<b>C</b>	<b>SUUNNITTELUN VALMISTELU</b>
Suunnittelun valmistelussa organisoidaan suunnittelu, pidetään mahdolliset suunnittelukilpailut, käydään tarvittavat neuvottelut, valitaan suunnittelijat ja tehdään suunnittelusopimukset.	
<b>D</b>	<b>EHDOTUSSUUNNITTELU</b>
Ehdotussuunnittelussa laaditaan vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut asetettujen tavoitteiden täyttämiseksi.	
<b>E</b>	<b>YLEISSUUNNITTELU</b>
Yleissuunnitteluvaiheessa ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelma kohdistuu sekä rakennuksen kiinteään perusosaan että muuntuvien tila-alueiden suunnitteluun.	
<b>F</b>	<b>RAKENNUSLUPATEHTÄVÄT</b>
Rakennuslupatehtävissä selvitetään hankkeen edellyttämät lupamenettelyt, varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuus ja pääpiirustusten hyväksyttävyyttä sekä laaditaan lupahakemus tarvittavine asiakirjoineen.	
<b>G</b>	<b>TOTEUTUSSUUNNITTELU</b>
Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnitteluun sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu.	
<b>H</b>	<b>RAKENTAMISEN VALMISTELU</b>
Rakentamisen valmistelussa organisoidaan rakentaminen, kilpailutetaan rakentamistehtävät, käydään sopimusneuvottelut ja tehdään urakka- ja hankintasopimukset.	
<b>I</b>	<b>RAKENTAMINEN</b>
Rakentamisessa varmistetaan sopimuksenmukainen toteutus, tavoitteet täyttävä lopputulos sekä tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. Rakennuksen valmistuminen todetaan vastaanotossa.	
<b>J</b>	<b>KÄYTTÖÖNOTTO</b>
Käyttöönotossa varmistetaan järjestelmien toiminta ja annetaan käytön opastus.	
<b>K</b>	<b>TAKUUAIKA</b>
Takuuajana seurataan rakennuksen toimivuutta, tehdään takuuajan säädöt, pidetään tarvittavat tarkastukset ja korjataan mahdolliset puutteet.	

Kuva 2. Rakennushankkeen eri vaiheet [6, s. 3–29].

Rakennushanke käynnistyy tarveselvitysvaiheella, missä LVI-suunnittelijan tehtävät ovat pääasiassa avustavia. Tehtävät voivat liittyä esimerkiksi rakennuksen tilojen eri vaatimusten (esimerkiksi olosuhteet, toiminnallisuus ja turvallisuus) selvittämiseen sekä teknisten laitteiden tilavarausten ja vaihtoehtojen määrittämiseen. LVI-suunnittelijalla voi

olla tässä vaiheessa myös rakennusaikatauluihin ja talotekniikan kustannusvaikutuksiin liittyviä tehtäviä.

Tarkoitus on huomioida heti rakennushankkeen alusta asti tilojen vaatimukset ja tilantarpeet, jotta vältytään suuremmilta ongelmilta jatkosuunnittelussa. Tarveselvitysvaiheen tuloksena saadaan hyväksytty tarveselvitys ja hankepäätös.

Myös hankesuunnitteluvaiheessa LVI-suunnittelijan tehtävät ovat pääasiassa avustavia. Tehtäviin voi esimerkiksi kuulua tarkentaa tarveselvityksessä määritettyjä lähtökohtia selvittämällä kiinteistön rakennettavuutta, vaatimuksia, ympäristökuormituksia, aikatauluja, kohteen energiankulutusta ja kustannusarvioita. Hankesuunnitteluvaiheen tuloksena saadaan hyväksytty hankesuunnitelma ja investointipäätös.

Suunnittelun valmisteluvaiheessa määritetään suunnittelijan tarjoukseen sisältyvät tehtävät, niiden lähtötiedot, suunnittelutehtävien laajuudet ja vaatimukset, jotta suunnittelutyö saadaan organisoitua ja tarvittaessa kilpailutettua niin, että eri suunnittelutarjoukset ovat vertailukelpoisia keskenään. Tämän myötä saadaan valittua suunnittelijat ja tehtyä suunnittelusopimukset. Suunnittelun valmisteluvaiheesta edetään suunnittelupäätökseen, mikä käynnistää suunnittelutyön.

Ehdotussuunnitteluvaiheessa selvitetään ja vertaillaan eri teknisiä vaihtoehtoja, joilla suunnittelutavoitteet (turvallisuus, olosuhteet, energiankulutustavoite, kustannukset) voidaan täyttää sekä määritetään alustavasti tilavaraukset tekniikalle. Näistä saadaan ehdotussuunnitelma.

Yleissuunnitteluvaiheessa varmistetaan, että hanke ja jatkosuunnittelu etenee tavoitteiden mukaisesti ja on toteutuskelpoinen. Tämä tapahtuu tekemällä kohteesta esimerkiksi mallikerros, missä on näytetty tilavaraukset ja suurimmat runkojohdot, jotka on yhteen sovitettu muiden suunnittelualojen kanssa yhteen. Vaiheen tuloksena saadaan yleissuunnitelma ja pääpiirustukset.

Rakennuslupatehtävävaiheessa hyväksytetään pääpiirustukset, selvitetään rakennuslupamenettelyt, varmistetaan suunnittelijoiden kelpoisuudet ja osallistutaan lupahakemuksen laadintaan. Näistä saadaan rakennuslupa-asiakirjat.

Toteutussuunnitteluvaiheessa täydennetään ja mitoitetaan yleissuunnitelmat ja niiden sisältämät laitteet niin tarkasti, että niiden perusteella voidaan laskea ja kilpailuttaa urakka sekä käydä niistä urakkaneuvottelut. Vaiheen tuloksena saadaan hyväksytyt toteutussuunnitelmat.

Rakentamisen valmisteluvaiheessa organisoidaan rakentaminen, kilpailutetaan ja tehdään hankinnat ja urakat. Nämä ovat valmistelevia tehtäviä, joiden tarkoitus on varmistaa hankkeen rakentamisvalmius. Rakentamisen valmisteluvaiheesta syntyy rakentamispäätös.

Rakentamisvaiheessa tehtävänä on varmistaa töiden suunnitelmanmukaisuus suunnittelua täydentävillä tehtävillä, joita ovat esimerkiksi laitehyväksynät ja kokouksiin osallistuminen. Vaiheesta edetään vastaanottopäätökseen ja urakan vastaanottoon.

Käyttööntovaiheessa tehtävänä on varmistaa, että järjestelmät toimivat oikein ja suunnitellusti sekä järjestetään käyttäjälle järjestelmistä käytönopastus. Näin saadaan rakennus käyttöönotettua.

Takuuajana varmistetaan, että järjestelmät toimivat oikein ja että niitä käytetään oikein, tarvittaessa järjestelmiä hienosäädetään toimimaan paremmin.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään pääasiassa ehdotus-, yleis-, rakennuslupa- ja toteutussuunnitteluvaiheita, koska ne käsittelevät eniten varsinaista suunnittelutyötä.

### 3.2 Suunnittelua ohjaavat asiat

LVI-järjestelmäkuvauksessa ja KVR-urakkaohjelmassa oli listattu seuraavat asiat suunnittelua ohjaaviksi asioiksi ja määräyksiksi:

- Ympäristöministeriö: Suomen rakentamismääräyskokoelma [1]
- Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998 [2]
- Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle [3]
- Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: Talotekniikka RYL 2002 [4]

- Sisäilmastoluokitus SIL 2018: sisäilmastoluokka S1, rakennustöiden puhtausluokka P1, ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka P1, rakennusmateriaalien päästöluokka M1, ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokka M1 [5]
- Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18 [6]
- Yleisiä tietomallivaatimuksia YTV 2012: ARK ja LVI-suunnittelu taso 2: 3D-pohjainen, RAK-suunnittelu taso 3: tietomallipohjainen [7]
- Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 10-1: Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksivaaralliset tilat [8]
- Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa [9]
- KVR-asiakirjat S02449.P000: LVI-, kylmä- ja RAU-järjestelmäkuvaukset, LVI-materiaalierittely, asemapiirustuskäyttösuunnitelma ja ilmanvaihdon palvelualueet. Granlund Oy
- Urakka-ohjelma KVR-urakka Foodwest Oy toimitilat. Ramboll CM Oy
- paikallisten viranomaisten, vesi- ja energiayhtiöiden ja rakennusvalvonnan vaatimukset
- hygienia- ja puhdistettavuus prosessi- ja valmistustiloissa.

LVIA-suunnitteluratkaisuissa tuli huomioida kohteeseen tehdyn KVR-urakkaohjelman ja LVI-järjestelmäkuvauksen vaatimukset rakennuksen paremmasta laatutasosta, jotka menevät perustason rakentamismääräysten edelle. Parempaa laatutasoa ovat esimerkiksi Sisäilmastoluokitus 2018 ja Terveen talon toteutuksen kriteerit -oppaat, jotka antavat perustasoa tiukemmat kriteerit LVIA-teknisille ratkaisuille. Myös käyttäjän ja tilaajan toiveet sekä tekniikan asennettavuus, huollettavuus, käytettävyys, haalaus- ja huoltoreitit sekä suojaetäisyydet tuli huomioida LVIA-suunnittelutyössä.

Energiatodistuksen kohteeseen teki Granlund Oy. Energiatodistus tässä kohteessa koski vain toisen kerroksen toimisto-osaa, koska prosessitilat vastaavat käyttötarkoituksestaan teollisuusrakennusta, jolloin energiatodistusta ei Maankäyttö- ja rakennuslain 2018 mukaan tarvita. Granlund Oy:lle ilmoitettiin IV-koneiden ilmavirrat, SFP-luvut ja hyötysuhteet energiatodistuksen laadintaa varten.

Vuoden 2018 alussa uudistuneissa rakentamismääräyksissä määräyksiä muutettiin yleisemmiksi tekemällä niistä pykälämuotoon kirjoitettuja asetuksia, joita täydentävät erilliset perustelumuiot. Uusiin määräyksiin on monta LVIA-suunnitteluun liittyvää seikkaa yleistetty niin, että esimerkiksi osaa toteutustavoista ei ole enää ohjeistettu, kunhan ratkaisu toimii määräysten edellyttämällä tavalla. Koska esimerkiksi vanhojen rakentamis-

määräysten mukaiset koneellisen ilmanvaihdon ulko- ja ulospuhallusilmalaitteiden vähimmäisetäisyydet ovat hyvän rakentamistavan mukaisia, on niitä käytetty osin tämän työn suunnitteluratkaisuissa, vaikka nyky määräykset sallisivat pienemmätkin vähimmäisetäisyydet.

### 3.3 Käytettävät ohjelmistot

Suunnittelu- ja työmaa-aikana käytettiin seuraavia ohjelmia ja palveluita:

- CAD-ohjelmisto: AutoCAD 2017
- LVI-suunnitteluohjelmisto: MagiCAD 2017.9
- tietomallitarkastelu: Tekla Bimsight 1.9.9
- rakennusautomaatiokaaviot, lämpöhäviölaskelmat: CADS 2018
- vesikalusteluettelo: Excel 2013
- LVIA-työselostus, suunnittelu- ja työmaa-aikaiset dokumentit: Word 2013
- etäpalaverit Google Hangouts
- projektipankki Buildercom
- huuvamitoitukset Climecon Huuva.X
- ulkoilmanottosäleikkömitoitukset Climecon Tuisku.X
- pumppumitoitukset Grundfos Product Center
- aktiivipalkkimitoitukset FläktGroup Select.

### 3.4 Mitoituskriteerit

Mitoituskriteereinä käytettiin MagiCAD-suunnitteluohjelmassa seuraavia arvoja:

- lämmitysputket, teräsputki: 50 Pa/m
- jäähdytysputket, ≤35 mm kupari >35 mm Rst: 50 Pa/m
- vesijohdot kylmä- ja lämminvesi, kupari: 2 m/s
- lämminvesikiertojohto, kupari: <0,5 m/s
- ilmanvaihtokanavat: 1 Pa/m
- linjasäätöventtiilit, vaikein reitti: 4 kPa
- patteriventtiilit, vaikein reitti: 3 kPa.


Mitoituksissa käytettävät lämpötilat ja lämmönsiirtonesteet on mainittu myöhemmin tässä työssä niille kuuluvien otsikoiden alla. Lämmitysputkien materiaalina käytettiin teräsputkia ja jäähdytysputkien materiaalina kuparia kokoon 35 mm saakka. Yli 35 mm kokoisten kupariputkien jälkeen materiaali vaihdetaan ruostumattomaksi teräkseksi kustannussyistä urakoitsijan toiveesta.

Ohjelman antamia putki- ja kanavakokoja sekä esisäättöarvoja verrattiin lopuksi tämän työn liitteenä oleviin käsimitoitusdiagrammeihin ja MagiCAD-ohjelman omaan "Hydronic Network Balancing Report" -virtaamatarkastelutyökaluun (kuva 3). Tällä saatiin putkikokoja optimoitua siten, ettei putkikoko muutu esimerkiksi lyhyelle matkalle lämmityslinjoissa suuremmaksi pelkästään sen vuoksi, että painehäviö onkin 55 Pa/m mitoituskriteeri <50 Pa/m sijaan.

MagiCAD - Hydronic Network Balancing Report

Edit

Supply  
 Return

Location	Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L [m]	Insulatio	P [W]	qv [l/s]	v [m/s]	dpt [kPa]	dp/L [kPa/m]	pt [kPa]	a
	Kerros 2		L	BRANCH	Fe		32/15		24/50		0.3190	0.29	0.043		16.506	
	Kerros 2		L	PIPE	Fe		15	0.2	24/50		0.0367	0.16	0.006	0.029	16.463	
	Kerros 2		L	BEND-90	Fe		15		24/50		0.0367	0.16	0.006		16.457	
	Kerros 2		L	PIPE	Fe		15	0.8	24/50		0.0367	0.16	0.023	0.029	16.451	
	Kerros 2		L	STOPVALVE		Oras 400015	15				0.0367				16.429	
	Kerros 2		L	PIPE	Fe		15	0.9	24/50		0.0367	0.16	0.027	0.029	16.429	
	Kerros 2		L	BEND-90	Fe		15		24/50		0.0367	0.16	0.006		16.402	
	Kerros 2		L	PIPE	Fe		15	0.2	24/50		0.0367	0.16	0.005	0.029	16.396	

Ok - Update to model

Kuva 3. Hydronic Network Balancing Report -virtaamatarkastelutyökalu MagiCAD-ohjelmassa.

Myös järjestelmien äänitasot oli tarkastettava MagiCAD-ohjelman "Sound Calculation" -työkalulla järjestelmistä ja katsottava myös laitteiden teknisistä esitteistä, jottei ylitetä oleskelualueelle asetettuja enimmäisäänitasoja (kuva 4).



Tila dB	Äänitaso LA,eq,T/LA,max
Neuvotteluhuoneet	33/38
Sosiaalitilat	38/43
Toimistotilat	33/38
Käytävät, aulat ja hallit	38
Rakennuksen ulkopuolella maanpinnan tasolla, parvekkeella tai avattavien ikkunoiden ulkopuolella	45

Kuva 4. KVR-asiakirjoissa kohteelle asetetut keskiäänitaso- ja enimmäisäänitasoarvot.

### 3.5 Laitevalinnat

Laitevalinnoissa pyrittiin valitsemaan yleismallisia tunnettuja alan tuotteita joita löytyy suoraan valmistajilta ja tukkuliikkeistä, koska erikoismallit ovat monesti tilaustavaraa, mikä voi tarkoittaa pitkää toimitusaikaa, korkeampaa hintaa ja varaosien huonompaa saatavuutta. Laitevalintojen tuli myös KVR-asiakirjojen vaatimusten mukaan täyttää P1 ja M1 -puhtausluokat ja olla CE-merkittyjä [39].

Valitsemalla yleisesti alalla tunnettuja ja paljon käytettyjä tuotteita voitiin varmistua, että ne ovat Suomen sääolosuhteisiin ja käyttötarkoitukseensa sopivia hyvän rakennustavan mukaisia tuotteita, joita pystyy käyttämään ja huoltamaan helposti sekä asentamaan alalle tavanomaisin keinoin energia- ja ympäristöystävällisyysnäkökulmia unohtamatta.

### 3.6 Arkkitehtisuunnittelu

LVI-suunnittelun eri vaiheissa tuli olla yhteydessä arkkitehtiin, jolta saatiin lähtökohtia suunnittelulle:

- ARK-pohjapiirustukset, tilaratkaisut, korkeudet, pinta-alat
- tilavaraukset ja paikat tekniikalle
- tarvittavat koteloinnit ja alakatot korkoineen
- tilojen laitteet ja kalustus

- kohteessa huomioitavat erikoisasiat (esimerkiksi prosessi- ja valmistustilojen lattiarajassa kulkevat seinästä normaaleja jalkalistoja huomattavasti enemmän ulkonevat PolySto-jalkalistat, joita tuli väistää LVI-tekniikalla)
- savunpoistoluukkujen ja niiden korvausilmaluukkujen sijainnit
- palo-osastointirajat ja pelastusreitit
- laitteiden kestävyys ja esteettisyys (esimerkiksi pesualtaiden törmäyssuojat prosessi- ja valmistustiloissa sekä näkyviin jäävien ilmanvaihdon pääte-laitteiden värisävy)
- laitteiden käytettävyys, huollettavuus ja haalausreitit
- lattian kaadot ja kaivojen paikat
- alakattojako
- nosto-oviratkaisut
- tilojen laajennettavuus ja muuntojoustavuus jatkossa.

Arkkitehdin kanssa katsottiin yhdessä tilavaraukset tekniikalle heti suunnittelutyön alussa, jotta paljon tilaa vievät LVI-tekniset laitteet saatiin mahtumaan tiloihin kerralla, koska suurien laitteiden lisääminen jälkikäteen voi olla todella hankalaa, kun tilavaraukset ja -ratkaisut on jo mietitty kaikkien osapuolien kesken valmiiksi. Myös huolto- ja haalausreitit oli arkkitehdin kanssa katsottava näille läpi, jotta suurikokoiset laitteet pystytään myös vaihtamaan ja huoltamaan tarvittaessa.

Koteloinnit ja alaslasketut katot oli katsottava yhdessä läpi, jotta tekniikka saadaan mahtumaan alaslaskettuihin kattoihin niin, ettei katto tule liian alas ja jotta tekniikka saadaan piiloon esteettisistä syistä. Prosessi- ja valmistustiloihin tuli paljon laitteita (sekä uusia, että käyttäjän vanhoja), joiden tekniset tiedot ja paikat saatiin arkkitehdiltä ja näiden perusteella osattiin mitoittaa ja sijoittaa LVI-tekniikka laitteille.

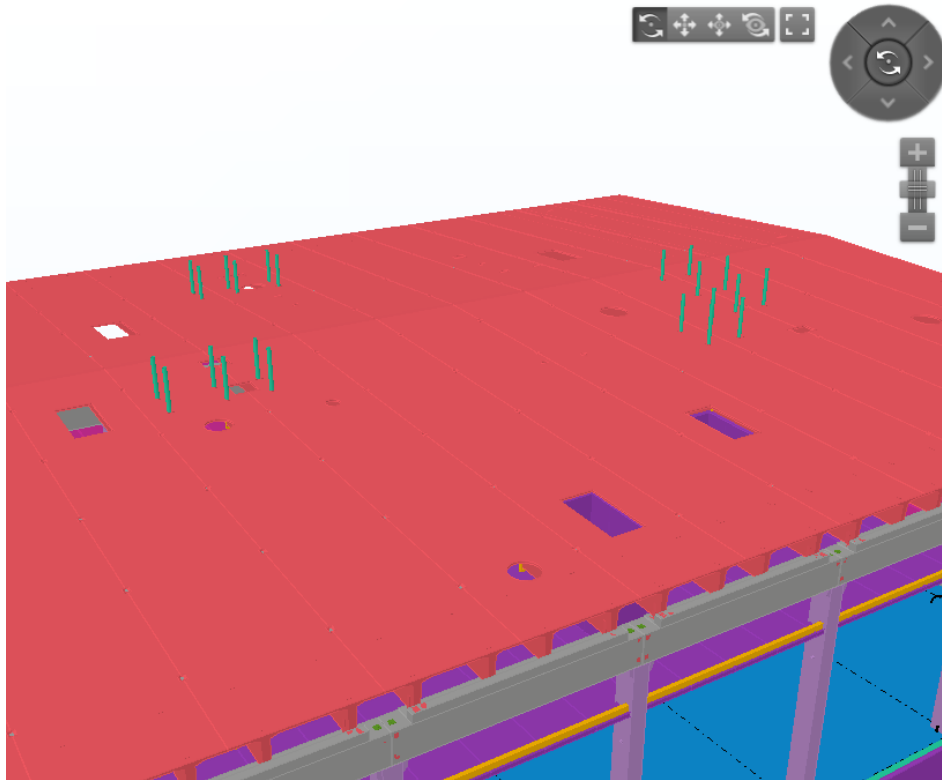
Muita huomioitavia ja LVI-tekniikalla väistettäviä asioita olivat esimerkiksi prosessi- ja valmistustilojen rullaovien vaatimat asennus-/huoltotilat oven ympärillä, tilojen lattiarajassa kulkevat PolySto-jalkalistat, painovoimaiset savunpoistoluukut tilojen seinissä ja katossa sekä tilojen laajennusvaraukset, jotka arkkitehti oli näyttänyt pohjapiirustuksissa.

### 3.7 Rakennesuunnittelu

LVI-suunnittelun eri vaiheissa tuli olla yhteydessä rakennesuunnittelijaan, jolta saatiin lähtökohtia suunnittelulle:

- rakennetyypit (vaikutusta läpivienteihin ja roilouksiin)
- ontelolaattojen mitat ja suunnat välipohjissa (mihin suuntaan ontelolaattoja saa rei'ittää ja kuinka paljon)
- TT-laattojen mitat, suunnat ja paikat yläpohjassa (mistä saa mennä läpi ja kuinka suurella tekniikalla, kannakointi TT-laatoista)
- teknisen ullakon välipohjarakenteen kannakointitankojen paikat (näitä väistettiin LVI-tekniikalla)
- suurimmat läpivientiaukkojen mitat ja sijainnit (mistä ja kuinka suuria läpivientejä sai tehdä)
- kantavien rakenteiden sijainnit rakennuksessa (kantavia rakenteita, esim. palkkeja väistettiin LVI-tekniikalla rakennuksen sisällä)
- anturoiden koot ja sijainnit maassa (vaikutusta maanalaisen tekniikan, esim. viemärointien reitteihin)
- salaojien sijainnit (vaikutusta perusvesikaivojen ja hulevesiviemäreiden sijoitteluun)
- radon-putkistojen sijainnit (vaikutus radon-poistoputkiston tilavarauksiin ja tekniikkareitteihin).

Rakennesuunnittelijalle ilmoitettiin suurempien laitteiden mitat ja painot, jotta hän osasi varata tarvittavat pedit, huoltotasot, tärinänvaimentimet ja tuennat (kuva 5) laitteiden luokse siten, että rakenteet saatiin kestämään.



Kuva 5. RAK IFC-mallissa yläpohjan TT-laattojen läpivientiaukkoja ja laitepöytä tuennat.

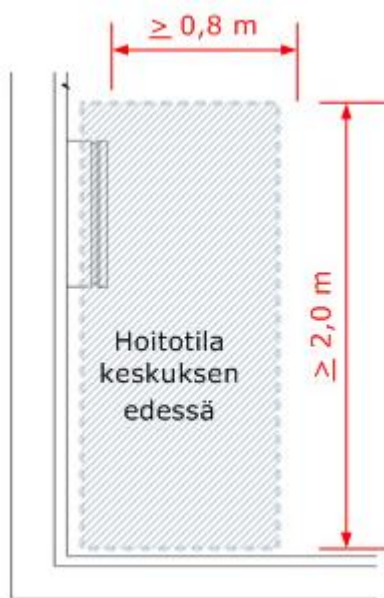
### 3.8 Sähkösuunnittelu

Myös sähkösuunnittelijaan tuli olla yhteydessä LVI-suunnittelun eri vaiheissa, jotta saatiin selville:

- sähköpääkeskusten sijainnit, koot ja tilavaraukset
- sähköhyllyjen, valaisimien ja muun sähkötekniikan sijainnit
- toimistotilojen ikkunan alla kulkevien sähkökourujen mitat ja korkeusaset, jotta saatiin tieto, kuinka korkeita lämmityspattereita tiloihin voi sijoittaa sekä sähkökourujen kannakointietäisyys seinästä, ettei sähkökouruilla estetä pattereiden lämmönluovutusta.

Sähkösuunnittelijan sähköhyllyjä, valaisimia ja muuta tekniikkaa pyrittiin lähtökohtaisesti väistämään LVI-tekniikalla, siksi heti suunnittelutyön alussa keskusteltiin pääreitit selviksi, jotta suuremmilla linjoilla ei mennä heti ristiin esimerkiksi tekniikka-, toimisto- ja toimitiloissa, joissa sekä LVIA- että sähkötekniikkaa on paljon.

Sähkökeskusten yläpuolisia LVI-reittejä tuli välttää, jottei mahdollisessa vuototilanteessa vesi pääse tippumaan sähkökeskuksen päälle ja jotta sähköasennuksille jää enemmän tilaa. Myös sähkökeskuksen vaatima hoitotila (kuva 6) tuli huomioida niin, ettei LVI-tekniikkaa sen alueelle sijoitettu.



Kuva 6. Jakokeskuksen (nimellisvirta  $>63 \text{ A}$ ) vaatima minimihoitotila [15].

Pienempien sähkötilojen (esimerkiksi ATK-komerot, jotka eivät ole oma palo-osastonsa) ilmanvaihto suunniteltiin johtamalla tiloihin pelkästään tuloilmaa tilan yläosaan ja suunnittelemalla siirtoilmasäleikkö tilan alaosaan. Tällä ratkaisulla saadaan tilaan ylipaine, joka ehkäisee pölyn ja muiden epäpuhtauksien kertymistä tilaan, koska epäpuhtaudet eivät ole hyväksi sähkölaitteille.

Sähkösuunnittelijalle ilmoitettiin LVI-laitteiden sähkötiedot, sijainnit ja sähköisten saattolämmitysten tarpeet laitteille. Tällaisia laitteita olivat esimerkiksi ilmanvaihtokoneet, joiden sähkötehot saatiin laitemitoituksen esitteestä ja joiden ulkoilmanottokammion viemäröintiyhteelle suunniteltiin saattolämmitys jäätymisen ehkäisemiseksi pakkaskeleillä. Vastaavasti sähkösuunnittelijalta pyydettiin erillispisteluetelo valvonta-alakeskuksen erillispisteistä, jotka lisättiin RAU-kaavioihin. Erillispisteitä tuli esimerkiksi rakennuksen ulkovalaistuksesta ja kulunvalvontajärjestelmästä.

## 4 Rakennuksen ulkopuoliset työt

### 4.1 Suunnittelun lähtökohdat

Kohteen suunnittelu käynnistyi asemapiirustuksen teolla. Koska kohde liitettiin kunnalliseen vesi- ja viemäriverkostoon sekä kaukolämpöön, tarvittiin näistä liitoskohtalausunnot paikallisilta toimijoilta. Seinäjoen Vesi Oy:ltä saatiin vesi- ja viemäri-liitoskohtalausunnot, joista kävi ilmi liitoskohdat, käyttövesiverkostossa käytettävissä oleva paine sekä jäte- ja hulevesiviemäreiden liitoskorot. Seinäjoen Energia Oy:ltä saatiin kaukolämpöliitoskohtalausunto, josta kävi ilmi liitoskohta ja kaukolämpöverkoston paine-ero alueella.

Lisäksi tarvittiin asemapiirustus ja alustavat pohjakuvat kerroksista arkkitehdiltä, sekä pinnantasauspiirustus ja pohjatutkimuslausunto GEO-suunnittelijalta. Pohjatutkimuslausunnosta kävi ilmi esimerkiksi, kuinka lähellä maanpintaa on kallionpinta missäkin kohtaa tonttia. Tämän perusteella voitiin suunnitella esimerkiksi jäte- ja sadevesiviemäreiden reitit siten, että urakoitsijoille jää mahdollisimman vähän kallion louhimis- ja räjäytystöitä. Pinnantasauspiirustuksesta kävi ilmi, mihin suuntaan piharakenteet viettävät ja näin voitiin suunnitella esimerkiksi sadevesikaivojen sijainnit ja tekniikan lopulliset reititykset.

Pohjakuvista arvioitiin rakennuksen vesipisteiden normivirtaamat ja rakennuksen lämmitystehontarve. Näiden kautta päästiin mitoittamaan hule- ja jätevesitonttievemärit kaivoineen, tonttivesijohto sekä kaukolämpöputket.

Tekninen tila, johon kaukolämpö- ja tonttivesijohdot tulivat, sijaitsee rakennuksen toisessa kerroksessa IV-konehuoneessa. Koska putket johdetaan ensimmäisen kerroksen läpi, suunnitelmiin laitettiin maininta, että tonttivesijohto täytyy olla suojaputkessa perusmuurin ulkopuolelta vesimittarille saakka. Kaukolämpöputket ovat kiinnivaahdotettua Mpuk-putkea, missä sisällä kulkevaa teräsputkea suojaava muovikuori on jo valmiiksi päällä.

Rakennukseen oli myös näytetty asemapiirustuksessa varaus laajennusosalle tulevaisuutta ajatellen. Laajennusosan ääri rajoja väistettiin tontilla menevällä tekniikalla, ettei

esimerkiksi lämpöjä ja vesiä tarvitse katkaista rakennuksesta tulevaisuudessa, kun laajennusosaa tehdään. Lisäksi rakennuksen länsinurkalle jätettiin jätevesitarkastuskaivo, mihin laajennusosa on tulevaisuudessa helppo liittää.

#### 4.2 Hulevedet

Pohjatutkimuslausunnosta kävi ilmi, että tontin maaperä on suureksi osaksi kalliota ja kallio on paikoin todella lähellä maanpintaa (kuva 7).



Kuva 7. Kallion louhintatöitä tontilla.

Maaperää lähellä oleva kallio vaikutti asemapiirustuksen viemäreitti- ja kaivosijoitteluun. Samoissa kaivannoissa pyrittiin viemään mahdollisimman paljon tekniikkaa jotta saataisiin säästettyä kalliita kallion räjäytys- ja louhimistöitä.

Hulevesien mitoitusvirtaama laskettiin kaavalla 1:

$$q = q_s * (k_1 * A + k_2 * A \dots + k_n * A_n) \quad (1)$$

$q$  on sadeveden mitoitusvirtaama [l/s]

$q_s$  on mitoitussade 0,015 l/s

$k$  on valumiskerroin osa-alueella [-]

- $k=1,0$  katot, asfaltti-, betoni- ja muut tiiviit päällysteet
- $k=0,7$  sorapäällysteet
- $k=0,3$  nurmikot ja päällystämättömät pinnat

$A$  on valuma-alueen pinta-ala [m<sup>2</sup>].

Pinnantasauspiirustuksesta katsottiin, mihin suuntaan ja mille sadevesikaivoille piha kallistuu ja asemapiirustuksesta mitä pintoja tontilla on. Koska piha oli suurimmaksi osaksi asfaltoitu, käytettiin valumiskertoimena suurimmaksi osaksi  $k=1,0$  ja viherkaistoilla valumiskertoimena  $k=0,3$ . Rakennuksen katon ala lasketaan myös arvolla  $k=1,0$ , koska siinä on tiivis pintarakenne. Näistä mitoitusvirtaamaksi saatiin yhteensä  $q=56,7$  l/s, mikä tekee viivytettäväksi vesitilavuudeksi 15 minuutilla  $56,7$  l/s \* 60 s \* 15 min = 51030 l = ~51 m<sup>3</sup>.

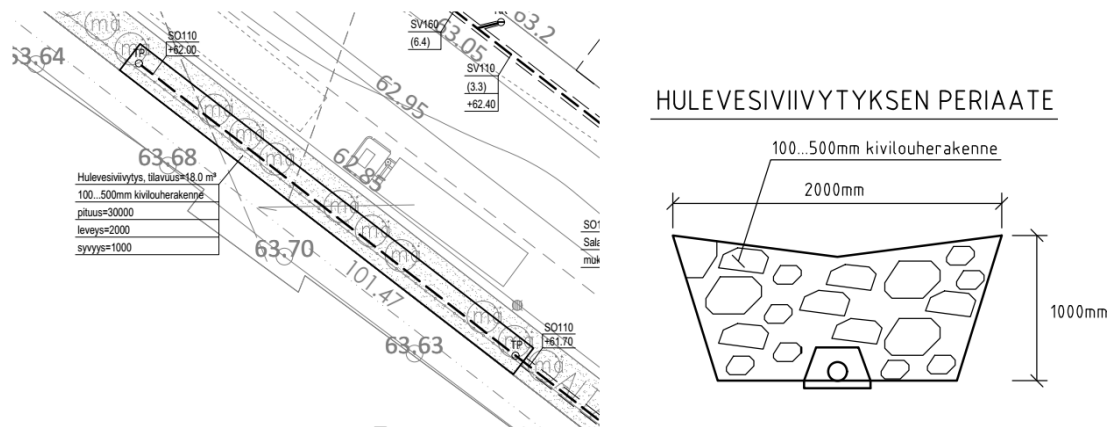
Rakennusluvassa oli ehtona, että tontin hulevesiä tulee viivytää tontilla 12...15 minuuttia ennen purkamista kunnalliseen hulevesiverkostoon. Valmiin hulevesiliittymän korko tontin pohjoispäässä oli lähellä maanpintaa, mikä aiheutti että kaikkia tontin hulevesiä ei voinut purkaa viettoviemäriillä kunnalliseen verkostoon. Liitoskohtalausunnossa näkyi liitoskaivo tontin eteläsivulla. Tästä kysyttiin Seinäjoen Vesi Oy:ltä, onnistuuko myös siihen liittyä ja heiltä tuli myönteinen vastaus asiaan, että kyseiseen kaivoon voidaan tehdä uusi liitos poraamalla.

Koska tontin pinnantasauksetkin tehtiin pois päin rakennuksesta kohti tontin pohjois-, itä- ja eteläreunoilla oleva viherkaistoja, oli luontevaa purkaa hulevedet kahteen suuntaan. Tällä säästyttiin hulevesipumppaamolta ja koska tontin eteläpäähän kaukolämpöliittymä oli hulevesikaivon lähellä, saatiin hulevesiviemärit ja kaukolämpöputket samaan kaivaukseen.

Hulevesien viivytysratkaisu tehtiin niin, että tontin reunoilla olevien viherkaistojen yhteyteen kaivettiin pohjois-, itä- ja eteläreunoille mitoiltaan 1 metriä syviä, 2 metriä leveitä ja



30 metriä pitkiä kivilouherakenteita 100...500 mm:n louhekeivestä (kuva 8), jonka vesitilavuus on noin 30 % kivitilavuudesta eli 18 m<sup>3</sup> per louherakenne. Yhteensä viivytysratkaisun vesitilavuudeksi saatiin 3\*18 m<sup>3</sup> = 54 m<sup>3</sup>, mikä kattaa viivytettävän vesimäärän 51 m<sup>3</sup>.



Kuva 8. Hulevesiivytysratkaisu.

Kivilouhe viivytysratkaisuun saatiin suoraan tontilta, jota piti maanpintaa lähellä olleen kallion vuoksi muutenkin paljon louhia. Louherakenteen pohjaan tulee salaojasoralla ympäröity salaojaputki, jota kautta rakenne pääsee purkamaan hulevesiä kohti liitoskaivoa ennen hulevesiliittymää. Salaojituskerros erotettiin ympäröivästä maasta suodatinkankaalla, itse salaojaputken ympärille suodatinkangasta ei laitettu [20]. Lisäksi suunniteltiin tarkastusputket salaojaputken louherakenteen molempiin päihin puhdistettavuutta varten.

#### 4.3 Salaojat

Rakennuksen salaojat suunnitteli rakennesuunnittelija. Häneen piti olla yhteydessä jotta saatiin katsottua perusvesikaivon paikka niin, että purkuviemärin kaltevuus riitti eteläiseen purkupaikkaan. Pohjoiseen purkupisteeseen kaltevuus ei olisi riittänyt ja tämän myötä olisi muuten pitänyt hankkia perusvesipumppaamo, mikä olisi tuonut sekä hankimis- että käyttökustannuksia.

#### 4.4 Kaivot ja tarkastusputket

Tarkastuskaivoja hule- ja vesiviemäriverkostoon laitettiin aina suunnanmuutosten yhteydessä ja tarkastusputkia vähintään 40 metrin välein, jotta puhdistettavuus säilyy. Rakennuksen keittiön normivirtaamiksi arvioitiin asemapiirustusvaiheessa ARK-pohjakuvien perusteella  $Q=10$  l/s, jonka perusteella päästiin valitsemaan rasvanerotinkaivo. Rasvanerotin tuli varustaa täyttymishälytyksellä sekä näytteenottomahdollisuudella REK:n jälkeen. Koska REK:ssa on huoltoa vaativia laitteita (täyttymishälytin), tuli sen koko olla vähintään DN560 maanpinnalle saakka [11].

Viemärimateriaaliksi keittiöltä rasvanerottimelle saakka valittiin haponkestävä teräs, koska viemäriin on kestävä maaperän syövyttävyyttä, korroosiota, liuottimia ja syövyttäviä kemikaaleja. Rst viemärimateriaalina ei kestä niin hyvin edellä mainittuja asioita kuin Hst, eikä esimerkiksi vanhan RakMk D1 2007 liite 5:n [29, s. 53] mukaisesti sitä saanut maahan asennettuna käyttääkään. Lisäksi viemäri on oltava prosessi- ja valmistusolosuhteissa kuumahöyryavauksella avattavissa, jota ei muoviviemäri kestä, koska esimerkiksi polypropeenimuoviviemäriin hetkellinen lämpötilankesto on noin 100 °C ja jatkuva 85 °C [18, s. 7].

Kaivoja ja tarkastusputkia suunniteltiin 7 eri mallia:

- jäteveden tarkastuskaivo
- rasvanerotin näytteenottokaivolla ja tarkastusputkella
- tarkastusputki
- sadevesikaivo
- sadevesitarkastuskaivo
- rännikaivo
- perusvesikaivo.

Kaivoiksi ja tarkastusputkiksi valittiin Talokaivo Oy:n valmistamat tuotteet. Asemapiirustuksen kaivoista tehtiin erilliset kaivokuvat, joissa näytettiin jokaisesta kaivosta periaatteellinen detalji, missä kerrottiin kaivon varustelu ja tekniset tiedot. Kaivojen kansien kuormitusluokat valittiin taulukon 5 mukaisesti. Kaivojen tuli olla kooltaan vähintään DN400 ja kaivon maanpintaan tulevan yläosan kooltaan vähintään DN315, kun kaivossa

ei ole huoltoa vaativia laitteita [29, s. 26]. Kaikki kaivot varustettiin lietepesällä ja sadevesikaivot lisäksi jäätymissuojilla jäätymisriskin välttämiseksi. Rännikaivoina käytettiin 100 mm:n lietepesällä ja 100 mm:n roiskesuojalla varustettuja DN315-malleja, jotka käävät lehdet ja muut sadeveden epäpuhtaudet lietepesään eivätkä roiski rännikaivoista korkealta tulevia sadevesiä rakennuksen sokkeleihin.

Sähkösuunnittelijalle oli hyvä ilmoittaa kaivojen tarvitsemista kaapeloinneista, että hän osaa varata kaapelit tai tarvittavat suojaputket kaapelointeja varten maanrakennustöiden aikaan. Tässä kohteessa se tarkoitti REK:n täyttymishälytyksen kaapelointeja.

#### 4.5 Kaukolämpö

Kaukolämpöputkien koko arvioitiin rakennuksen alustavien ARK-pohjapiirustusten mukaisesti. Niistä laskettiin rakennuksen tarvitsema lämmitystehontarve. Ilmavirtojen perusteella saatiin IV-koneiden tarvitsema lämmitystehontarve. Vesipisteiden virtaamien perusteella saatiin käyttöveden lämmitystehontarve.

Yhteistehontarpeeksi laskettiin työn alussa alustavasti n. 500 kW, lisäksi tuli huomioida mahdollinen rakennuksen laajennusosa jatkoa ajatellen. Tästä syystä päädyttiin valitsemaan kaukolämmön ensiöpuolen putkikooksi DN50, jossa on varaa kasvattaa tehoja vielä suuremmiksikin tarvittaessa taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Kaukolämpöputkien enimmäisvesivirta ja siitä saatava teho ensiöpuolen 115/33 °C:n mitoituslämpötiloilla.

<b>Nimelliskoko DN</b>	<b>Max vesivirta K1:n mukaan [l/s]</b>	<b>Saatava teho [kW]</b>
20	0,3	103
25	0,6	207
32	1,2	413
40	1,7	585
50	3,2	1102
65	6,4	2204
80	10	3444
100	19	6544
125	35	12054
150	60	20664

## 5 Lämmitys

### 5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Tiloihin suunniteltiin seuraavat kaukolämpöön liitettävät lämmitysjärjestelmät LVI-järjestelmäkuvauksen mukaisesti:

- Patterilämmitys kuiviin tiloihin, joissa ei ole prosessi- ja valmistustoimintaa (vesi 60 / 30 °C)
- Lattialämmitys puku- ja pesuhuoneisiin, saunaan ja näiden tilojen yhteydessä oleviin WC-tiloihin (vesi 35 / 30 °C)
- Ilmalämmitys prosessi- ja valmistustilat (vesi 60 / 30 °C)
- Ilmalämmitys kiertoilmakoneilla tekniseen ullakkotilaan ja jätehuoneeseen (vesi 60 / 30 °C)

Seinäjoen Energia Oy:lta tuli pyytää hyväksyntä käyttää 60 / 30 °C:n lämpötiloja patterilämmityksen kanssa, koska ”Rakennusten kaukolämmitys: Määräykset ja ohjeet K1/2013” [10] ohjeistaa käytettäväksi uudisrakennusten patterilämmityksessä ensisijaisesti lämpötiloja 45 / 30 °C ja vain poikkeustapauksissa 60 / 30 °C.

45 / 30 °C:n lämpötiloilla olisi patterikoot kasvaneet kohtuuttoman suuriksi ja esimerkiksi osassa toimistotiloissa ei olisi enää ulkoseinätila riittänytkään patterikoolle, mikä kattaisi tilan lämpöhäviöt. Tämän myötä muutenkin pieneen tilaan olisi pitänyt sijoittaa vielä toinen patteri esimerkiksi väliseinälle, mikä olisi vienyt tilan pinta-alaa ja lisäksi vaikeuttanut tilan kalustusta. Seinäjoen Energia Oy salli kohteessa käytettäväksi 60 / 30 °C:n lämpötiloja patterilämmityksessä.

### 5.2 Laitteet

Pattereita ei sijoitettu prosessi- ja valmistiloihin hygieniasyistä, sillä patterit keräävät useasti taakseen ja sisäänsä likaa, joka on vaikeasti puhdistettavissa.

Lattialämmitysputkeksi valittiin koko 17 x 2,0 mm ja jaoksi 150 mm, joka riittää kattamaan tässä tapauksessa tilojen lämpöhäviöt ja on suositeltava jako märkätiloissa ja kivipintaisissa tiloissa. Maksimi piirinpituutena pidettiin tuotevalmistajan suosittelemaa arvoa 80 m, ettei painehäviö kasva liian suureksi.

Lattialämmitysputkiston kanssa tuli myös ottaa huomioon, että siirtoputkistot tulee asentaa suojaputkeen, ettei niillä lämmitetä turhaan tilaa, jonka läpi siirtoputkisto kulkee. Kuvien tilojen piireihin tulee moottoriventtiilit, mutta märkätilojen piireihin ei. Tällöin niissä on jatkuva vesikierto, mikä auttaa lattiaa kuivumaan nopeammin. Jakotukit sijoitettiin lukittaviin tehdasvalmisteisiin jakotukkikaappeihin. Lisäksi ne ovat varustettu vesivuotoanturilla, joka antaa hälytyksen vuototilanteessa. Lattialämmityksessä käytettiin Uponor Oy:n tuotteita. Tiloja ei saa energiansäästöyistä yhtä aikaa jäähdyttää ja lämmittää. Tästä syystä tiloissa, joissa on lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä, valittiin laitteille toimilaitteet, jotka antavat laitteen tai laitteiden vain joko lämmittää tai jäähdyttää tilaa.

Pattereiksi valittiin Purmo Compact -malleja ja niille Danfoss RA-N -esisäädettävät venttiilirungot. Patteriventtiilirunkoihin määritettiin termomoottorit normaalin patteritermostaatin sijaan toimistotiloissa, joissa on myös aktiivipalkkijäähdytys. Termomoottorit johdetaan toimistojen sähkökourujen sisässä huonesäädinyksikölle, josta menee myös johto jäähdytyspalkkien 2-tiemoottoriventtiilille alakatossa. Huonesäädinyksiköllä tiloihin säädetään tilassa pidettävä lämpötila, mikä myös pitää huolen ettei tiloja lämmitetä ja jäähdytetä yhtä aikaa.

Nosto-ovien ilmaverhokoneiksi tuli ovitoimituksessa valmiiksi sähkötoimiset Mesvac Oy:n oviverhokoneet, mistä syystä oville ei tarvinnut valita erikseen vesikiertoisia oviverhokoneita. Pakkasvaraston alle tuli varata lattialämmitys, jolla estetään mahdolliset jäätymis- ja kosteusvauriot pakkasvaraston alla olevissa rakenteissa. Pakkasvarasto rakennukseen tuli omana elementtinään ja sen alle valittiin sähköinen lattialämmitys, koska vesikiertoisessa on riski mennä jäähän.

Kaukolämpölämmönsiirtimen teknistä mitoitusta laitevalmistajalta pyydettyä tuli ottaa huomioon, että  $k_{vs}$ -arvoltaan yli 6,3 olevat säätöventtiilit ensiöpuolella suositellaan toteutettavaksi kahdella säätöventtiilillä (30 % ja 70 % mitoitus-tehoa vastaavasta virtaamasta) venttiilien toiminnan parantamiseksi [10, s. 16]. Käytännössä tämä arvo tarkoittaa yli 300

kW teholtaan olevia siirtimiä. Tässä kohteessa käyttöveden lämmönsiirtimen teho oli 330 kW ja laitevalmistaja oli valinnutkin jo valmiiksi kaksi säätöventtiiliä. Myös alueen kaukolämpöverkoston paine-ero oli ilmoitettava laitevalmistajalle venttiileiden mitoitusta varten. Tämä arvo saatiin kaukolämpöliitoskohtalausunnosta.

### 5.3 Lämpöhäviöt

Lämpöhäviöt laskettiin kohteeseen CADS 2018 -ohjelmistolla. Lämpöhäviöiden laske-  
miseksi tarvittiin kohteen rakennetyypit lämmönläpäisykertoimiseen eli U-arvoineen  
sekä ARK-piirustukset DWG-tiedostona, jotta saatiin tilat rajattua lämpöhäviölaskelmiin  
oikein.

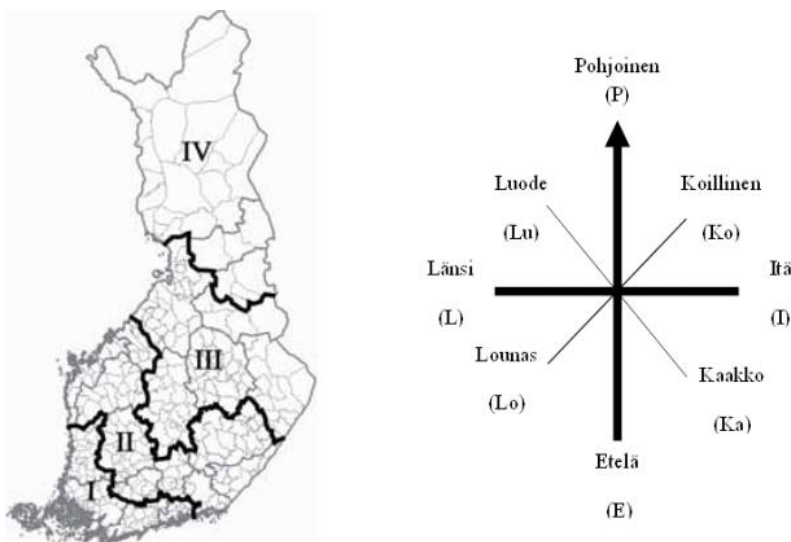
Rakennetyypit U-arvoineen ja paksuuksineen saatiin rakennesuunnittelijan rakennetyyp-  
piirustuksista sekä arkkitehdin ovi- ja ikkunakaavioista, jotka ovat myös Ympäristömi-  
nisteriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta -säädöskokoelman mukai-  
set [27]:

- alapohja (maata vasten oleva betonilaatta),  $U=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ulkoseinä (pelti-eriste-pelti sandwich-elementti),  $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- yläpohja (TT-laatta, eriste päällä),  $U=0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ikkunat ja ovet,  $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- savunpoistoluukut,  $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Yhteensä kohteessa oli kaksi eri alapohja-, kolme eri ulkoseinä-, kuusi eri väliseinä-,  
kaksi eri välipohja- ja kaksi eri yläpohjarakennetta, näiden erilaiset arvot tuli huomioida  
lämpöhäviölaskentaohjelmaan rakenteiden tietoja ohjelmaan syötettäessä.

Seinäjoki kuuluu säävyöhyke II:een (kuva 9), jolloin saadaan seuraavat mitoitusravot:

- mitoittava ulkoilman lämpötila kohteessa on  $-29 \text{ }^\circ\text{C}$
- vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila  $4,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- lämmityskauden keskimääräinen ulkoilma lämpötila  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Kuva L1.1. Säävyöhykkeet ja ilmansuuntien lyhenteet.

<i>Taulukko L1.1. Mitoittavat ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.</i>	
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C
I	-26
II	-29
III	-32
IV	-38

Kuva 9. Säävyöhykkeet Suomessa [12, s. 11].

Rakennuksen ilmanvuotolukuna lämpöhäviölaskelmissa käytettiin arvoa  $q_{50}=2,0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , koska kohteen urakkaohjelmassa (Urakkaohjelma KVR-urakka, teknisten ratkaisujen urakka 28.5.2018 / Ramboll CM Oy) ilmanvuotoluvusta on määritelty ”ilmanvuotoluku  $q_{50}$  ei saa olla millään alueella huonompi kuin  $2,0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ”. Ilmanvuotoluvulla  $q_{50}$  tarkoitetaan rakennuksen vaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa:n paine-erolla rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan [27, s. 2].

Lisäksi lämpöhäviölaskelmissa tarvitaan eri lämpötilassa pidettävien tilojen lämpötilat (taulukko 2), suurimmat esiintyvät tuloilmavirrat (taulukko 3) ja tuloilman lämpötila eri tiloissa (taulukko 4), koska osaa tiloista lämmitettiin ilmalämmityksellä ja osassa tiloista oli poissaolo-, normaali käyttö- ja tehostustilanteet ilmavirroille. Poissaolotilanteessa ilmavirrat ovat neljänneksen (1/4) käyttöajan tilanteesta (1/1) ja tehostustilanteessa ilmavirrat kaksinkertaiset (2/1) käyttötilanteeseen verrattuna.



Taulukko 2. Tiloissa pidettävät sisälämpötilat.

Tila	Sisälämpötila [°C]
Sosiaalitilat, WC:t	23
Toimistot, taukotilat	21
Tekniset tilat, lämpimät varastot, käytävät (pois lukien käytävä 115)	18
102, 104, 106, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 119, 120 ja 126	20
105 ja 117	10
109 ja 122	5
103	2
114	-18

Taulukko 3. Tilojen ilmavirrat eri käyttötilanteissa

Tila	Ilmavirrat
106, 107, 118, 119	1/1...2/1
211, 212, 216, 217, 218, 219, 220, 221, ja 223	1/4...1/1
203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 224, 225, 226, 227, 228, 230, 231, 233, 234, 235, 236, 237, 240, 241, 242, 243, 246	1/4...1/1

Taulukko 4. Ilmalämmitettyjen tilojen tuloilman sisäänpuhalluslämpötila lämmitystilanteessa

Tila	Sisäänpuhalluslämpötila [°C]
106	24
107	25
118	26
119	24

120	23
111 ja 115	20
Ei-ilmalämmitetyt tilat	18

Porraskäytävissä A (tila 201) ja B (tila 215) on pelkkä erillispoisto ilmanvaihtona. Niihin korvausilma tulee ulkoilmasta ovisäleikön kautta. Koska korvausilma ei ole lämmitettyä, syötetään tilojen korvausilma kohteen säävyöhykkeen mitoittavan ulkolämpötilan -29 °C mukaisesti laskentaohjelmaan. Tämä vaikuttaa paljon porraskäytävien lämpöhäviöihin, jotka ilman korvausilman vaikutusta olisivat esimerkiksi tilassa 215 (sisälämpötila 18 °C) ohjelman mukaan 571 W. Kun tähän lisätään ulkoilmavirran 15 l/s lämmittämisen tehontarve -29 °C:sta 18 °C:een, saadaan lämpöhäviöksi ohjelman mukaan 1430 W. Korvausilman lämmittämisen aiheuttama tehontarve voidaan myös arvioida tehon kaavalla 2:

$$\dot{Q} = q_v * c_p * \rho * \Delta t \quad (2)$$

$\dot{Q}$  on teho [kW]

$q_v$  on ilmavirta [m<sup>3</sup>/s]

$c_p$  on ilman ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK]

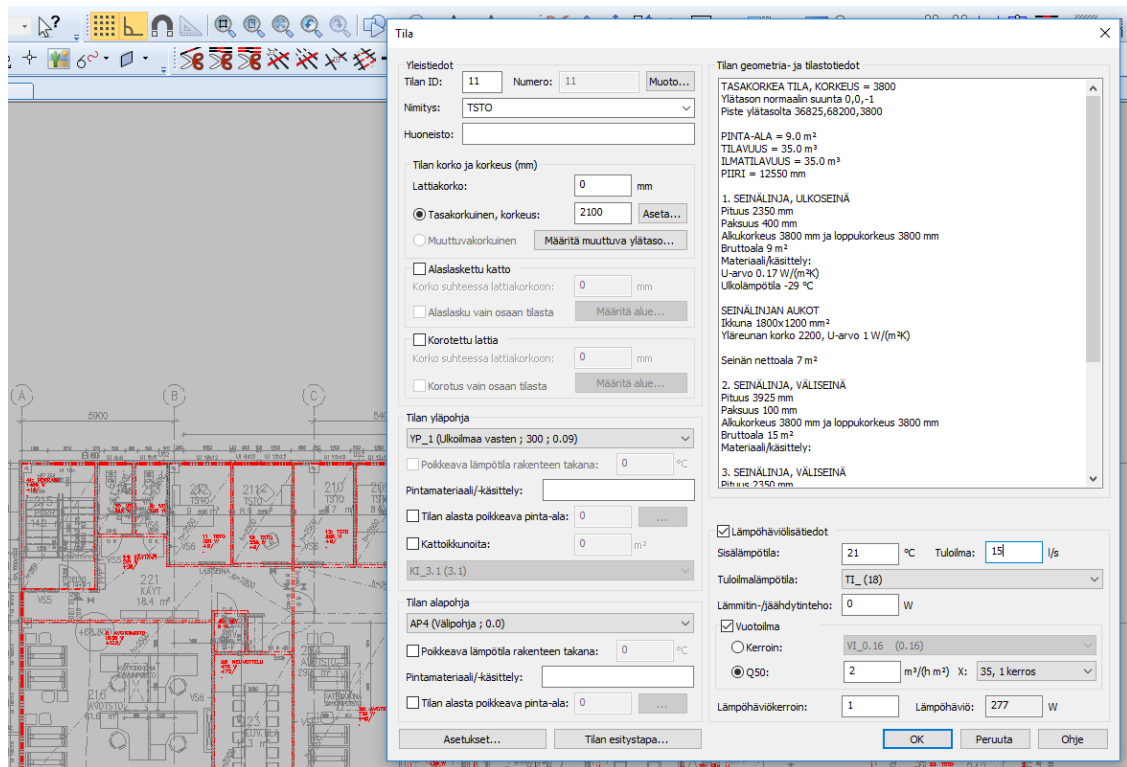
$\rho$  on ilman tiheys [kg/m<sup>3</sup>]

$\Delta t$  on ilman lämpötilaero [°C].

$$\dot{Q} = 0,015 \text{ m}^3/\text{s} * 1,0 \text{ kJ/kgK} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * (18 - (-29))^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q} = 0,846 \text{ kW} = 846 \text{ W.}$$

CADS-ohjelmistosta saa lopuksi lämpöhäviöraportin (kuva 10), joka kertoo laskelmien pinta-alan, tilavuuden sekä keskiarvon tarvittavasta lämmitystehosta pinta-ala- ja tilavuuskohtaisesti.



Kuva 10. Näyttökaappaus CADS-lämpöhäviölaskelmasta, joka antaa tilakohtaisen lämpöhäviöraportin kun rakennuksen lähtötiedot on syötetty.

Lopuksi lämpöhäviöraportin tehoja verrattiin vielä samankaltaisiin aiempiin jo toteutuneisiin kohteisiin sekä ohjelman antamia pinta-ala- ja tilavuustietoja arkkitehdin antamiin, jotta varmistuttiin että laskelmat ovat realistisia ja lämmitystehoa on kohteeseen varattu riittävästi. Lämpöhäviölaskelmien avulla päästiin mitoittamaan kohteeseen lämmityslaitteita.

## 6 Jäähdytys

### 6.1 Suunnittelun lähtökohdat

Tiloihin suunniteltiin seuraavat jäähdytysjärjestelmät LVI-järjestelmäkuvauksen mukaisesti:

- toimistot aktiivipalkit (vesi 14 / 18 °C)
- neuvotteluhuoneet kasettipatterit (vesi 14 / 18 °C)
- kylmätilat jäähdytyspatterit (35 % etyleeniglykolivesiseos 0 / 5 °C)
- pakkastila kylmäkoneikko (R407F höyrystymislämpötila -26 °C)
- ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspatterit TK01TF01 integroitu ja TK02 jälki-jäähdytyspatteri (vesi 14 / 18 °C).

Rakennuksen huoneilman lämpötila saa olla enintään 25 °C lämmityskaudella ja 27 °C sen ulkopuolella [12, s. 3]. Toimistoihin ja neuvotteluhuoneisiin varattiin jäähdytystehoksi 60 W/m<sup>2</sup>, mitä on perinteisesti käytetty toimistorakennuksissa kokemuseräisenä laskenta-arvona [17, s. 42]. Jäähdytys aloitetaan 23 °C:n huonelämpötilassa ja verkoston lämpötilaa ohjataan kastepistekaavan mukaisilla arvoilla (kuva 11) siten, ettei kastepistettä muodostu. Ilman suhteellinen kosteus sisätiloissa on tyypillisesti kesäaikaan 50–70 % ja talviaikaan 20–40 % [24], ulkoilmassa kesäaikaan 65–80 % ja talvella 80–90 % [25].

JPO3-VERKOSTON LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ (KASTEPISTE)												
SISÄILMAN SUURIN KOSTEUS (JPO3TEME20 & JPO3TEME21)												
	0 % - 45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %	100 %
HUONEILOJEN SUURIN SISÄLÄMPÖTILA	>+30°C	+17	+19	+21	+22	+23	+25	+26	+27	+28	+29	+30
	+30°C		+18	+20	+21	+23	+24	+24	+25	+26	+27	+29
	+29°C		+17	+19	+20	+22	+23	+24	+25	+27	+27	+28
	+28°C		+17	+18	+19	+21	+22	+23	+24	+25	+26	+27
	+27°C			+17	+19	+20	+21	+22	+23	+24	+25	+26
	+26°C	+16		+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23	+24	+25
	+25°C				+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23	+24
	+24°C					+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23
	+23°C						+17	+18	+19	+20	+21	+22
	+22°C							+17	+18	+19	+20	+21
	+21°C								+17	+18	+19	+20
	+20°C									+17	+18	+19
+19°C										+17	+18	

### Kastepisteen määrittäminen

$$T_d = \frac{b * \gamma(T, RH)}{a - \gamma(T, RH)} = \frac{b * \left( \frac{a * T}{b + T} + \ln(RH) \right)}{a - \left( \frac{a * T}{b + T} + \ln(RH) \right)}$$

$T_d$  = kastepiste

$T$  = Lämpötila

RH = Suhteellinen kosteus desimaalilukuna (esim. 55 % = 0,55)

$a$  = 17,27

$b$  = 237,7

ln = luonnollinen logaritmi

Kuva 11. Toimisto- ja neuvottelutilojen jäähdytysverkoston lämpötilan säätö RAU-kaavioissa.

Toimistojen, neuvotteluhuoneiden ja IV-koneiden vedenjäähdytyskoneen VJK02 vaatima teho (90 kW) saatiin laskemalla toimisto- ja neuvottelutiloille kokonaisjäähdytystehot (kuva 12), joihin lisättiin laitetoimittajan teknisten IV-koneajojen edellyttämät jäähdytyspatteritehot päälle.

$$\phi_{VJK01} = \phi_3$$

$$\phi_{VJK02} = \phi_1 + \phi_2$$

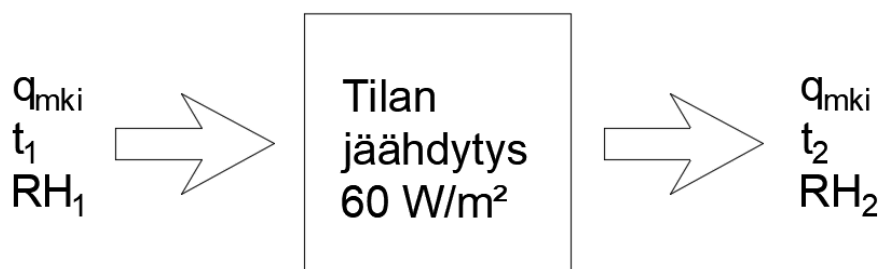
$\phi_{VJK01}$  on vedenjäähdytyskoneen VJK01 kokonaisjäähdytysteho [kW]

$\phi_{VJK02}$  on vedenjäähdytyskoneen VJK02 kokonaisjäähdytysteho [kW]

$\phi_1$  on IV-koneiden jäähdytyspattereiden kokonaisjäähdytysteho [kW]

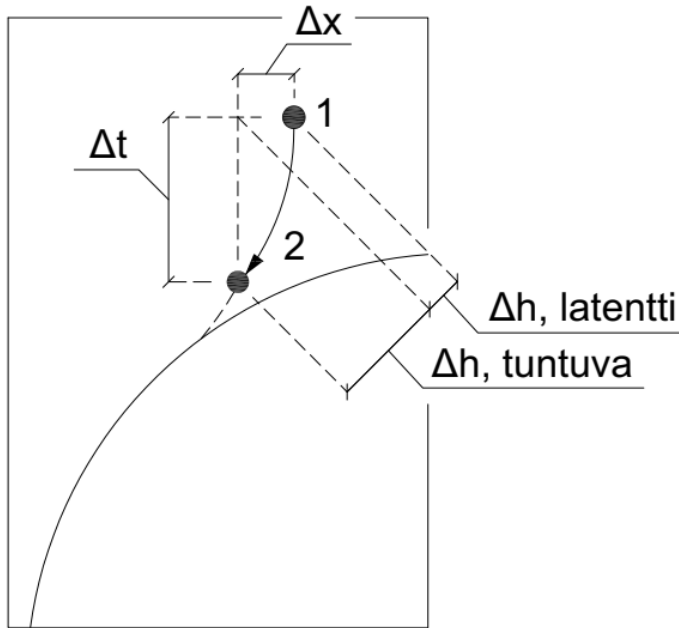
$\phi_2$  on toimistojen ja neuvottelutilojen jäähdytyspalkkien kokonaisjäähdytysteho [kW]

$\phi_3$  on kylmätilojen jäähdytyspalkkien kokonaisjäähdytysteho [kW]



Kuva 12. Periaatepiirustus tilojen jäähdytyksestä.

IV-koneiden jäähdytyspattereiden tehon pystyi laitetoimittajien valintaohjelmien ja teknisten esitteiden lisäksi arvioimaan myös katsomalla Mollier-diagrammista ilman entalpiaeron ennen ja jälkeen jäähdytyspatterin. Entalpiaeron kautta pystyy laskemaan tarvittavan kokonaisjäähdytystehon, jossa latentti jäähdytysteho huomioidaan tuntuvan jäähdytystehon lisäksi (kuva 13). Tällä saadaan huomioitua mitoituksissa myös ilman kuivatamiseen vaadittu teho.



Kuva 13. Periaatepiirustus latentin ja tuntuvan jäähdystehon muodostamasta kokonaisjäähdystehosta Mollier-diagrammissa.

Kun kokonaisjäähdystehon entalpiaero on selvillä, saadaan jäähdystyspattereiden jäähdystysteho laskettua kaavalla 3:

$$\Phi_{\text{jäähdystyspatteri}} = q_m * (h_1 - h_2) \quad (3)$$

$\Phi_{\text{jäähdystyspatteri}}$  on jäähdystyspatterin teho [kW]

$q_m$  on ilman massavirta [kg/s]

$h_1$  on ilman entalpia ennen jäähdystyspatteria [kJ/kg]

$h_2$  on ilman entalpia jäähdystyspatterin jälkeen [kJ/kg].

Kylmätilojen jäähdystyspatterit mitoitti tuotevalmistaja tilojen rakenteiden, siellä pidettävien lämpötilojen, tavaroiden/elintarvikkeiden ja muun tekniikan lämmönluovutuksen perusteella. Yhteistehoksi saatiin kylmätilojen vedenjäähdystyskoneelle VJK01 yhteensä 23 kW. Myös pakkahuoneen suora höyrysteisen kylmäkoneikon mitoitti tuotevalmistaja itse samoilla periaatteilla kuin kylmätilojen jäähdystyspattereidenkin.

Vedenjäähdystyskoneiden yhteistehon perusteella koneille mitoitettiin yhteinen lauhdutin, joka kykenee lauhduttamaan molempia vedenjäähdystyskoneita niiden huipputeholla.

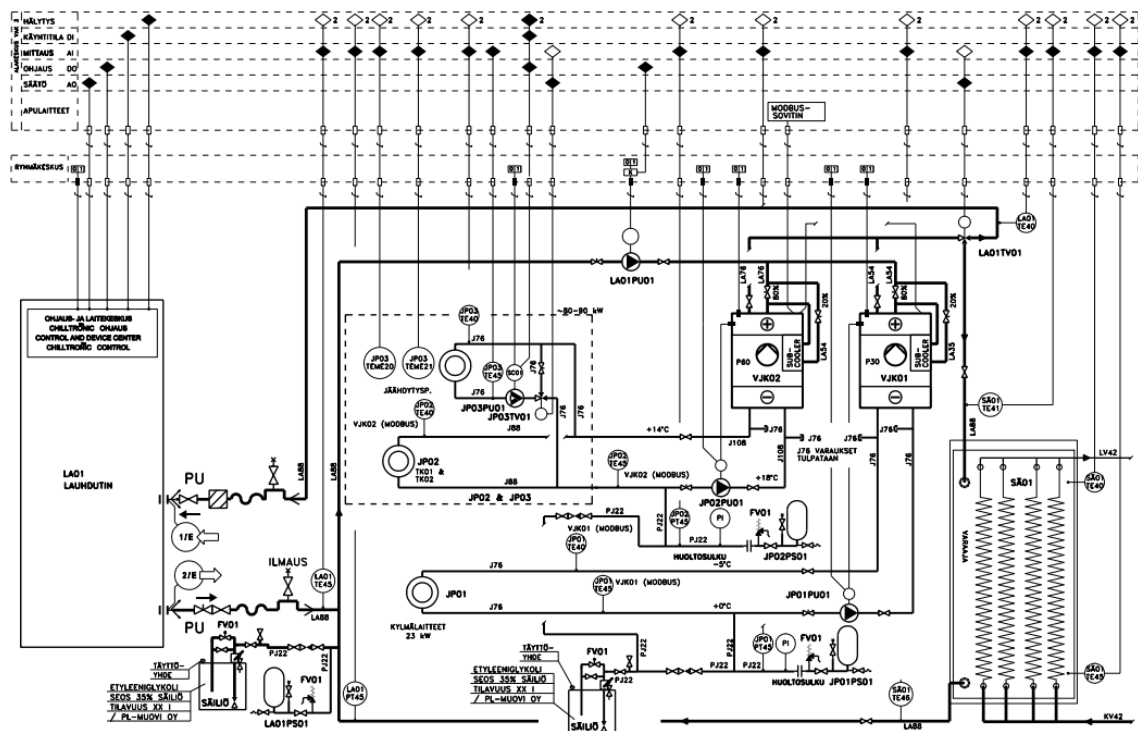
$$\Phi_{LA01} = \Phi_{VJK01} + \Phi_{VJK02}$$

$\Phi_{LA01}$  on lauhduttimen LA01 kokonaislauhdeteho [kW]

$\Phi_{VJK01}$  on vedenjäähdytyskoneen VJK01 kokonaisjäähdytysteho [kW]

$\Phi_{VJK02}$  on vedenjäähdytyskoneen VJK02 kokonaisjäähdytysteho [kW]

Molempiin vedenjäähdytyskoneisiin valittiin lisäksi lauhdepuolelle alijäähdyttimet rinnankytkennällä valmistajan suosituksesta (kuva 14). Ne parantavat laitteiden hyötysuhdetta valmistajan mukaan n. 5 % vain yhden putkiryhmän lauhdepuolelle lisäämällä. Alijäähdytintä on lisävarusteena vedenjäähdytyskoneeseen tuleva lämmönsiirrin, joka tehostaa lämmönsiirtymistä lämpöpumpun prosessissa. Lisäksi jäähdytysjärjestelmä varustettiin vaapaajäähdytyksellä, jonka avulla jäähdytysvettä viilennetään ensisijaisesti kylmän ulkoilman avulla ja vasta tarvittaessa kompressoreilla. Tällä saadaan valmistajan mukaan pienennettyä Suomen kylmässä ilmastossa kylmäjärjestelmän energiankulutusta noin kolmanneksella.



Kuva 14. Vedenjäähdytyskoneiden säätökaavio.



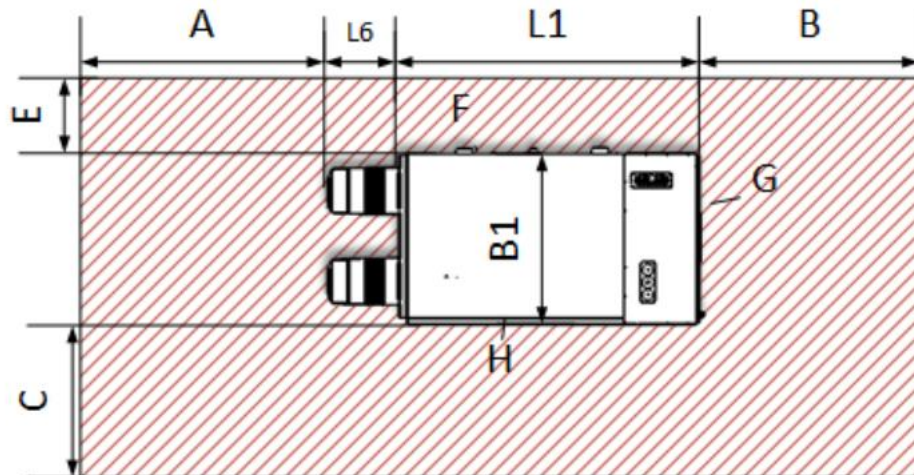
Kylmä- ja pakkastilojen sekä prosessitilojen kautta pyrittiin välttämään viemään muuta tekniikkaa, kuin mikä on välttämätöntä tilojen toiminnan kannalta, jottei tiloihin tuoda turhaan lämpökuormaa.

## 6.2 Laitteet

Vedenjäähdytyskoneiksi valittiin Oilon Oy:n, lauhduttimeksi Ekocoil Oy:n, jäähdytyspatereiksi Refteco Oy:n ja pakkasvaraston Danfoss Oy:n tuotteita. Laitteiden sijoittelun kanssa tuli huomioida niiden vaatima huoltotila (kuva 15), mikä esimerkiksi vedenjäähdytyskoneiden VJK01 ja VJK02 kanssa vaikutti paljon tilavarauksiin ja konesijoitteluratkaisuihin.

### RECOMMENDED SERVICE SPACE

A	800 mm
B	800 mm
C	800 mm
E	400 mm
L1	1571 mm
L6	425 mm
B1	911 mm
F	Process connections
G	Power panel
H	Service doors

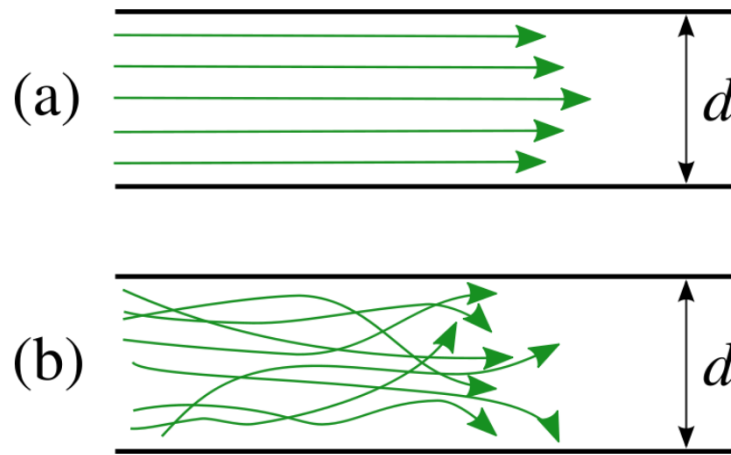


Kuva 15. Vedenjäähdytyskone VJK02:n vaatima huoltotila.

Jäähdytyspalkkeiksi toimistoihin valittiin standardi 600x600 mm alakattomoduliin sopiva kasettimallinen aktiivipalkki LYRA FläktGroup Oy:ltä.

### 6.3 Laitevalinnoista

Valittaessa jäähdytyspalkkeja oli huomioitava varmistaa laitteen ääni-, painehäviö- ja kastepistetiöjen lisäksi, että palkissa kiertää turbulентtinen nestevirtaus laminaarisen sijaan. Laminaarivirtaus huonontaisi oleellisesti lämmönsiirtyvyyttä ja tätä kautta palkin tehoa, kun nestevirtauksen eri kerrokset eivät sekoitukaan enää tehokkaasti keskenään (kuva 16).



Kuva 16. Laminaarinen (a) ja turbulентtinen (b) virtaus putkessa [23].

## 7 Vesijohdot ja viemärit

### 7.1 Suunnittelun lähtökohdat

LVI-järjestelmäkuvauksessa linjattiin seuraavia asioita vesi- ja viemärijärjestelmistä:

- Käyttövesiputkien materiaali on kuparia.
- Prosessi- ja valmistustiloissa näkyvien putkien materiaali on Rst ja ne asennetaan irti seinäpinnasta hygieniasyistä.
- Prosessi- ja valmistustilojen lattiakaivot ovat pyöreäpohjaisia kaivoja Rst-kansilla.
- Kaikki pönttökaivot varustetaan irroitettavalla Rst -sakka-astialla.
- Jätehuoneen ritiläkaivon on oltava autoliikenteen kestävä.
- Rasvanerottimelle menevät viemärit kaivoineen ovat materiaaliltaan Hst, muut viemärit ovat muoviviemäreitä.
- Pönttökaivot ovat pyöreäpohjaisia kaivoja varustettuna vahvistetulla Rst-kannella, pois lukien rasvanerotinkaivolle menevät.
- Kylmä- ja lämminvesimittaukset, päävesi- ja lämminvesimittarit varustetaan M-Bus -tiedonsiirtomodulilla.

### 7.2 Vesikalusteet

Vesikalusteita kohteeseen tuli yhteensä 31 eri mallia.

Hanoja suunniteltiin 14 eri mallia:

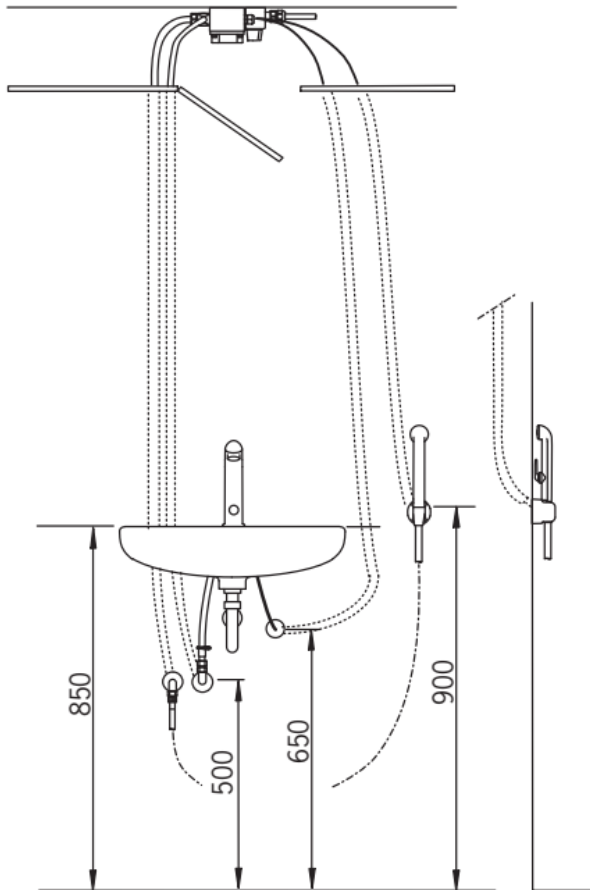
- keittiöhana, tavallinen
- keittiöhana pesukoneventtiilillä
- pesuallashana tavallinen
- pesuallashana bide-suihkulla
- pesuallashana kosketusvapaa
- pesuallashana kosketusvapaa etäkäytettävällä bide-suihkulla
- aputilahana letkuliittimellä
- aputilahana letkuliittimellä ja juoksuputkella
- suihkuhana

- kylmävesihana
- pesukoneventtiili
- vesipostiventtiili
- pikapaloposti
- hätäsuihku.

Hanoiksi valittiin Oras Oy:n tuotteet tilan käyttötarpeen ja LVI-järjestelmäkuvauksen mukaisin varustein. Prosessi- ja valmistustiloissa kosketusvapaiden hanojen elektroniset toimilaitteet sijoitettiin tekniselle ullakolle tai muuten soveltuvaan kuivaan tilaan, esimerkiksi alakattoon. Tiloissa voi roiskua paljon vettä esimerkiksi tilojen pesun yhteydessä ja lisäksi tavanomaisesti altaan alle asennettavat toimilaitteet keräävät likaa ollen näin hygienian kannalta huono asia. Toimilaitteiden sijainnista tuli olla maininta suunnitelmissa, jotta urakoitsija osaa tilata työmaavaiheessa kosketusvapaan hanan pidemmällä valokennokaapelilla ja etäkäytettävässä mallissa pidemmällä ripustinjohdolla.

Inva-WC -tilassa 229 on WC-istuin sijoitettu esteettömyysyistä kauaksi tilan pesualtaalta. Jos tilaan olisi laitettu tavallinen etäkäytettävä bideesuihku, olisi letku pesualtaalta bideesuihkulle tullut yli neljämetriseksi pintavedoksi mikä olisi siivouksen ja esteettömyyden kannalta huono asia. Lisäksi Oras Oy ilmoittaa hanan tuote-esitteessään, ettei voi taata bideesuihkun oikeaa toimintaa käytettäessä jatkettua bideeasennusta.

Ratkaisuksi ongelmaan saatiin Oras Oy:ltä esimerkiksi sairaaloissa käytetty asennustapadetalji (kuva 17), jossa hanan toimilaitte (ohjauslaatikko sekoitusventtiiliineen) asennetaan alakattoon, johon kytketään lämmin- ja kylmävesisyötöt.



Kuva 17. Asennusdetalji kosketusvapaa hana etäkäytettävällä bideesuihkulla.

Sekoitusventtiililtä lähtee kaksi Pex 15 mm -putkea 28 mm:n suojaputkissa hanakulmarsiioille, joista toinen menee pesualtaan hanalle ja toinen WC-istuimen läheisyyteen bide-suihkulle. Lisäksi toimilaitteelta johdetaan ripustinkaapeli bideesuihkulle ja hanalle valokennokaapeli 16 mm:n suojaputkissa. Pidemmistä kaapeleista tuli olla myös tässä tapauksessa maininta urakoitsijaa varten. Tällä asennustavalla säästytään pinta-asennuksilta ja saadaan bideesuihku toimimaan oikein. LVI-järjestelmäkuvauksen mukaisesti prosessi- ja valmistustiloissa vesijohdot tuli olla materiaaliltaan Rst ja ne suunniteltiin pinta-asenteisina ja seinästä irti kannakoituna hygieniasyistä.

Prosessi- ja valmistustiloissa pesualtaita valittaessa tuli myös huomioida, että ne eivät ole ylivuotoaukollista mallia hygieniasyistä, sillä ylivuotoaukoista voi tulla vaikeasti puhdistettavia bakteeripesäkkeitä.

Suurempaan IV-konehuoneeseen, josta oli kulkutikkaat vesikatolle, varattiin tilan Rst-pesualtaan yhteyteen 40 metrin letkukela aputilahanan yhteyteen. Kulkuaukon kautta voidaan vetää letku vesikatolle LTO-huippuimureiden painepesuripesua varten.

Pesualtalle suunniteltiin törmäyssuojat tiloihin, joissa on trukkiliikennettä ja tätä kautta vesipisteillä riski joutua kolhaistuksi. Törmäyssuojat ovat tehty Rst-putkesta ja näihin arkkitehdillä oli valmis detaljikuva aiemmin toteutetusta kohteesta. Törmäyssuojan hankkiminen ja asennus kuuluu rakennusurakkaan.

Pikapalopostin malliksi oli linjattu LVI-järjestelmäkuvauksessa 25 mm/30 m malli 6 kg:n käsisammuttimella. Halkaisijaltaan 25 mm letkulla varustettu malli tuottaa mitoitusvirtaamaksi  $q=1,7$  l/s, kun käytettävissä oleva vesijohtopaine pikapalopostilla on 200 kPa. Lisäksi oli tarkastettava ARK-kuvista, mihin paikkoihin arkkitehti oli pikapaloposteja halunnut, jotta tiedetään riittääkö letkujen pituus joka kohtaan rakennusta ja otetaanko pintavai uppoasenteinen malli. Tässä tapauksessa pikapaloposteiksi valittiin pintamalliset Pivaset Oy:n valmistamat tuotteet.

Hätäsuihkuksi valittiin aiemmissa vastaavissa kohteissa käytetty vartalosuihkumalli Caldomix Oy:ltä, jossa suihkun käynnistys tapahtuu vetokahvaa vetämällä. Vesiposteja rakennukseen suunniteltiin rakennuksen kolmelle sivulle yhteensä neljä kappaletta, jotta vettä saa käytettyä mahdollisimman monelta sivulta ilman pitkiä letkuvetoja. Eteläsivulle rakennusta ei vesipostia voitu laittaa, koska sinne oli varattu rakennuksen mahdolliselle lisälaajennukselle tila, jonka myötä vesipostia ei olisi voinut enää käyttää, kun laajennus tehdään.

Hätäsuihkun, pikapalopostin ja vesipostien kytkentäputkiin laitettiin takaiskuventtiilit heti runkojohtojen yhteyteen. Tämä tehtiin siksi, koska kyseiset vesipisteet ovat harvemmin käytettyjä ja näin vesi voi jäädä seisomaan pitkäksi aikaa vesipisteiden kytkentäputkiin, mistä se sekoittuisi ilman takaiskuventtiiliä runkojohdossa kulkevaan veteen.

Lattiakaivoja suunniteltiin kuusi eri mallia:

- vaakakaivo DN75
- vaakakaivo DN75 3x DN32 sivulähdöillä
- pystykaivo DN75

- pystykaivo DN75 3x DN32 sivulähdöillä
- pystykaivo DN75 erikoisvesilukolla
- vaakakuivakaivo DN32.

Lattiakaivoiksi valittiin tavanomaisia Vieser Oy:n valmistamia malleja. Teknisten tilojen lattiakaivot, joissa on riski lattiakaivon kuivumiseen ja tämän myötä riski viemärihajun pääsemisestä sisäilmaan, varustettiin erikoisvesilukoilla. Niissä on jousipalautteinen läppä, joka avautuu vedenvirtauksesta ja sulkeutuu virtauksen lakattua estäen hajuhaitat.

Pönttökaivoja suunniteltiin kuusi eri mallia:

- vaakakaivo DN110 Hst
- vaakakaivo DN110, 2x DN32 sivulähdöillä
- vaakakaivo DN110 Rst
- vaakakaivo DN110 Rst, 2x DN32 sivulähdöillä
- pystykaivo DN110 Hst
- pystykaivo DN75 Rst.

Pönttökaivot valittiin pyöreäpohjaiset mallit varustettuna vesilukolla, hiekanerottimella ja irroitettavalla sakka-astialla sekä liukastumisen estävällä rutilällä. Pyöreä pohja hygieniasyistä, sillä se on helpompi puhdistaa kuin suorakulmainen malli, jonka ulkokulmiin kertyy helpommin likaa. Kaivojen materiaali on Hst kaivoissa, jotka liittyvät rasvanerottimeen Hst-viemärein. Kaivon materiaali on Hst samasta syystä kuin viemäriputkissakin. Muissa pönttökaivoissa on materiaali Rst ja niiden purkuviemärit ovat muovia.

Kuormitusluokat valittiin taulukon 5 käyttökohde -sarakkeen mukaisesti, mutta lisäksi oli tiin yhteydessä tuotevalmistajaan, jotta saatiin myös heidän mielipiteensä kohteen kaivojen kuormitusluokista. Epäselvissä rajatapauksissa tulee valita suurempi kuormitusluokka riskien välttämiseksi.

Taulukko 5. Kuormitusluokat DIN EN 1433 standardin mukaan [28].

Luokka	Kantavuus [kN]	Kantavuus [tn]	Käyttökohde
A15	15	1,5	Jalankulkutiet, pyörätiet, kotipihat, autohallin edustat
B125	125	12,5	Yksityiset paikoitusalueet, kevyen autoliikenteen väylät
C250	250	25,0	Kevyen huoltoliikenteen alueet (esim. jakelutautot), paikoitusalueet, laatoitetut alueet
D400	400	40,0	Paloasemat, rahtiterminaalit, linja-autoasemat ja -laiturit, huoltoasemien jakelukentät
E600	600	60,0	Teollisuusalueet, satamat, trukilla liikennöitävät alueet
F900	900	90,0	Lentokenttien kiitoradat ja huoltoalueet, rekkojen paikoitusalueet

Kaivojen kuormitusluokaksi valittiin C250 (25 tn) tiloissa, joissa liikutaan trukilla tai pumpukärryillä (jätehuone, valmistus- ja prosessitilat, vastaanotto- ja lähettämötilat, varastot). Muiden alueiden kuormitusluokaksi valittiin A15 (1,5 tn).

Pönttökaivoiksi valittiin Stainless Team Oy:n tuotteita.

Lattia-altaita suunniteltiin kolme eri mallia:

- DN110 Hst 800x400x100 mm
- DN110 Hst 2200x200x100 mm
- DN110 Rst 2500x200x100 mm.

Lattia-altaiden varustelu, materiaalivalinnat, kuormitusluokat ja valmistaja sama kuin pönttökaivoilla. Kaivojen koot arkkitehdin määritysten mukaisesti. Jätehuoneen lattia-altaan materiaaliksi valittiin Rst, koska se liittyy suoraan jätevesiviemäriverkostoon muoviviemärillä, jota ei tulla kuumahöyrypesulla avaamaan. Koska allas haluttiin sijoittaa nosto-oven läheisyyteen, voi olla riski altaan jäätymisestä, kun talvipakkasilla jätehuoneen roska-astioita tyhjennettäessä nosto-ovea pidetään auki pidempiä aikoja. Tämän vuoksi altaaseen ja sen purkuviemäriin suunniteltiin sähköinen saattolämmityskaapeli.



Jäteastioiden siirtokiskot kulkivat altaan yläpuolelta, mistä syystä suunnitelmiin laitettiin myös maininta altaan huollettavuuden huomioimisesta asennusvaiheesta. Tämä onnistuu esimerkiksi jakamalla altaan kansi useampaan osaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.

WC-istuimia suunniteltiin kaksi eri mallia:

- tavallinen lattiamalli
- inva-lattiamalli.

WC-istuimiksi valittiin yksitoimisella 6 litran huuhtelulla olevat Ido Oy:n valmistamat 460 mm korkeat lattiamallit. Yksitoiminen 6 litran huuhtelu valittiin siksi, että alle 6 litran kaksoitoimisia huuhteluita käytetään lähinnä vain asuinrakennuksissa. Inva-WC:n kyynärtukien asennus vaatii kovan istuinkannen WC-istuimeen. Inva-WC:n tulee myös olla on ns. korkeaa mallia, jotta sitä on käyttäjän helpompi käyttää.

### 7.3 Lämpimän käyttöveden esilämmitys

Tekniseen tilaan 244 suunniteltiin koko rakennuksen käyttöveden esilämmitys. Esilämmityksenä toimii 1 m<sup>3</sup>:n puskurivaraaja, jota kautta kylmävesisyöttö käy esilämpenemässä ennen lämpimän veden lämmönsiirintä. Varaajalle ohjataan vedenjäähdytyskoneiden VJK01 ja VJK02 lauhdelämpöä, kunnes lämpötila varaajassa ylittää asetellun lämpötilan, jonka jälkeen kolmitieventtiili kääntää lauhdelämmön vesikatolla olevalle lauhduttimelle. Varaajan ja sen käyttövesikierukat mitoitti laitevalmistaja lauhtevien ja esilämmitettävän veden virtaaman ja lämpötilan perusteella.

### 7.4 Vesisäiliöiden täyttö märkäprosessitilassa

Märkäprosessitilaan 106 tuli suunnitella käyttäjän toiveesta kaksi kappaletta 2,5 m<sup>3</sup>:n vesisäiliöitä, joista yksi kerrallaan saadaan puolessa tunnissa täytettyä 60 °C:n lämpöisellä vedellä. Tarvittava teho tälle saatiin laskettua kaavalla 2:

$$2,5 \text{ m}^3/0,5 \text{ h} = 5,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$5,0 \text{ m}^3/\text{h} / 3,6 = \sim 1,4 \text{ l/s}$$

$$\phi = 1,4 \text{ l/s} * (60-10 \text{ }^\circ\text{C}) * 4,2 \text{ kJ/kgK} * 1 \text{ kg/l}$$

$$\phi = 294 \text{ kW.}$$

Tämä vaikutti käyttöveden kaukolämpölämmönsiirtimen kokoon, koska rakennuksen käyttöveden lämmitystehontarve olisi vesipisteiden perusteella mitoitettuna ollut pienempi (233 kW). Koska tiloissa voi olla muutakin lämpimän veden tarvetta säiliöiden täytön aikana, valittiin käyttöveden lämmönsiirtimen tehoksi 330 kW.

Säiliöiden vesisyöttöön tuli märkäprosessitilaan erillinen vesimittari, suodatin, käyttöpaneeli ja magneettikäyttöventtiili, jotka käyttäjä toimitti putkiurakoitsijalle asennettavaksi. Vesisyötön jälkeen suunniteltiin haarat molemmille säiliöille ja huuhteluhaara sulkuventtiileillä. Sulkuja käyttämällä voidaan valita kummalle säiliölle vettä lähdetään syöttämään vai juoksetaanko sitä säiliöistä ohi viereiseen lattiakaivoon, kunnes vesi on 60 °C lämpötilassa. Tekniselle ullakolle suunniteltiin lämmönsäätöryhmä, joka ohjaa halutun lämpöistä vettä säiliöille käyttöpaneelista säädetyn lämpötilan mukaisesti.

## 7.5 Vesijohdot

Vesijohtojen sijoittelussa tuli huomioida huollettavuus ja puhdistettavuus. Sulkuventtiileitä oli suunniteltava riittävä määrä, jotta esimerkiksi yhden lisävesipisteen lisääminen valmistustiloihin ei katkaise vedensyöttöä muilta valmistus- ja prosessitiloilta. Myös vesijohtojen haaroitukset tiloissa tuli tehdä niin, että tiloihin tulee mahdollisimman vähän likaa kerääviä haaroituksia ja pinta-asennusputkien asennuksesta suunnitelmiin maintenance, että ne tulee kannakoida irti kunnolla seinästä esimerkiksi pidemmällä putkikannakkeilla puhdistettavuuden vuoksi.

Prosessi- ja valmistustiloihin tuli runsaasti ammattikeittölaitetta, joista oli tehty laiteluettelo. Laiteluettelosta kävi ilmi laitteiden mallit, niiden vaatimat liitännät ja muut tekniset tiedot, joiden perusteella voitiin mitoittaa sopivat liitännät LVI-järjestelmiin. Osasta laitteista oli huonommin tietoa saatavilla, jonka vuoksi käyttäjään ja laitevalmistajiin tuli olla

yhteydessä, että kaikille laitteille saadaan varmasti tarvittavat liitännät. Myös muuntojoustavuus tuli huomioida varaamalla ylimääräisiä viemäröintipisteitä ja vesijohtoihin varaa mahdollisia tulevia laitehankintoja ja -siirtoja varten. Märkä- ja kuivaprosessitiloille varattiin tilan yläpuolella olevalle tekniselle ullakolle 28 mm kylmävesivaraukset, jotka varustettiin suluilla ja neljällä 22 mm -lähtövarauksella, jotta niihin on helppo liittyä jatkossa katkaisematta tilojen muuta käyttöveden jakelua.

## 7.6 Viemärit

Myös viemäreiden osalta tuli ottaa suunnittelussa huomioon niiden huollettavuus. Maasta nouseviin pystyviemäreihin sijoitettiin puhdistusluukut 400 mm irti lattiasta, joiden kautta viemäreiden puhdistus onnistuu. Rakennuksen sisäpuolella puhdistusluukuja piti sijoittaa vähintään 20 m:n välein ja ulkopuolella vähintään 40 m:n välein. Maassa olevien viemäreiden tuli olla vähintään kokoa DN75, lukuun ottamatta pintavalussa kulkevia DN32-putkia, jotka liittyvät DN75-lattiakaivojen sivuliitoksiin. Viemärien vaaka-suunnanmuutokset maassa tehtiin 45 °:n käyräosilla tukkeutumisen ehkäisemiseksi [18, s. 55].

Pohjaviemäreitä rakennukseen suunniteltaessa tuli väistää RAK-suunnittelijan anturat, ettei niitä lähdetä lävistämään viemäreillä. Osa vesipisteistä oli suoraan anturoiden yläpuolella, mutta RAK-leikkauskuvista varmistettiin anturoiden päällä olevan juuri sen verran tilaa anturan yläpinnan ja valmiin lattiapinnan välissä, että siitä mahdollaan viemäri johtamaan anturan ohi ja vasta sitten liittämään se runkoviemäriin. Toisesta kerroksesta ensimmäisen kerroksen alakattoon johdettavat viemärit suunniteltiin Geberit Oy:n Silent-PP -desibeliviemäreiksi mahdollisten viemäriäänien ehkäisemiseksi.

Keittiölaitteiden viemäröintipisteisiin piti vesijohtojen tapaan valita oikeankokoiset viemäri-liitokset ja lattiakaivot eri laitteille tilakohtaisten varustelu- ja laiteluettelon (kuva 18), käyttäjän toiveiden sekä muuntojoustavuuden mukaan.

Käyttäjän kanssa tuli käydä LVI-suunnitelmat läpi suunnitteluvaiheessa ja keskustella, onko mahdollista, että tilaratkaisut muuttuvat tulevaisuudessa ja jos on, niin mihin varaudutaan esimerkiksi ylimääräisillä viemäripisteillä. Ylimääräiset viemäripisteet on paljon

helpompaa ja taloudellisempaa toteuttaa rakentamisvaiheessa ja esimerkiksi tulpata lattia- ja seinärajan odottamaan myöhempää käyttöä, kuin jälkeinpäin toteuttaa avaamalla valmiita lattiarakenteita ja pahimmillaan keskeyttää koko tuotantoketju asian vuoksi.

TILOJEN VARUSTELU PERUSTIEDOT				LVI										RAU									
Muutos		Huone nro	Kerros	Tilatyyppi	Lämmitysjärjestelmä (G1)	Paine- / konvektori lämitys	Lattialämmitys	Huonelämmitys	Vesikierto + vieraileva (G2)	Perustallus + vieraileva kpl	Perustallus + vieraileva (G2)	Perustallus + vieraileva kpl	Perustallus + vieraileva (G2)	Perustallus + vieraileva kpl	Perustallus + vieraileva (G2)	Perustallus + vieraileva kpl	Perustallus + vieraileva (G2)	Perustallus + vieraileva kpl	Perustallus + vieraileva (G2)	Perustallus + vieraileva kpl	Perustallus + vieraileva (G2)	Perustallus + vieraileva kpl	
101	J.krs.	118	Uuni, leipomo	Laiteluettelo	x	x																	
102	J.krs.	118	Nostatuskaappi	R&D	x	x																	
103	J.krs.	118	Metos varhu		x	x																	
104	J.krs.	118	Viestikone		x	x																	
106	J.krs.	118	Metos rg 100-raastin		x	x																	
107	J.krs.	118	Viestikone		x	x																	
108	J.krs.	118	Viilpalointi		x	x																	
109	J.krs.	118	Patukkakone		x	x																	
110	J.krs.	118	Laiteluettelo		x	x																	
111	J.krs.	118	FlowPack		x	x																	

Laitetiedot, mitat: leveys(pituus) x syvyys(leveys) x korkeus				Sähkö	P = pistorasia PK = puoliikiintä	K = kiintä	Vesi	Viemäröinti	Ilmanvaihto	Muut																
Uusi / vanha/tila	Pos	Huone nro	Laite	Kapasiteetti/koko	Ulkoteho (kW)	Sähkö (A)	Jännite (V)	Väline	Ulitteet	Tuuletin	Vaaroina	VAK	ATK	kv	lv	rt/ib/aratokero	tyhji- ma	Ulkoinen koneikko esim. kylmä	Oma- valvonta esim. kylmä	Paine- ilma	Höyry	Pesu- aine	Happi	Hilii- oksidit	Tyyppi	
Vanha	30	118	Uuni, leipomo	117x113x200	20,0 kW		3																			
Uusi	31	118	Nostatuskaappi		9,0 kW		3																			
Vanha	32	118	Metos varhu	47x71x89	0,8 kW		3																			
Vanha	33	120	Metos rg 100-raastin	24x50x51	0,3 kW		3																			
Uusi	34	118	Viestikone		5,0 kW		3																			
Uusi	35	118	Viilpalointi		2,0 kW		3																			
Uusi	36	118	Patukkakone		5,0 kW		3																			
Vanha/U usi	37	118	FlowPack	150x150x210	3,0 kW		3																			

Kuva 18. Kuvakaappaus tilakohtaisista varustelu- ja laiteluetteloista

Kondenssiviemäreitä suunniteltiin seuraaville laitteille:

- kylmätilojen jäähdytyspatterit JP103, JP105, JP109, JP117, JP122
- pakkahuoneen jäähdytysisäyksikkö SY114
- neuvotteluhuoneiden puhallinkonvektorit SY01 ja SY02
- tuloilmakone TK01TF01
- poistoilmakone TK01PF01
- lämmöntalteenotolla varustetut huippuimurit TK01PF02 ja TK01PF03
- ilmannvaihtokoneet TK02 ja TK03
- ilmannvaihtokoneen TK02 jälkijäähdytyspatteri.

Kylmä- ja pakkastiloissa kondenssiviemärit viemäroitiin katon rajassa olevalta jäähdytyspatterilta seinää pitkin pintavetona alas DN32Rst-viemärillä, mistä ne johdettiin tilan lattiakaivon sivuliitokseen. Koska tiloihin tuli lattiarajaan PolySto-jalkalistat, tuli jalkalistoja väistää kondenssiviemäreillä kannakoimalla ne tarpeeksi etäälle seinästä. Puhdistettavuus huomioitiin laittamalla puhdistusluukut kondenssiviemäreiden pystyosille 400 mm irti lattiasta. Lisäksi pakkastilassa suunniteltiin saattolämmityskaapelit jäähdytyspatte-reilta kaivolle saakka ja 19 mm:n solukumieriste putken ja saattolämmityskaapelin päälle.

Vesikatolla oleville LTO-huippuimureille suunniteltiin pesua varten saattolämmitetyt DN32-viemärit, jotka johdettiin rakennuksen sisällä rasvanerotinkaivolle menevään viemärirunkoon. Vesikatolla putkien ja saattolämmityskaapeli eristettiin mineraalivillakourulla sarjan 26 mukaan, lisäksi eriste pellitettiin lintujen nokkimisen estämiseksi.

IV-koneiden TK01TF01, TK01PF01, TK02 ja TK03 eteen varattiin erikoisvesilukoilla olevat lattiakaivot kuivumisriskin vuoksi, mihin IV-koneet liittyvät pallovesilukoilla. Pallovesilukossa vesilukon sisällä oleva pallo estää imun viemärointipisteestä, mutta päästää kondenssivedet läpi. Myös varoventtiileiden ulospuhallusputkille varattiin erikoisvesilukolla varustetut lattiakaivot laitteiden läheisyyteen, missä lämmönsiirtonesteenä toimii vesi.

Sisäyksiköiden ja myös muiden laitteiden kondenssiviemärointi suunniteltiin viettoviemärein, jottei erillisiä kondenssivesipumppuja tarvita. Tuuletusviemäreiden kohdat valittiin kohteeseen siten, että viemäreiden enimmäispituudet tuulettamattomana eivät ylitä (taulukko 6).

Taulukko 6. Tuulettamaton pysty- ja kokoojaviemäri enimmäispituus tuulettamattomana [29, s. 49].

Normivirtaamien summa dm <sup>3</sup> /s	Vähimmäis- putkikoko DN	Enimmäispituus tuulettamattomana, m	
		Vaakapituus <sup>1)</sup>	Putouskorkeus <sup>2)</sup>
1,2	50	10	2
2,5	70	10	4
5,4	100	10	4
8,5	125	10	4
12,6	150	rajoittamaton	6

Tuuletusviemärit vietiin vesikatolle hajuhaittojen ehkäisemiseksi. Rasvanerotinkaivon tuuletusviemäri johdettiin rakennuksen ulkopuolelta rakennuksen sisään, mistä se johdettiin omana tuuletusviemärinään myös vesikatolle.

Vesikatolle valittiin Uponor Oy:n DN110-tuuletusputket, jotka on varustettu jäätymissuojalla. DN110-koko valittiin tuuletusviemärille, kun normivirtaamien summa on yli Q=5,0 l/s, joka tässä tapauksessa täyttyi jokaisen tuuletusviemärin kohdalla. Ylimääräisten vesikattoläpivientien välttämiseksi tuuletusviemäreitä yhdistettiin rakennuksen toisessa kerroksessa ennen vesikattoläpivienniä. Tuuletusviemärin vesikattoläpiviennin hankkii ja asentaa rakennusurakoitsija, vesikattoläpivientisarja valittiin katon materiaalin ja arkkitehdin määrittämän värisävyn mukaisesti. Lisäksi tuli huomioida tuuletusviemärin eristäminen kondensoimisen ehkäisemiseksi toisen kerroksen ja vesikaton välisellä osalla, missä kulki myös EI60-palo-osastointiraja. Tällä osalla tuuletusviemäri eristettiin EI60-paloluokan täyttävällä höyrytiivillä eristematolla. Enintään kolme tuuletusviemäriä voitiin yhdistää yhdeksi vesikaton läpi meneväksi tuuletusviemäriksi [29, s. 51].

Tuuletusviemärit sijoitettiin vesikatolla vähintään 8 metrin päähän ulkoilmanotosta ja vähintään 1 metrin päähän toisistaan ja muusta tekniikasta (kuva 19). Lisäksi tuli ottaa huomioon, että tuuletusviemärit sijoitettiin vähintään 1,5 metrin päähän katon reunasta huollon ja asennuksen turvallisuuden sekä myös esteettisyyden vuoksi.

Ulkoilmalaitteen etäisyys	Etäisyys m
Jäteilmalaitteista	kuva 2
Ulkoilman laatua pilaavista lähteistä kuten jätteiden säilytyspaikoista, autojen pysäköinti- ja lastauspaikoista sekä ajoluiskista, tuuletusviemäreiden ja savupiippujen aukoista, keskuspölynimurin ulospuhalluksesta ja jäähdytystorneista	8
Tuuletusviemärin ja savupiipun aukosta, jos se on yli 3 m ulkoilma-aukkoa korkeammalla	5
Maanpinnasta ja pihatasosta	2
Kattopinnasta	0,9
Etäisyys voi olla pienempi, jos ilmanvaihtoa haittaavan lumipeitteen muodostuminen estetään jyrkän harjakaton avulla, lumisuojuksin tai muulla luotettavalla tavalla.	

Kuva 19. Ulkoilmalaitteiden vähimmäisetäisyyksiä [30, s. 11].

Lisäksi käyttäjän toiveesta varattiin jätehuoneen ja kuiva-ainevaraston välille 110 mm:n viemäriputkesta pölynpoistoputkistovaraus, joka tulpattiin molemmista päistä tässä vaiheessa. Jätehuone on oma palo-osastonsa, joten tilan seinän läpi tuleva putkivaraus tuli varustaa palomansetilla. Pölynpoistoputkien suunnittelussa ja asennuksessa suunnanmuutokset tulee toteuttaa 45°:n osilla tukkeutumisen ehkäisemiseksi [18, s. 55].

## 8 Ilmanvaihto

### 8.1 Suunnittelun lähtökohdat

LVI-järjestelmäkuvauksessa linjattiin seuraavia asioita ilmanvaihtojärjestelmistä:

- ilmanvaihtokoneet lämmöntalteenotolla (nestekiertoisten vuosihyötysuhde >68 %, roottoritoimisten vuosihyötysuhde >73 %, SFP-luku <1,8 kW/m<sup>3</sup>/s) pyritään ensisijaisesti sijoittamaan toisen kerroksen IV-konehuoneisiin
- ilmanvaihtokoneet toisen kerroksen toimistotiloille, ensimmäisen kerroksen valmistus-/prosessitiloille ja ensimmäisen kerroksen sosiaalitiloille
- erillispoistoina (SFP-luku <0,9 kW/m<sup>3</sup>/s) porrashuoneet A ja B, ensimmäisen kerroksen jätehuone, liesikuvut, toisen kerroksen toimistojen sosiaalitilat ja ensimmäisen kerroksen erotusprosessitila
- prosessi-/valmistustilojen ja toimistojen IV-koneet tuloilman jäähdytyksellä
- prosessi- ja valmistustiloissa ilmanvaihto on oltava tehostettavissa 2/1 -arvoon normaalista käyttötilanteesta kuivumisen tehostamiseksi
- toimisto-osan vasen ja oikea siipi sekä neuvotteluhuoneet ilmavirtasäätimin
- ilmavirrat Sisäilmastoluokitus 2018 luokka S1:n mukaan toimisto-osaan
- huuvien erillispoistot lämmöntalteenottopattereihin
- huuvien mitoitus laitteiden mukaan, käyttäjän vanhoja huuvia käytetään, mikäli mahdollista
- palopellit paloalueille lämpöilmaisimella, toimilaitteella ja VAK-liitännällä.

IV-koneiden valinnassa noudatettiin LVI-järjestelmäkuvauksessa asetettuja vaatimuksia IV-koneiden ominaissähkötehosta ja hyötysuhteista. Vaatimukset ovat myös mainittu ”Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 Uuden rakennuksen energiatehokkuudesta” -asetuksessa [27] ja Ekosuunnitteludirektiivi 2018:ssa [22].

IV-koneiden lämmöntalteenoton hyötysuhteen kanssa oli huomioitava lämpötilasuhteen ja vuosihyötysuhteen ero. Lämpötilahyötysuhde kertoo lämmöntalteenoton tehokkuuden standardoidussa testitilanteessa, kun taas vuosihyötysuhde ottaa huomioon laitteen koko vuoden käyttöolosuhteet, maantieteellisen sijainnin ja laitteen jäätymisensuojauksen [38]. Näin ollen lämpötilahyötysuhde on vuosihyötysuhdetta suurempi ja tuotevalmistajat yleisesti ilmoittavat laitteidensa hyötysuhteen lämpötilahyötysuhteena, mutta vuosihyötysuhde kuvaa realistisemmin laitteen kykyä ottaa lämpöä talteen käytännössä.



Vuosihyötysuhteen pystyi kuitenkin tarkastamaan esimerkiksi ”1010/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta” -asetuksen taustamateriaalista löytyvällä LTO-laskimella [27]. Laskimeen syötetään IV-koneen mitoitusilmavirrat, lämpötilahyötysuhde, jäteilman minimilämpötila, säävyöhyke, käyttötapa, sekä käyttöilmavirtakerroin, mitä kautta saadaan vuosihyötysuhde laskettua.

Ulkoilma otettiin kaikille IV-koneille vesikatolta, jonne myös ulospuhallusilma johdettiin. Ulkoilmanotto- ja ulospuhallusilmalaitteet sijoitettiin vesikatolle siten, että ulkoilmalaitteiden vähimmäisetäisyydet täyttyivät (kuva 20).

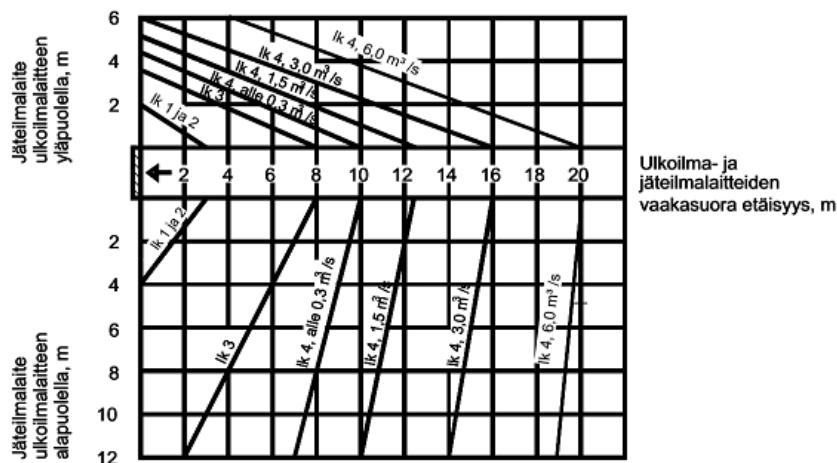
#### 3.4.1.1

Ulkoilmalaitteet sijoitetaan taulukon 4 ja kuvan 2 mukaisesti. Taulukossa esitetyt arvot ovat yleensä vähimmäisetäisyyksiä.

Taulukko 4. Ulkoilmalaitteen sijoitus.

Ulkoilmalaitteen etäisyys	Etäisyys m
Jäteilmalaitteista	kuva 2
Ulkoilman laatua pilaavista lähteistä kuten jätteiden säilytyspaikoista, autojen pysäköinti- ja lastauspaikoista sekä ajoluiskista, tuuletusviemäreiden ja savupiippujen aukoista, keskuspölynimurin ulospuhalluksesta ja jäähdytystorneista	8
Tuuletusviemärin ja savupiipun aukosta, jos se on yli 3 m ulkoilma-aukkoa korkeammalla	5
Maanpinnasta ja pihatasosta	2
Kattopinnasta	0,9

Etäisyys voi olla pienempi, jos ilmanvaihtoa haittaavan lumipeitteen muodostuminen estetään jyrkän harjakaton avulla, lumisuojauskein tai muulla luotettavalla tavalla.



Kuva 2. Jäte- ja ulkoilmalaitteiden väliset etäisyydet. Viivojen väliarvot voidaan arvioida.

Kuva 20. Ulkoilmalaitteen vähimmäisetäisyys [30, s. 13].

Painovoimaisiin savunpoistohormeihin, jotka johdettiin ensimmäisestä kerroksesta toisen kerroksen läpi vesikatolle, lisättiin tuloilmapäätelaitteet estämään niiden kondensointia.

## 8.2 Laitteet

Palopeltien kanssa oli huomioitava RAU-liitettävyyden ja käytettävän paloluokan lisäksi valmistajan ohjeistus palopeltien asennusetäisyyksistä, mikä esimerkiksi tässä tapauksessa FläktGroup Oy:n ETPR-palopelleillä oli 200 mm irti seinästä ja muista palopelleistä. Tämä vaikutti tilavarauksiin ja reitityksiin. Lisäksi palopeltien ja säätöpeltien välittömään läheisyyteen sijoitettiin puhdistusluukku, jonka kautta pelti voidaan puhdistaa ja sen toiminta tarkastaa.

Ilmavirtasäätimiksi valittiin ultraäänitoimiset UltraLink FTCU -mallit Lindab Oy:ltä perinteisten IMS-peltien sijaan. Ultraäänitoimiset ovat tarkempia mittaukseltaan, luotettavampia toiminnaltaan ja niissä ei ole likaantuvia mittayhteitä, jotka vääristävät likaantuessaan mittaustulosta aiheuttaen vääriä ilmavirtoja, ylimääräistä painehäviötä ja tätä kautta huolto- ja käyttökuluja. Muuten IV-tuotteina käytettiin kohteessa pääasiassa FläktGroup Oy:n tuotteita.

## 8.3 Prosessi- ja valmistustilat ensimmäinen kerros

### 8.3.1 Tulo- ja poistoilmakoneet TK01TF01, TK01PF01 ja TK01PF02

Prosessi- ja valmistustilojen IV-koneiksi valittiin Koja Oy:n glykoli-LTO IV-koneet. Tuloilmakone TK01TF01 sijoitettiin suurempaan IV-konehuoneeseen 247 ja LTO-huippuimurit TK01PF01 ja TK01PF02 vesikatolle. LTO-huippuimuri TK01PF01 palvelee prosessi- ja valmistustilojen yleistä ilmanvaihtoa sekä kondenssihuuvia ja TK01PF02 rasvahuuvia. Projektin yhteenlaskettu SFP-luku tuloilmakoneelle ja LTO-huippuimureille on 1,53 kW/m<sup>3</sup>/s ja hyötysuhde standardin EN 308 mukaan 71,3 % [33].

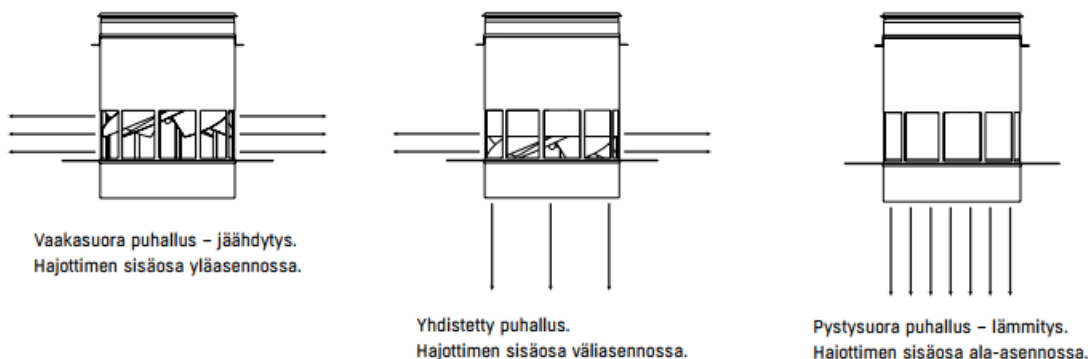
Koneet eriytettiin erillisiksi tulo- ja poistoilmakoneiksi, koska tilassa 247 ei olisi tila korkeussuunnassa riittänyt koneelle, jossa on tulo- ja poistokone samassa. Glykoli-LTO:a

käytettiin ilman epäpuhtauspitoisuuksien vuoksi. Glykoli-LTO ei mene niin herkästi tukkoon esimerkiksi ilman rasvapitoisuuksista kuin vastavirta- ja pyörivä LTO sen harvempi lamellivälisen LTO-rakenteen vuoksi, eikä se palauta poistoilman epäpuhtauksia ja kosteutta tuloilmaan niin kuin pyörivä LTO. [34, s. 288]

### 8.3.2 Päätelaitteet

Prosessi- ja valmistustiloissa, joihin tuli ilmalämmitys- ja jäähdytys, tuli valita päätelaitteet, jotka toimivat molemmissa tilanteissa. Jäähdytystilanteessa ei ole toivottavaa, että laite puhaltaa kylmän huoneilmaa raskaamman ilman suoraan päätelaitteelta alas työntekijöiden niskaan ja lämmitystilanteessa huoneilmaa kevyempi ilma tulisi saada puhallettua alas tilan lattiaan saakka. Ratkaisuksi tähän tilanteeseen valittiin säädettävä pyörrehajotin PDZA Fläktgroup Oy:ltä. Pyörrehajottimessa on säädettävä ilmanheittokuvio, jolla voidaan käyttöönotettaessa säätää ilman heittokuviota erilaiseksi kääntämällä hajottimen lamellien kulmaa (kuva 21), jos esimerkiksi työntekijät kokevat vetoa työskentelypisteissään.

#### HEITTOKUVIOT



Kuva 21. PDZA pyörrehajottimen heittokuviot lämmitys- ja jäähdytystilanteissa [40].

### 8.3.3 Keittiöhuuvat

Huuvia kohteeseen tuli yhteensä neljä kappaletta: näytöskeittiöön kaksi rasvahuuvaa ja yksi kondenssihuuva ja märkäprosessitilaan yksi kondenssihuuva. Koska tiloihin tuli ilmalämmitys ja -jäähdytys, ei huuviin otettu tulo- tai ohjausilmaa lainkaan koska ilmavirta

ei olisi ollut säädettävissä lämmitys- tai jäädytystilanteeseen sopivaksi ja mennyt osin suoraan huuvan poistoilmaan.

Huuvien valinta tapahtui Climecon Oy:n Huuva.X-valintaohjelmalla, johon syötettiin huuvan toivotut mitat, asennustapa (seinä vai keskilattia-asennus), huuvan palvelemien laitteiden sähkötehot ja samanaikaisuuskertoimet. Näiden tietojen pohjalta ohjelma ehdotti sopivia malleja, joista katsottiin sopivat laitteet niin, että ne ovat mitoiltaan, äänitasoiltaan ja painehäviöiltään tiloihin sopivia.

Mitat huuviin valittiin siten, että huuvat peittävät palvelemissaan laitteet ja tästä valittiin seuraava suurempi vakiokokomitta erikoiskokojen välttämiseksi. Huuvien korkeudeksi valittiin 400 mm, koska se on aiempien kokemusten mukaan kärynsieppaamiskyvyltään 300 mm:n mallia tehokkaampi, mutta ei vie niin suurta tilaa korkeussuunnassa kuin 560 mm:n malli.

Samanaikaisuuskertoimella (SAK) tarkoitetaan kuinka paljon laitteet ovat täydellä teholla päällä tilan käyttöajasta ja samaan aikaan, esimerkiksi jos laitteet ovat koko käyttöajan täydellä tehollaan päällä yhtä aikaa niin kertoimena käytetään  $SAK=1$ . Samanaikaisuuskertoimen vaikutus ilmavirtoihin, tyypillisesti ravintolakeittiöissä käytetään arvoja  $SAK=0,8-1,0$  ja laitoskeittiöissä  $SAK=0,5-0,8$  [19]. Tässä tapauksessa samanaikaisuuskertoimiksi yhdessä käyttäjän kanssa sovittiin käytettäväksi Food Service -tilassa arvoa  $SAK=0,5$  ja märkäprosessitilassa  $SAK=0,8$ .

Huuviksi valittiin perusmalliset Standard Plus -mallit Climecon Oy:ltä, joihin on jälkikäteen helposti asennettavissa UV-puhdistusjärjestelmä, jos esimerkiksi keittiön käyttöaste muuttuu ajan kuluessa ja kanavat alkavat rasvoittumaan tavallista enemmän. Rasvahuuviin poistoilmakanavat suunniteltiin seinämävahvuudeltaan  $\geq 1,25$  mm olevasta IV-kanavasta ja eristettiin paloluokkaan EI120 huuvilta LTO-huippuimureille saakka, koska ne ovat paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta vaativia kanavia [31, s. 4].

Märkäprosessitilan huuvan poistoilmakanava johdettiin huippuimurilta vesikaton läpi toisen kerroksen tekniselle ullakolle 400 mm:n kokoisena, josta se supistettiin 250 mm:n kokoiseksi mikä menee ensimmäisen kerroksen märkäprosessitilalle. Tämä laajennusvarauksena, jotta kantaviin rakenteisiin ei tarvitse jatkossa tehdä muutoksia, jos tilojen

ilmavirtoja halutaan kasvattaa. Käyttäjän toiveena oli, että heidän vanhaa rasvahuu-vaansa käytettäisiin jos se vain soveltuu kohteeseen. Vanhassa huuvassa oli kolme 125 mm kanavayhdettä ja siihen oli integroitu oma poistopuhallin. Tällä olisi saatu poistettua ilmaa vain noin 100 l/s, lisäksi huuva ei olisi peittänyt palvelemiaan laitteita ja sen laidatkin olivat vain 150 mm korkeat. Tästä syystä vanhaa huuvaa ei kohteessa voitu hyödyntää.

#### 8.4 Toimistotilat toinen kerros TK02

Toimistotilat toisessa kerroksessa sisältävät 20 toimistohuonetta ja kaksi avotoimistoa, kaksi neuvottelutilaa, taukotilat sekä sosiaalitilat. Toimistotilat jaettiin vasempaan ja oikeaan siipeen, joihin molempiin johdettiin omat IV-runkokanavat ilmavirtasäätimin. Myös neuvotteluhuoneet varustettiin erillisin ilmavirtasäätimin, jotta tiloissa ei pidetä täyttä mitoitusilmavirtaa silloin, kun tiloissa ei ole läsnäoloa.

IV-koneeksi TK02 valittiin TOP-mallinen lattialla seisova pyörivä LTO IV-kone Intervent Oy:ltä. Se sijoitettiin toisen kerroksen pienempään IV-konehuoneeseen 247. Pyörivä LTO valittiin tiloihin hyvän hyötysuhteensa vuoksi. Vaikka pyörivä LTO palauttaakin poistoilmasta hieman ilmaa tuloilmaan, se ei haittaa, koska tiloissa on erillinen poistoilmavaihto alueen likaisille tiloille (esimerkiksi WC:t ja pesuhuoneet). TK02:n kuiva lämpötilahyötysuhde standardin EN 308 mukaan on 75,5 % ja SFP-luku 1,64 kW/m<sup>3</sup>/s [33].

IV-konehuoneeseen 247 ei olisi toimistotiloja rajoittamatta muu IV-konemalli kuin TOP-mallinen seisova kone olisi mahtunut. TOP-malliseen koneeseen ei pyörivällä LTO:lla saanut integroitua jäähdytyspatteria, joten sellainen sijoitettiin tuloilmakanavaan heti koneen läheisyyteen.

#### 8.5 Sosiaalitilat ensimmäinen kerros TK03

Sosiaalitilat ensimmäisessä kerroksessa sisältävät työntekijöiden pukuhuoneet, taukotilat sekä siivoustilan, joista taukotila toimii myös koko rakennuksen väestösuojana. Prosessi- ja valmistustiloista käynti sosiaalitiloihin tapahtuu käytävän kautta, mistä mennään

erilliseen sulkutilaan ennen sosiaalituloja. Sulkutila mahdollistaa, etteivät ilman epäpuhtaudet eivät siirry sosiaalituloista prosessi- ja valmistustiloihin. Sulkutila tehtiin ylipaineiseksi johtamalla sinne pelkkää tuloilmaa, joka siirtyy ovirakojen kautta sosiaalitulojen pukuhuoneisiin pois päin prosessi- ja valmistustiloista.

IV-koneeksi TK03 valittiin TOP-mallinen lattialla seisova vastavirta-LTO IV-kone Intervent Oy:ltä. Se sijoitettiin ensimmäisen kerroksen sosiaalitulojen yhteydessä olevaan siivoustilaan 132. Vastavirta-LTO valittiin, koska se palvelee isoksi osaksi myös WC- ja pukuhuonetiloja, joista ei haluta palauttaa ilmaa tuloilmaan, mitä esimerkiksi hyötysuhteeltaan parempi pyörivä LTO tekee. TK03:n kuiva lämpötilahyötysuhde standardin EN 308 mukaan on 74,0 % ja SFP-luku 1,55 kW/m<sup>3</sup>/s [33].

TOP-mallisella koneella säästettiin tilaa ja pitkiä kanavavetoja toisessa kerroksessa. Arkkitehtia informoitiin IV-koneen mitoista, jotta siivoustilaan saatiin suurempi ovi IV-koneen huoltoa ja haalausta varten. Myös tilan kalustusta muokattiin, jotta kone on huollettavissa ja siivoustila kuitenkin vielä käytettävissä siivoustoimintaa ajatellen.

## 8.6 Erillispoistoilmanvaihto PF01-PF08

Erillispoistoilmanvaihto suunniteltiin seuraaville tiloille, joiden poistoilma johdettiin huippuimureille vesikatolle:

- porrashuone B (PF01)
- toisen kerroksen vasemman siiven toimiston sosiaalitulat (PF02)
- ensimmäisen kerroksen jätehuone (PF03)
- ensimmäisen kerroksen erotusprosessitila (PF04)
- ensimmäisen kerroksen väestönsuojan liesikupu (PF05)
- ensimmäisen kerroksen näytöskeittiön liesikupu (PF06)
- porrashuone A (PF07)
- toisen kerroksen oikean siiven toimiston sosiaalitulat (PF08).

Porrashuoneille A ja B suunniteltiin huippuimurit PF01 ja PF07, koska tilat ovat poistumisteitä [31, s. 6] ja niitä ei saa muun tilan ilmanvaihtoon yhdistää (kuva 22). Korvausilma

tiloihin johdetaan ulkoilmasta ovisäleikköjen kautta. Säleikköjen koko valittiin siten, ettei ilmannoisuus nouse yli 2 m/s säleikön otsapinnassa äänihaittojen ehkäisemiseksi.

### 3.4.2.2

Jäteilman johtaminen rakennuksesta perustuu seuraavaan poistoilmaluokitukseen:

Poistoilma- luokka	Kuvaus ja käytön rajoitus	Tilaesimerkki
1	Poistoilma, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet ovat pääasiallisesti lähtöisin ihmisistä tai rakenteista.  Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi.	Toimistotilat ja niiden yhteydessä olevat pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajukuormitusta.
2	Poistoilma, joka sisältää jonkin verran epäpuhtauksia.  Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautusilmana, mutta se voidaan johtaa siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin.	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet sekä ravintolatilat, joissa tupakointi on kielletty
3	Poistoilma tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua.  Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, piirustuksien kopiointitilat.
4	Poistoilma, joka sisältää pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia huomattavasti enemmän kuin sisäilman hyväksyttävät pitoisuudet.  Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat: -vetokaapit, grillit ja keittiöiden kohdepoistot, - pesuloiden likapyykkitalat. Autosuoja- ja ajotunnelit, maalien ja liuottimien käsittelyhuoneet, elintarvikejätehuoneet, kemialliset laboratoriot, tupakointitilat sekä hotellitilat, joissa tupakointi on sallittu.

### 3.6.2.2

Eri poistoilmaluokkien ilma johdetaan rakennuksesta seuraavien periaatteiden mukaisesti:

- 1) luokkien 1 ja 2 ilma voidaan yleensä johtaa yhteiseen kanavistoon;
- 2) luokan 3 poistoilma johdetaan yleensä erilliskanavilla tai ilmanpuhtaudeltaan samantyyppisiä tiloja palvelevilla yhteiskanavilla ulos, palvelemissa tilojen yläpuolella olevaan kokoojakanavaan tai poistoilmakammioon; sekä
- 3) luokan 4 poistoilma johdetaan ulos erillisillä poistoilmakanavilla.

Jos poistoilmaluokkien 1 ja 2 ilma yhdistetään samaan kanavaan ja luokan 2 ilmavirran osuus on yli 10 % yhdistetystä ilmavirrasta, luokitellaan yhdistetty ilmavirta poistoilmaluokkaan 2.

Kuva 22. Poistoilmaluokat [30, s. 12].

Toimistojen sosiaalituloille suunniteltiin erilliset huippuimurit PF02 ja PF08, koska sosiaalitulojen WC-, pesu- ja siivoustilat kuuluvat poistoilmaluokkaan 3, joiden poistoilma johdetaan yleensä erilliskanavilla tai ilmanpuhtaudeltaan samantyyppisiä tiloja palvelevilla yhteiskanavilla ulos. Koska sosiaalitulojen ilmavirta on yli 10 % toimistojen IV-koneen TK02 kokonaisilmavirrasta ja muiden tilojen poistoilmaluokka on 1, ei sitä enää yhdistetty tilan muuhun poistoilmanvaihtoon. Korvausilma tiloihin johdetaan toimistojen IV-koneelta ovirakojen kautta. Oviraon koko on n. 10 mm oven koko leveydeltä, milloin oviraon kautta otettava maksimi-ilmavirta n. 20 l/s, kun maksimi-ilmannoisuus raossa pidetään 2 m/s.

Jätehuone on poistoilmaluokkaa 4, joten sen poistoilma tuli johtaa ulos erillisenä huippuimurilla PF03. Korvausilma tilaan tuotiin ensimmäisen kerroksen tuloilmakoneelta TK01TF01. Koska jätehuone on oma palo-osastonsa, tuli tilan kanavoinneissa huomioida palopellit ja -eristykset.

Liesikuvuille suunniteltiin omat jatkuvasti käyvät huippuimurit PF05 ja PF06 LVI-järjestelmäkuvauksen mukaisesti, korvausilma niille saadaan tiloja palvelevilta IV-koneilta. Poistumisteiden huippuimurit käyvät jatkuvasti, muiden tilojen huippuimureiden ilmavirrat on sidottu tiloja palvelevan IV-koneen käyntiin ja toimistotiloissa vyöhykesäädön ilmavirtoihin, jotta ilmavirtasuhteet eivät aiheuta tiloihin liiallista yli- tai alipainetta (kuva 23).

#### 3.7.6.1

Rakennus suunnitellaan yleensä ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jotta voitaisiin välttyä kosteusvaurioilta rakenteissa sekä mikrobien aiheuttamilta terveyshaitoilta. Alipaine ei kuitenkaan saa yleensä olla suurempi kuin 30 Pa.

#### 4.1.2.4

Ilmanvaihtojärjestelmän virtaus-, ääni-, sähkö- ja lämpötekniset suoritusarvot mitataan vähintään järjestelmän käyttöajan tehostamattomalla mitoitusilmavirralla ja asunnoissa myös tehostetulla mitoitusilmavirralla. Hyväksyttävät poikkeamat mitoitusarvoista ovat yleensä seuraavat:

- 1) ilmavirta järjestelmäkohtaisesti  $\pm 10 \%$ ;
- 2) ilmavirta huonekohtaisesti  $\pm 20 \%$ ;
- 3) ilman nopeus oleskeluvyöhykkeellä  $+ 0,05 \text{ m/s}$ ;
- 4) sähköteho  $+ 10 \%$ ; sekä
- 5) lämmitysteho  $-10 \%$ .

Hyväksyttävät poikkeamat sisältävät sekä mittaustuloksen poikkeamat että mittausepävarmuuden.

Kuva 23. Rakennuksen sallittu alipaineisuus ja ilmavirtojen sallitut poikkeamat [30, s. 19 ja 23]

Huippuimureiksi valittiin Vilpe Oy:n ECO-mallisia huippuimureita, joille valittiin katon kateen ja kaltevuuden mukaan kattoläpivientisarja. Valmis kattoläpivientisarja mahdollistaa asennuksen ilman erikseen rakennettavaa puurakenteista läpivientipiippua. Koska katto oli loiva (1:20 kumibitumikermikate), ei ollut tarvetta sijoittaa vesikatolle tulevaa LVI-tekniikkaa mahdollisimman lähelle katon harjaa lumikuormien vuoksi. Näiden lisäksi tuli glykoli-LTO:lla varustettu poistoilmakone TK01PF01 ja LTO-huippuimurit TK01PF02 ja TK01PF03.



Radon-poistot jätettiin varauksina rakennustyöselostuksen mukaisesti. RAK-suunnittelija varasi kolme 160 mm radon-linjaa rakennuksen alapohjaan, jotka johdettiin rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen ja tulpattiin lattiarajaan. Radon-putkien mitoitus tarkastettiin, että se riittää ohjekortin RT 81-11099 mukaisesti (0,05 l/s,m<sup>2</sup> maanvastaista lattia- ja seinäneliötä kohti). Reikäkuvissa ja muussa suunnittelussa radon-putkistoille jätettiin tilavaraukset, jotta ne voidaan lisätä tarvittaessa jälkeempään.

IV-konehuoneessa 244 tuli huomioida tilaan sijoitettavien laitteiden sisältämien kylmäaineiden mahdollisesti vaatima erillinen hätätuuletusjärjestelmä. Laitevalmistajalta saatiin tieto koneajojen yhteydessä viitaten kylmäaineistojen ja lämpöpumppustandardiin SFS-EN 378-3:2016 kohtaan C1 [16], ettei tila tässä tapauksessa vaadi erillistä hätäilmanvaihtoa.

## 8.7 Ylilämmön poisto

Teknisen tilan sisälämpötila ei saa nousta yli 35 °C [10, s. 5]. IV-konehuoneeseen 244 (pinta-ala 114,7 m<sup>2</sup>) suunniteltiin ylilämmön poisto tilassa olevien vedenjäähdytyskoneiden, paineilmakompressorin ja kaukolämpökeskuksen tuottaman ylilämmön vuoksi. Ulkoilman lämpötilaksi oletettiin kesätilanteessa 21 °C, mistä saatiin lämpötilaeroksi (35 - 21) °C = 14 °C.

Kokemusperäisenä mitoitusarvona ylilämmön poistolle käytettiin 150-200 W/m<sup>2</sup>, tässä tapauksessa 180 W/m<sup>2</sup>. Jäähdytystehontarpeesta saatiin tarvittava ilmavirta kaavalla 2:

$$180 \text{ W/m}^2 * 114,7 \text{ m}^2 = 20\,646 \text{ W} = \sim 20,6 \text{ kW}$$

$$20,6 \text{ kW} / (14 \text{ °C} * 1,0 \text{ kJ/kgK} * 1,2 \text{ kg/m}^3) = 1,23 \text{ m}^3/\text{s} = \sim 1200 \text{ l/s.}$$

Yhteensä ylilämmön poistoilmavirraksi saatiin 1200 l/s, millä päästiin mitoittamaan ylilämmönpoistopuhaltimet ja -korvausilmalaitteet. Ylilämmönpoistopuhaltimeksi valittiin EC-moottorikäyttöinen kanavapuhallin. Puhaltimen imupäähän suunniteltiin imuverkko ja 900 mm äänenvaimennin. Ulkoseinään suunniteltiin 630 mm:n ulkosäleikkö 500 mm:n kokoisen sijaan, koska 500 mm säleikössä olisi 1200 l/s ilmavirralla ollut korkea painehäviö (150 Pa). Ulkosäleikön ja puhaltimen väliin suunniteltiin eristetty moottoripelti, joka

menee virrattomana kiinni-asentoon jousikuormitteisesti. Ulkosäleiköltä moottoripellille menevä kanava kondenssieristettiin solukumieristeellä.

Korvausilma ylälämmön poistolle suunniteltiin valitsemalla kaksi 650x650 mm moottorisäleplehtiä päällekkäin ulkoseinään. Säleplehtien jälkeen laitettiin suodatinrungot G3-luokan 592x592x48 mm suodattimilla, jotta ulkoilman epäpuhtaudet eivät pääse tilaan sisään. Säleplehti myös eristettyä mallia ja virrattomana kiinni-asennossa jousikuormitteisesti. Ulkoseinään ennen säleplehtejä laitettiin lumi- ja sadesuojasäleikkö, jotta otsapintanopeus korvausilmalle saatiin alle 0,7 m/s nopeuteen. Tämä siksi, ettei korvausilmaukosta tule esimerkiksi hieno tihkusade tai puuterilumi sisään.

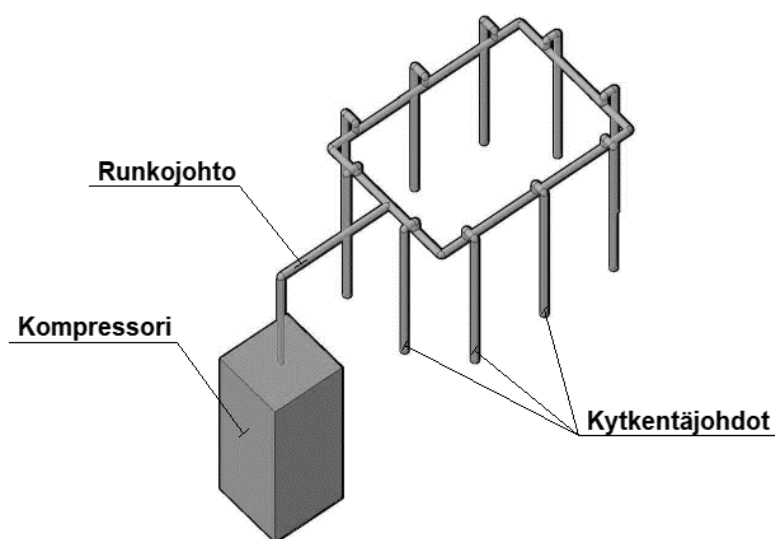
Ylälämmönpoisto toimii termostaattiohjauksella, jossa lämpötila-anturi tarkkailee tilan lämpötilaa ja käynnistää ylälämmön poistoilmanvaihdon tarvittaessa.

## 9 Paineilma

### 9.1 Suunnittelun lähtökohdat

Rakennukseen suunniteltiin paineilmajärjestelmä ensimmäisen kerroksen prosessi- ja valmistustiloille. Tilojen vaatimat paineilmapisteet oli kirjattu LVI-järjestelmäkuvaukseen ja osaksi näytetty ARK-kuvissa, näiden lisäksi käytiin käyttäjän kanssa paineilmatarpeet eri tiloissa läpi ja esimerkiksi desinfiointivaahtopisteiden desinfiointilaitteiden yhteyteen lisättiin pisteet ja jätehuoneeseen piste lattia-altaan puhdistamista varten.

Paineilmaverkoston materiaaliksi määriteltiin LVI-järjestelmäkuvauksessa kokonaisuudessaan Rst, prosessi- ja valmistustiloissa putkien asennus irti seinäpinnasta hygieniasyistä. Paineilmajärjestelmä suunniteltiin rengasverkostona (kuva 24), joka tasoittaa huippukulutuksen aikana painetta renkaan molempiin haaroihin toimien puskurivarastona ja näin ehkäisten paineenvaihtelua verkostossa.



Kuva 24. Paineilmarengasverkko periaatekuva.

Märkä- ja kuivaprosessitiloille varattiin tilan yläpuolella olevalle tekniselle ullakolle DN40 -paineilmarunkovaraukset, jotka varustettiin suluilla ja neljällä DN15 -liitosvarauksella, jotta niihin on helppo liittyä jatkossa tarvittaessa katkaisematta tilojen muuta paineilma-verkostoa.

## 9.2 Mitoitus

Kompressori mitoitettiin LVI-järjestelmäkuvauksen mukaisesti tuottamaan 1,5 m<sup>3</sup>/min 7 bar paineella öljytöntä ilmaa. Kompressori sijoitettiin IV-konehuoneeseen 244.

Paineilmaverkosto mitoitettiin ”Tietoja paineilmajärjestelmän suunnittelijalle” -oppaan [14] kohdan ”paineilmaputkiston mitoitus” mukaisesti käsin. Runkojohdon painehäviö pidetään alhaisena 0,01...0,05 bar välillä ja armatuuriin painehäviö 0,1...0,5 bar välillä siten, että kokonaispainehäviö kompressorin ja paineilmapisteiden välissä on noin 0,3 bar luokkaa. Painehäviöihin vaikuttivat putkipituudet, putkiosat ja -varusteet. Karkeasuodattimen painehäviö mitoitustilanteessa on 0,05 bar ja hienosuodattimen painehäviö on 0,08 bar. Muut putkiosat laskemalla ne pystyttiin muuttamaan putkihalkaisijaa vastaavaksi putkipituudeksi taulukon 7 mukaisesti.

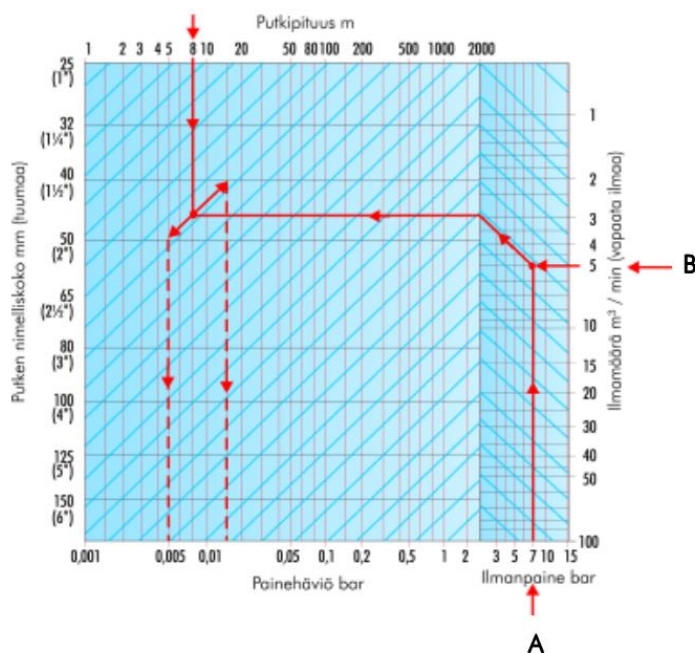
Taulukko 7. Armatuuriin ja putkenosien vastuskertoimet ja vastaavuuspituudet [14].

Armatuurien ja putkenosien vastuskertoimet ja vastaavuuspituudet [m].

Putken osat	Putken nimellismitta											
	$f_i$	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
90° kulma	1,15	1,3	1,7	2,3	2,7	3,6	4,9	5,9	8,1	10,3	12,9	17,8
45° kulma	0,82	0,9	1,2	1,7	2	2,6	3,5	4,2	5,8	7,3	9,2	12,7
90° käyrä	0,245	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,8
90° kaari	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,6
180° käyrä	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,8	2,2	2,8	3,9
T-haara (haarav.)	1,02	1,1	1,5	2,1	2,4	3,2	4,3	5,2	7,2	9,1	11,4	15,8
T-haara (suorav.)	0,35	0,4	0,5	0,7	0,8	1,1	1,5	1,8	2,5	3,1	3,9	5,4
Supistus	0,43	0,5	0,6	0,9	1	1,4	1,8	2,2	3	3,8	4,8	6,7
Takaiskuventtiili	1,34	1,5	2	2,7	3,2	4,2	5,7	6,9	9,4	11,9	15	20,8
Kalvoventtiili	1,01	1,1	1,5	2	2,4	3,2	4,3	5,2	7,1	9	11,3	15,7
Palloventtiili	0,11	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,7
Luistiventtiili	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	1	1,4	1,8	2,2	3,1
Istukkaventtiili	2,69	3	4	5,4	6,4	8,5	11,4	13,8	18,9	24	30,2	41,7

Kokonaisputkipituuden perusteella päästiin valitsemaan putkistojen koot mitoitusnomogramista (kuva 25).

## Putkiston mitoitusnomogrammi



Kuva 25. Paineilmaputkiston mitoitusnomogrammi, kuvassa esitetty A-B -mitoitustilanne ei ole tästä kohteesta, vaan nomogrammin laatijan esimerkki sen käytöstä [14].

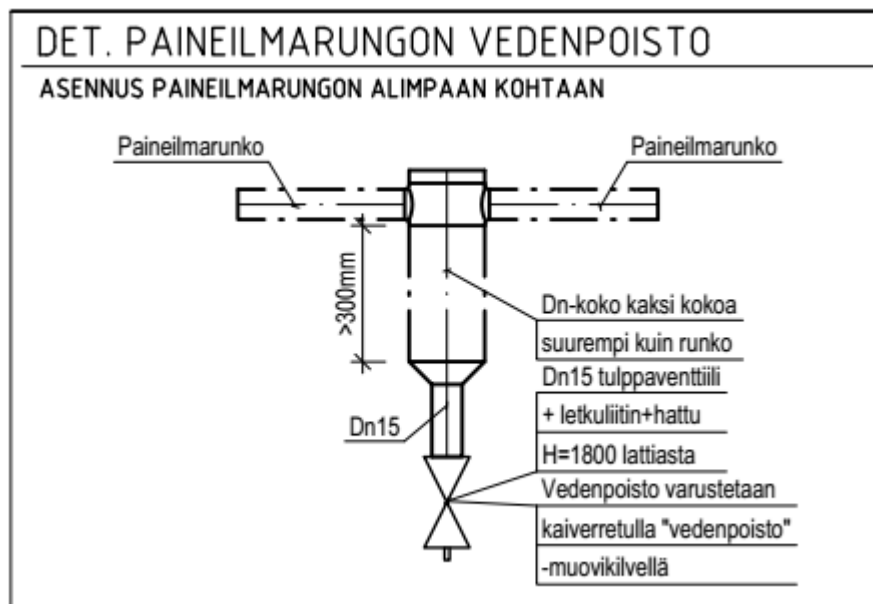
### 9.3 Laitteet

Kompressorivalmistajaksi valittiin Atlas Copco Oy, jolta löytyi LVI-järjestelmäkuvaukseen sopiva korkeimman paineilmaluokan 0 täyttävä öljytön scroll -kompressorimalli. Kompressorissa on graafinen käyttöpaneeli, sisäänrakennetut kuivaimet ja lisävarusteeksi katsottiin yhdessä tuotevalmistajan kanssa valita vielä hieno- ja karkeasuodattimet asennettavaksi laitteen paineilmarunkoon, joka lähtee kompressorilta. Karkeasuodattimen partikkelien suodatuskyky  $1\ \mu\text{m}$  99,99 % ja hienosuodattimen  $0,01\ \mu\text{m}$  99,99 % kompressorin mitoitusilanteessa, patruunoiden vaihtoväli 0,35 bar:n paineerossa.

Suunnitelmissa tuli esittää joustava liitososa paineilmarungon ja kompressorin välille, ettei laitteen värinä kulkeudu putkistoihin sekä värinävaimennus laitteen ja tilan lattian välille.

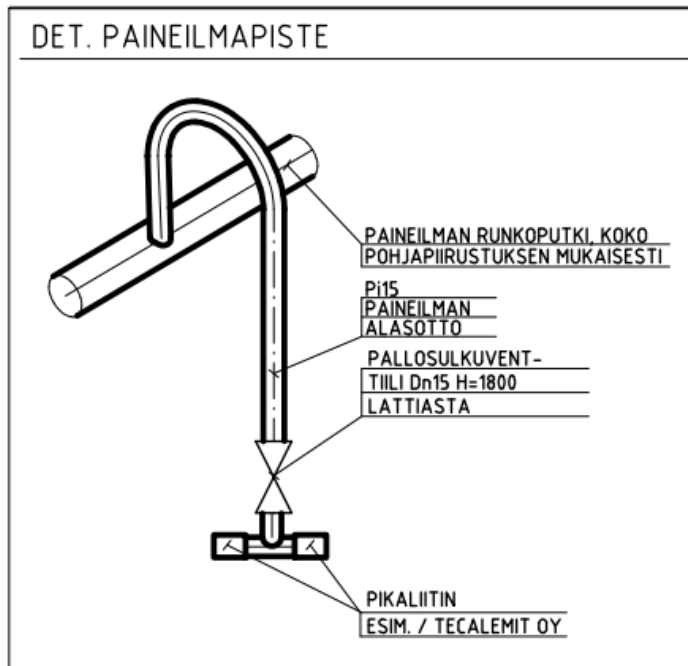
Lisäksi huomiottiin laitteen tuoma lämpökuorma tilan yllämmön poistossa, sillä kompressorin tuottaa lähes ottotehonsa verran yllämpöä tilaan. Tämä aiheuttaa laitteen hyötysuhteen ja käyttöiän alenemista, jos ympäröivän tilan lämpötilan sallitaan nousta korkeaksi [14].

Paineilmarungot suunniteltiin 5 ‰ kaadolla kohti vedenpoistopisteitä, joita laitettiin verkoston alimpiin pisteisiin. Vedenpoistot toteutettiin liittämällä paineilmarunko kaksi DN-kokoa suurempaan min. 300 mm pitkään pystyputkeen, joka toimii keräyssäiliönä mahdollisille vesille ja sen pohjasta lähtee DN15-putki sululla ja letkuliittimellä (kuva 26), jota kautta vesien tyhjennys onnistuu hallitusti esimerkiksi lähimmälle lattiakaivolle.



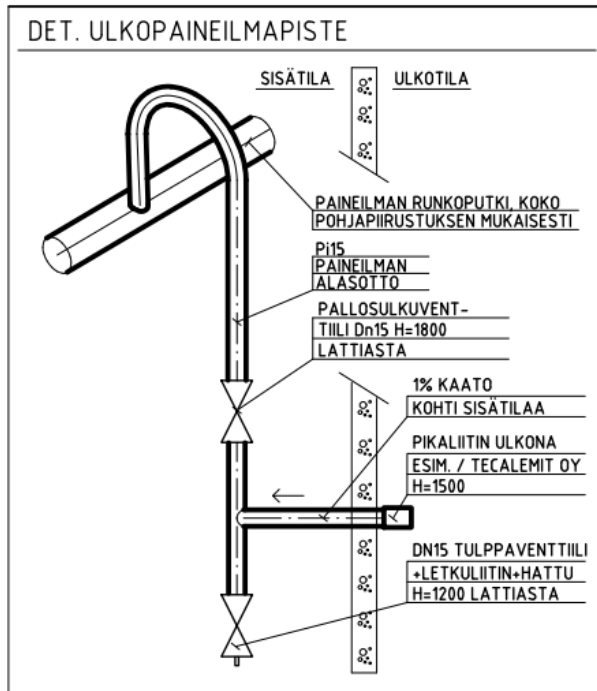
Kuva 26. Asennusdetalji paineilmarungon vedenpoistosta.

Paineilmapisteet suunniteltiin haaroittamalla DN15-kytkentäputket "joutsenkaulalla" rungosta (kuva 27). Kytkenällä halutaan estää vesipisaroiden pääsy käyttöpisteeseen. Paineilmapiste venttiileineen sijoitetaan käytettävälle korkeudelle ( $h=1800$  mm lattiasta), sulun jälkeen tulee T-haara mistä lähtee kaksi pikaliitintä. Toinen pikaliitin muuntojoustavuutta ajatellen, ettei jatkossa tarvitse katkaista toimintaa esim. prosessi- ja valmistustilojen laitteiden kanssa, jos tilaan onkin tarvetta lisätä jatkossa toinenkin paineilmaa vaativa laite.



Kuva 27. Asennusdetalji paineilmapistestä.

Ulkoilmaan laitettiin myös paineilmapistete vastaanottotilan lastauslaiturin yhteyteen käyttäjän toiveesta. Tämä toteutettiin kuten muutkin paineilmapisteteet haaroittamalla paineilmapisteteen kytkentäputki rungosta yläkautta. Seinän läpi menevä putki asennettiin 1 %:n kaadolla kohti sisätilaa (kuva 28), jotta runkoon mahdollisesti kondensoituva vesi valuu sisätilaan kohti tulppaventtiiliä eikä kohti paineilmapistetä, missä voi olla riski rikkoutua jäätyessään.



Kuva 28. Asennusdetalji ulkopaineilmapisteestä.



## 10 Väestönsuoja

Rakennuksen väestönsuojatilat (S1-luokka, suojatila 27,6 m<sup>2</sup>) toimivat myös taukotiloina ensimmäisen kerroksen työtilojen henkilökunnalle. Tiloissa on keittiöpiste ja erillinen pesuallas käsienpesua varten, mille tarvittiin LVI-tekniikan seinäläpivientejä seuraavasti:

- tuloilmakanava 160 mm
- poistoilmakanava 160 mm
- liesikuvun erillispoistoilmakanava 125 mm
- käyttövesiputket kylmä- ja kuumavesiputket Cu15
- jätevesiviemäri DN75Gr
- lämpöputket patterille Fe10.

Putkiseinäläpivientien kohdalla tuli suunnitelmissa mainita VSS-läpivientiosat ja laittaa sulkuventtiilit VSS-tilan sisäpuolelle, jotta putket saadaan sulkuun mahdollisessa kriisitilanteessa tilan sisäpuolelta. Kanavaläpivienneissä mainittiin myös VSS-läpivientiosat ja lisäksi irroitettavat liitoslaipat tilan sisäpuolelle suljettavuutta varten. Jätevesiviemäriille suunniteltiin myös väestönsuojan sisäpuolelta suljettavissa oleva sulkuventtiilikaivo. Koska tässä tapauksessa sulkuventtiilikaivolle ei johdeta WC-vesiä, valittiin sulkuventtiilikaivoksi Wavin-Labko Oy:n DN70 harmaille vesille tarkoitettu VSS-sulkuventtiilikaivo. Viemäriin materiaali seinäläpiviennin jälkeen ja ennen sulkuventtiilikaivoa on muovia. Sulkuventtiilikaivolta tilan ympäryseinän läpi menevän viemäriin täytyi olla valurautaa materiaalin kuormituskestävyyden vuoksi [32, s. 10].

Läpivientien kohdalla tuli huomioida, että putkien sulkuventtiilit ja kanavien liitoslaipat ovat käytettävissä, ettei niiden käytettävyyttä estetä esimerkiksi tilan kalustuksilla. Oli myös huomioitava, ettei sulkuventtiilikaivo tai muu LVI-tekniikka ole tilan VSS-tekniikan (esimerkiksi sulkuteltan tai ylipaineventtiileiden) tiellä.

Kriisinajan ilmanvaihtokanavan reititys tuli myös näyttää IV-suunnitelmiin tilan VSS-ilmanvaihtolaitteistolta. Tilaan tuli yksi VSS-ilmanvaihtolaitteisto (IVL-1), joka riittää 45 m<sup>2</sup>:n suojatilaa varten. Ilmanotto laitteistolle tapahtuu väestönsuojan seinän läpi menevän läpivientiputken kautta, jota suojaa sirpalelevy. Yhtä IVL-1 -laitteistoa kohti rakennetaan 160 mm jakokanava, mihin liitetään 5...7 kappaletta TV-3 tuloilmaventtiileitä, jotta

ilma saadaan jaettua tasaisesti tilaan. Tässä tapauksessa tuloilmaventtiileitä laitettiin 5 kappaletta. Yksi TV-3 tuloilmaventtiili riittää noin 10 m<sup>2</sup>:n alalle [32, s. 8].

Väestönsuojan päälle ennen toisen kerroksen välipohjan alareunaa jäi 1200 mm ilmatila, johon laitettiin painovoimainen ilmanvaihto jotta tilassa saadaan ilma vaihtumaan. Väestönsuojan ja sen yläpuolisen ilmanvaihdon kanssa tulee myös huomioida rakennuksen palorajat. Tässä kohteessa väestönsuoja ei ollut oma palo-osastonsa eikä yläpuolinen ilmatilakaan liittynyt palo-osastosta toiseen, niin palopelleiltä vältyttiin. Väestönsuojan muut laitteet, kuten ylipaineventtiilit ja -mittari, ilmanvaihtolaitteisto läpivienteineen, ulkosäleiköineen ja sirpalesuojineen, suunnitteli kohteeseen väestönsuojatoimittaja.

## 11 ATEX-luokiteltu erotusprosessitila

Erotusprosessitila 105 oli ATEX-luokiteltu tilaluokkaan EX 2. Tilaluokka EX 2 tarkoittaa kaasuräjähdyksvaarallista tilaa, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos ei todennäköisesti esiinny normaalikäytössä ja jos sattuu esiintymään, niin todennäköisesti vain harvoin ja lyhytaikaisesti.

Tämän kohteen tapauksessa tilassa käsitellään 96 % etanolia ja tilasta oli tehty erillinen tilaluokitus selvitys Exvira Oy:n toimesta, missä linjattiin erotusprosessitilasta seuraavaa: Tilaan 105 tehdään koneellinen poistoilmanvaihto, missä poistoilmapäätelaitteet sijoitetaan huoneen alaosaan ja täytettävän etanoliastian suuaukon kohdalle. Tila 105 on luokan 2 räjähdysvaarallista tilaa 1,5 metriä lattiasta ylöspäin [8] ja tilan poistoilmakanavan ulospuhallusaukon ympärillä on 1,5 metriä luokan 2 räjähdysvaarallista tilaa [37].

Ylä- ja alaosaan tilaa laitettiin poistoilmapäätelaitteet, jotta ilmaa raskaammat ja kevyemmät kaasut tulevat poistetuksi tilasta. Ilmanvaihtokanavisto suunniteltiin tehtäväksi Hst-kanavilla, koska tilasta poistetaan alkoholihöyryjä, jotka voivat kanavavalmistajan mukaan ruostuttaa tavallisia sinkittyjä teräskanavia. Korvausilma tilaan johdettiin viereisestä käytävätilasta. Erotusprosessi- ja käytävätilan väliseen korvausilmakanavaan suunniteltiin suodatinlaatikko F7-luokan suodattimella, jottei käytävältä tule epäpuhtauspitoisuuksia tilaan. Poistoilmakanava EI120-paloeristettiin ensimmäisen kerroksen erotusprosessitilasta vesikatolle. Vesikatolle suunniteltiin ATEX-luokiteltu poistopuhallin, joka piti sijoittaa >1,5 metrin päähän muusta tekniikasta [37].

Tilaluokitus selvityksen linjaukset vaikuttivat tilan ilmanvaihtoratkaisuiden lisäksi jäähdytyspatterin ja sitä palvelevan lämpötila-anturin sijoitteluun, jotka sijoitettiin tilaan siten, etteivät ne ole räjähdysvaarallisella alueella. Tilaan 105 oli myös toive saada kosketusvapaa hana, mutta Ex-tilaluokka 2 -määrityksen vuoksi tilaan valokennohanaa ei saanut käyttää, laittoa vaikka elektroniset verkkovirtatoimilaitteet olisi sijoitettu tilan ulkopuolelle, koska hanan valokennotunnistimelle menee toimilaitteelta anturikaapeli ja hanassa tulisi olla tällöin Ex-merkintä [9].

## 12 Eristykset

Putkieristykset kohteeseen suunniteltiin LVI-ohjekorttien LVI 50-10344, LVI 50-10345 ja TalotekniikkaRYL 2002 [4] mukaisesti. Rakennuksen ulkopuolella maassa kulkevat viemärit ja vesijohdot määritettiin eristettäväksi 1200 mm leveällä ja 100 mm vahvalla XPS-eristelevyllä (esim. Finnfoam-levy), jos peitesyvyys maassa jää alle 1500 mm:n syvyyteen.

Eristysten kanssa tuli huomioida erityisesti eristeen höyrönsulku tekniikan kanssa, jonka eristeenä toimi pelkkä paloeriste. Tällainen tilanne on esimerkiksi jätehuoneen erillispoistokanavassa sen tullessa eri lämpötilassa olevien tilojen läpi vesikatolle saakka. Tässä tapauksessa eristeeltä vaaditaan EI60-paloluokitus sekä höyryntiiviys, jolloin urakoitsijan on käytettävä alumiinilaminaattipintaista paloeristettä ja teipattava saumat tai kondenssieristettävä kanava erikseen ja vasta sen jälkeen paloeristettävä.

Myös eri eristevalmistajien ilmoittamia eristyspaksuuksia tuli verrata ohjekorttien antamiin, sillä tyyppihyväksynät ovat muuttuneet tuotekohtaisiksi ja mitään yhtenäistä eristepaksuuskäytäntöä ei enää ole [17, s.63]. Tämä vaikutti läpiviennin kokoihin, jotta tekniikalle saatiin riittävät läpiviennit varattua. Vesikatolla olevien eristysten päälle suunniteltiin muovitus eristeen säänsuojaksi ja lintujen nokkimisen estämiseksi pellitys vielä muovituksen päälle.

### 13 Rakennusautomaatio

RAU-järjestelmäkuvauksessa oli edellytetty seuraavat asiat kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmästä:

- Laitteiden tulee olla mikroprosessoripohjaisia ja vapaasti ohjelmoitavia.
- Rakennukseen hankitaan alakeskus tai useampia, joilla huolehditaan talotekniikan tarvitsemista mittauksista, ohjauksista, valvonnoista ja säädöistä.
- Järjestelmät liitetään ATK-verkkoon, josta niiden on oltava etäkäytettävissä.
- Valvontajärjestelmien alakeskusten tulee sisältää grafiikkakaaviot ja hälytykset menevät huoltoyhtiön päivystäjän matkapuhelimeen tekstiviesteinä.

Rakennusautomaatiojärjestelmäksi kohteeseen valittiin RAU-järjestelmäkuvauksen edellytysten perusteella Fidelix Oy -rakennusautomaatiojärjestelmä, mihin laitteet liitetään Modbus-väylällä sovittimen kautta. Valvonta-alakeskus VAK 1 sijoitettiin tekniseen tilaan 244 ja moduulikotelot tiloihin 247 (TK02:n luo) ja 132 (TK03:n luo). Moduulikoteiloilla säästettiin IV-koneiden johdotusta, sillä IV-koneilta TK02 ja TK03 on lyhyt matka johdottaa ne moduulikoteloon. Moduulikotelot yhdistettiin väyläkaapelilla VAK 1:een ja CAT-6 -verkkokaapelilla, josta tieto välittyy TCP/IP-protokollan kautta internetiin. Internetin kautta saadaan suoritettua kohteen valvonta ja etäkäyttö. Kohteen hälytykset lähtevät GSM-modeemin kautta huoltoyhtiön päivystäjän matkapuhelimeen tekstiviestillä.

Kohteeseen tuli 22 rakennusautomaatiokaaviota, jotka sisältävät yhteensä 73 sivua.

- K 1 - Rakennusautomaation järjestelmäkaavio
- K 2 - Lämmitys- ja lämminvesilaitteet
- K 3 - Oviverhojärjestelmä, oviverhokoneet TF01-TF06
- K 4 - 117 jätehuoneen ja 245 teknisen tilan lämmitys, kiertoilmakoneet KIK.117 ja KIK.245
- K 5 - Jäähdytysjärjestelmä
- K 6 - Toisen kerroksen huone- ja vyöhykesäädöt
- K 7 - Tulo- ja poistoilmakone TK01, poistoilmapuhaltimet TK01PF02 ja TK01PF03, prosessitilat
- K 8 - Keskusilmanvaihtokone TK02, toimistotilat
- K 9 - Keskusilmanvaihtokone TK03, sosiaali- ja väestönsuojatilat

- K 10 - Keskusilmanvaihtokoneiden TK01 ja TK02 palopeltien ohjaus ja koestus
- K 11 - Ensimmäisen kerroksen meijeri- ja leipomoprosessien vyöhykesäädöt
- K 12 - Ensimmäisen kerroksen näytöskeittiön vyöhykesäätö
- K 13 - Ensimmäisen kerroksen märkä- ja kuivaprosessitilojen vyöhykesäädöt
- K 14 - Porrashuoneen, radonin, WC- ja sosiaalityötilojen poistoilmahuuhtimet PF01-PF08 ja PF10-PF12
- K 15 - Yliämpöpoisto PF09 tekninen tila
- K 16 - Paineilmakompressori KOMP01
- K 17 - Elektroniset pesuallashanat
- K 18 - Märkäprosessitilojen säiliöiden täyttö
- K 19 - Pakkahuoneen 114 jäähdytyslaitteet
- K 20 - Tilojen jäähdytys, jäähdytyspatterit JP103, JP105, JP109, JP117 ja JP122
- K 21 - Erillispisteet
- K 22 - LVI-kojeluetelo.

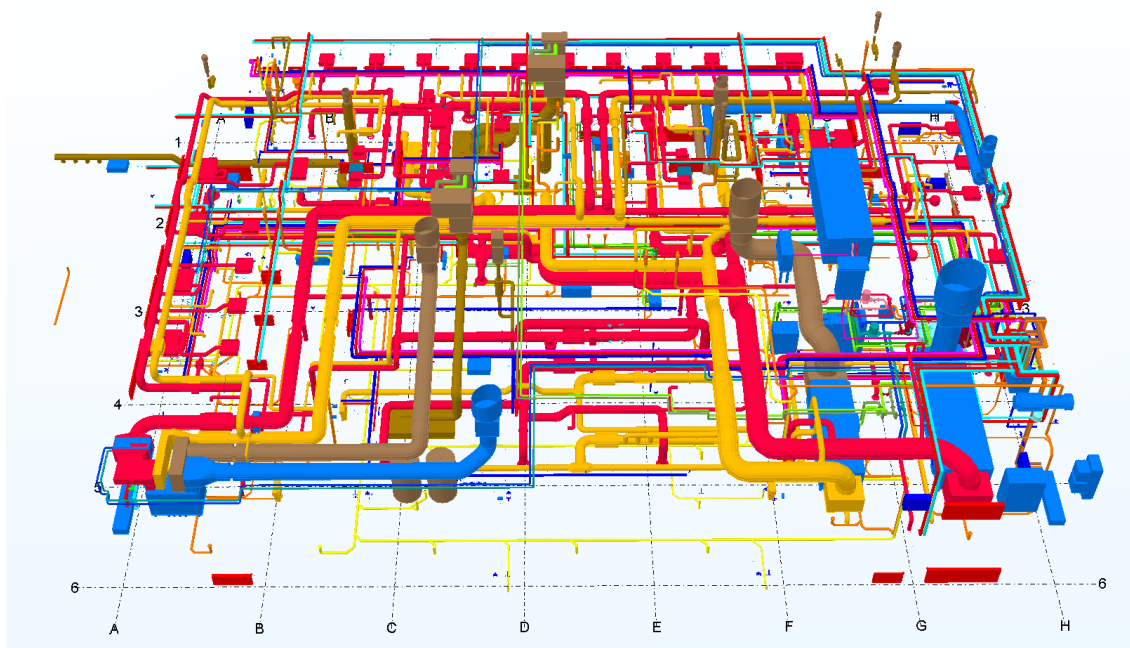
Kaavioissa kuvataan eri järjestelmien toimintaselostus, näytetään niiden keskeiset toiminnot, hälytykset, varotoiminnot, ohjaukset, mittaukset, ohjaus- ja asetusarvot, säädöt, tekniset tiedot, positiot, liitokset ja johdotukset eri valvonta-alakeskuksiin, laitteiden putkikytkennät ja sijainnit sekä urakkarajat eri urakoitsijoiden välillä.

Pohjapiirustuksiin merkittiin eri laitteiden positiot esimerkiksi palopelleistä, ilmavirtasäätimistä, käsikytkimistä, antureista ja venttiileistä selkeyden vuoksi sekä näiden paikat. Antureiden ja käsikytkimien paikkoja valittaessa tuli huomioida niiden käytettävyys ja huollettavuus, laitevalmistajien antamat suojaetäisyydet ja riittävä suojaetäisyys virtauksen häiriökohdista ja muista häiriötekijöistä, ettei esimerkiksi huonelämpötila-antureita laiteta suoraan paljon lämpöä tuottavan laitteen viereen, mikä vääristäisi tilan lämpötilanhallintaa. Lähtökohtaisesti käyttökytkimet ja huonelämpötila-anturit pyrittiin sijoittamaan oleskeluvyöhykkeelle.

Oleskeluvyöhyke. Huoneen osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat ovat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista. [26, s.10]

## 14 Tietomalli

Kohde tietomallinnettiin tekemällä LVI-tekniikasta kolmiulotteinen IFC-malli (kuva 29). IFC-malli mahdollistaa suunnitelmien paremman havainnollisuuden, toteutettavuuden käytännössä ja hankkeen eri osapuolien tekniikan tarkemman yhteensovittamisen kuin perinteinen kaksiulotteinen suunnittelutyö.

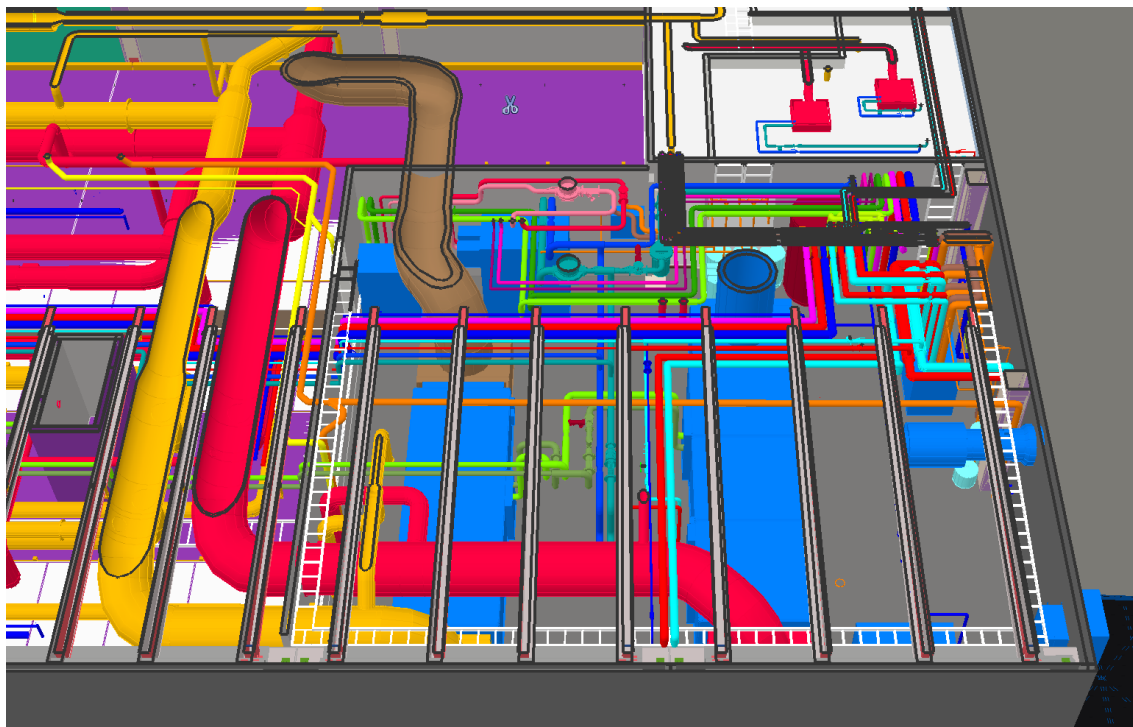


Kuva 29. LVI IFC-malli ilman muiden suunnittelualueiden malleja.

Talotekniikan tietomallinnuksen tasoksi toteutusvaiheessa määriteltiin urakkaohjelmassa ”Yleisiä tietomallivaatimuksia 2012 osa 4. Talotekninen suunnittelu YTV 2012” - ohjeistuksen mukaisesti taso 2: suunnittelu tehdään CAD-ohjelmistoilla 3D-pohjaisesti [7]. Ohjeistuksesta poikettiin LVI-verkoston värien suhteen, koska Sitowise Oy:n Magi-CAD-malliprojektissa värit eivät ole täysin identtiset YTV 2012 osa 4 liite 2:n kanssa.

LVI-tietomallin lisäksi tietomallinsa tekivät arkkitehti, rakennesuunnittelija ja sähkösuunnittelija. Jotta eri suunnittelualueiden tietomallit saatiin sovitettua yhteen yhdistelmämalliksi (kuva 30), oli ensimmäisissä suunnittelukokouksissa sovittava yhdessä käytettävä tietomallin kohdistuspiste. Tässä tapauksessa kohdistuspisteenä käytettiin origo-koordinaattia  $X,Y,Z=31100,40100,0$ .

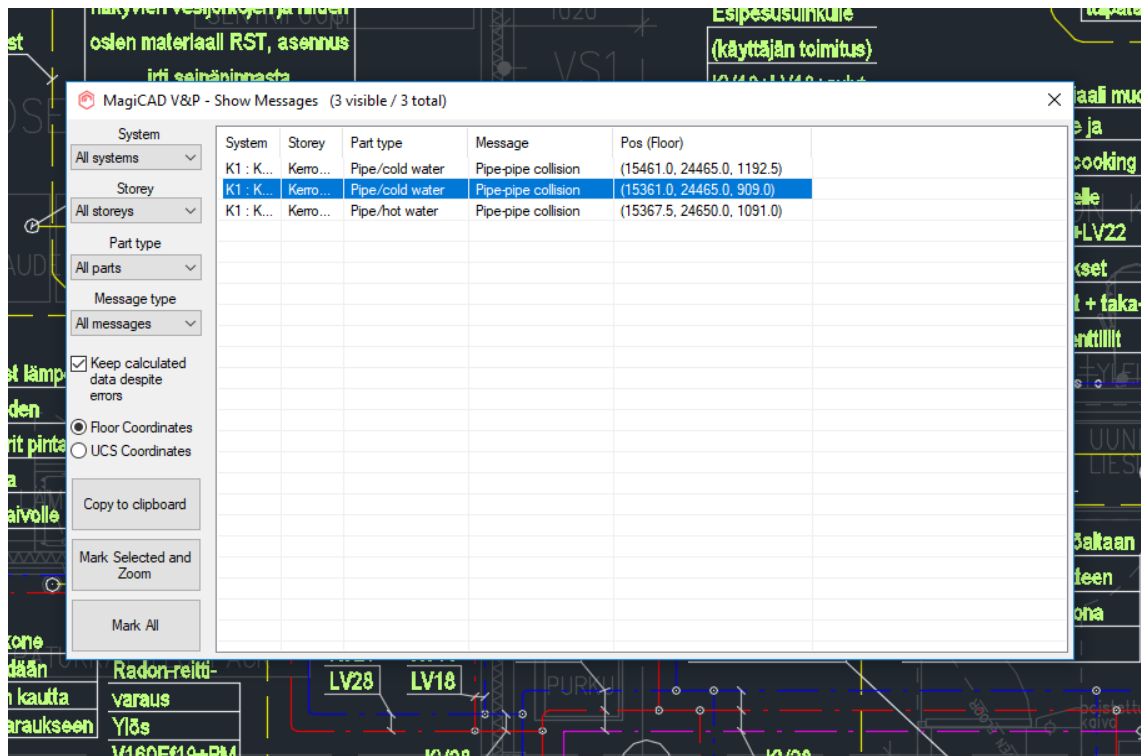
Myös suurimmat tekniikkareitit ja laitteiden sijoittelut sovittiin ensimmäisissä suunnittelukokouksissa ja näistä oltiin aktiivisesti muihin suunnittelualoihin yhteydessä suunnittelun edetessä, jotta suurimmat risteilyt vältetään heti alusta alkaen ja tarvittavat tilavaraukset tekniikalle tulee huomioitua kaikkien osapuolten toimesta.



Kuva 30. Tekninen tila 244 IFC-yhdistelmämallissa.

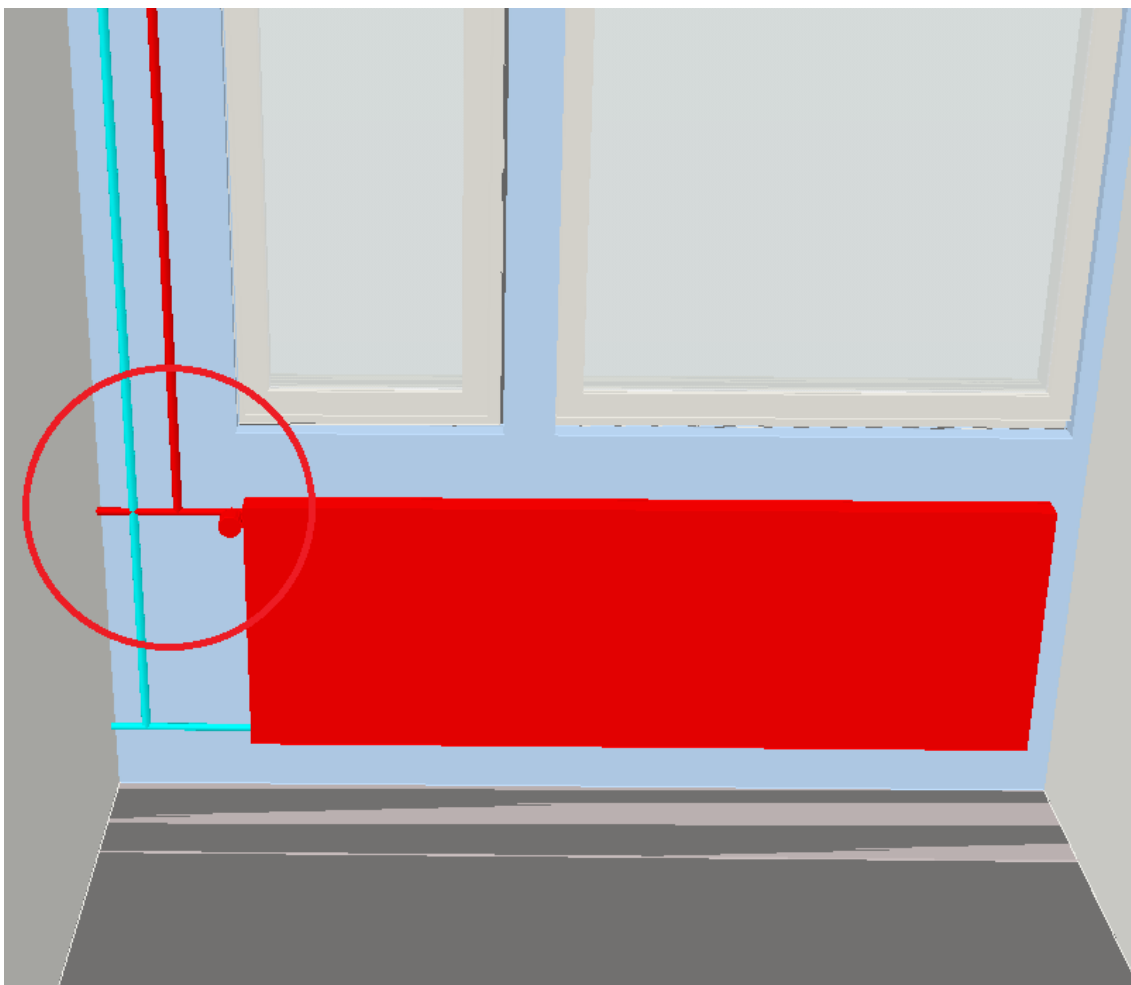
LVI-tekniikan sisäinen yhteensovittaminen ja törmäystarkastelut oli luonteva tehdä MagiCAD-ohjelman "Collision Control" -törmäystarkastelutyökalulla (kuva 31) ennen tuontia Tekla BIMsight -tietomalliohjelmaan, missä tehtiin törmäystarkastelut muiden suunnittelualojen mallien kanssa. Näin tietomalliohjelman törmäystarkastelu ei anna ylimääräisiä virheitä enää LVI-tekniikan sisäisistä risteilyistä, vaan pystyttiin keskittymään risteilytarkasteluihin muiden suunnittelualojen IFC-mallien kanssa.





Kuva 31. Törmäystarkastelu MagiCAD-ohjelmassa.

YTV 2012 Ohjeistuksessa on myös esitetty sallittu tarkkuusgeometria, ettei tietomallista tehdä liian tarkkaa, mikä veisi ylimääräistä aikaa. Esimerkkinä DN10–DN25 kokoisten kytkentäputkien sallitaan risteilevän mallissa, koska kyse on niin pienikokoisista tilantarpeista, että ne pystytään käytännössä tekemään, vaikka ne mallissa risteilevätkin. Tällaisiin olisi ajanhukkaa lähteä näyttämään yliheittoja, jotka lisäksi sotkisivat pohjapiirustusten luettavuutta (kuva 32).



Kuva 32. Patterikytkentäputken sallittu risteily ympäröity punaisella.

Toleranssit törmäystarkasteluihin otettiin YTV 2012 osa 4 liite 1:n taulukoiden mukaisesti. Törmäystarkastelut aloitettiin hieman suuremmalla toleranssilla (esim. 100 mm), jotta tarkastelussa päästään heti keskittymään suurimpiin risteilyihin ilman, että ohjelma antaa pitkän listan jokaisesta 1 mm:n kokoisesta risteilystä, joiden seasta kriittiset kohdat on vaikea löytää.

## 15 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa suunnitteluohje tuotekehitysyrityksen uudistoimitilojen LVIA-järjestelmien suunnittelusta tuleville suunnittelijoille, jotka toimivat toimitilakohteiden parissa. Työssä käsiteltiin LVIA-suunnitteluratkaisuja kokonaisvaltaisesti maanrakennustöistä vesikattotöihin ja rakennusautomaatiotöihin saakka. Lisäksi käytiin läpi suunnitteluvaiheen aikana ilmenneet haasteet sekä työtä koskevat rakentamismääräykset ja viranomaistulkinnat.

Työn aikana kävi ilmi, että kaikkiin työn suunnitteluratkaisuihin ei ole valmista toteutustapaa tai niitä koskevaa määräystä, mistä syystä niiden eri variaatioita ja vaihtoehtoisia toteutustapoja työssä käytiin läpi, jotta tulevat samankaltaisten kohteiden suunnittelijat saisivat mahdollisimman laajan ja selkeän mielikuva, kuinka eri suunnitteluratkaisuihin on päädytty ja mistä syystä. Tällaisia ratkaisuja olivat esimerkiksi hulevesien viivytyksen louherakenteen avulla, lämpimän käyttöveden esilämmitysjärjestelmä, vesisäiliöiden täyttöjärjestelmä märkäprosessitilassa ja LVI-tekniikan hygienian sekä kestävyys huomioiminen prosessi- ja valmistustiloissa. Osa LVIA-suunnitteluratkaisuihin tehtiin kohteeseen erikseen tehtyjen KVR-asiakirjojen vaatimusten pohjalta ja osan laitteista mitoittivat suoraan tuotevalmistajat. Tällaisia ratkaisuja olivat esimerkiksi kylmätilojen jäähdytyspatteerit, pakkastilojen ulko- ja sisäyksiköt ja vedenjäähdytyskoneiden alijäähdyttimet.

Mitä aikaisemmassa vaiheessa erikoisosaamista vaativat asiat huomioidaan ja niihin puututaan, sitä loogisemmaksi suunnittelu- ja asennustyö tulee, tehokkuus ja laitteistojen toimivuus paranee ja vältetään turhat riskit, jotka voivat aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kustannuksia.

Tulevia suunnittelijoita ajatellen olisi hyödyllistä, jos työtä jatkettaisiin kertomalla enemmän itse työmaa- ja käyttöönottovaiheesta. Tällöin suunnittelija saisi laajemman käsityksen siitä, kuinka työmaa on käytännössä edennyt ja mitä asioita työmaan aikana on kuluun suunnittelijan tehtäviin. Lisäksi eri järjestelmien väliset kustannusvertailusimuloinnit suunnitteluvaiheessa ja käyttöönoton jälkeiset huolto- ja käyttökustannusseurannat käyttäjältä ja huoltoyrityltä saadun palautteen kanssa olisivat työhön hyödyllinen lisä.

## Lähteet

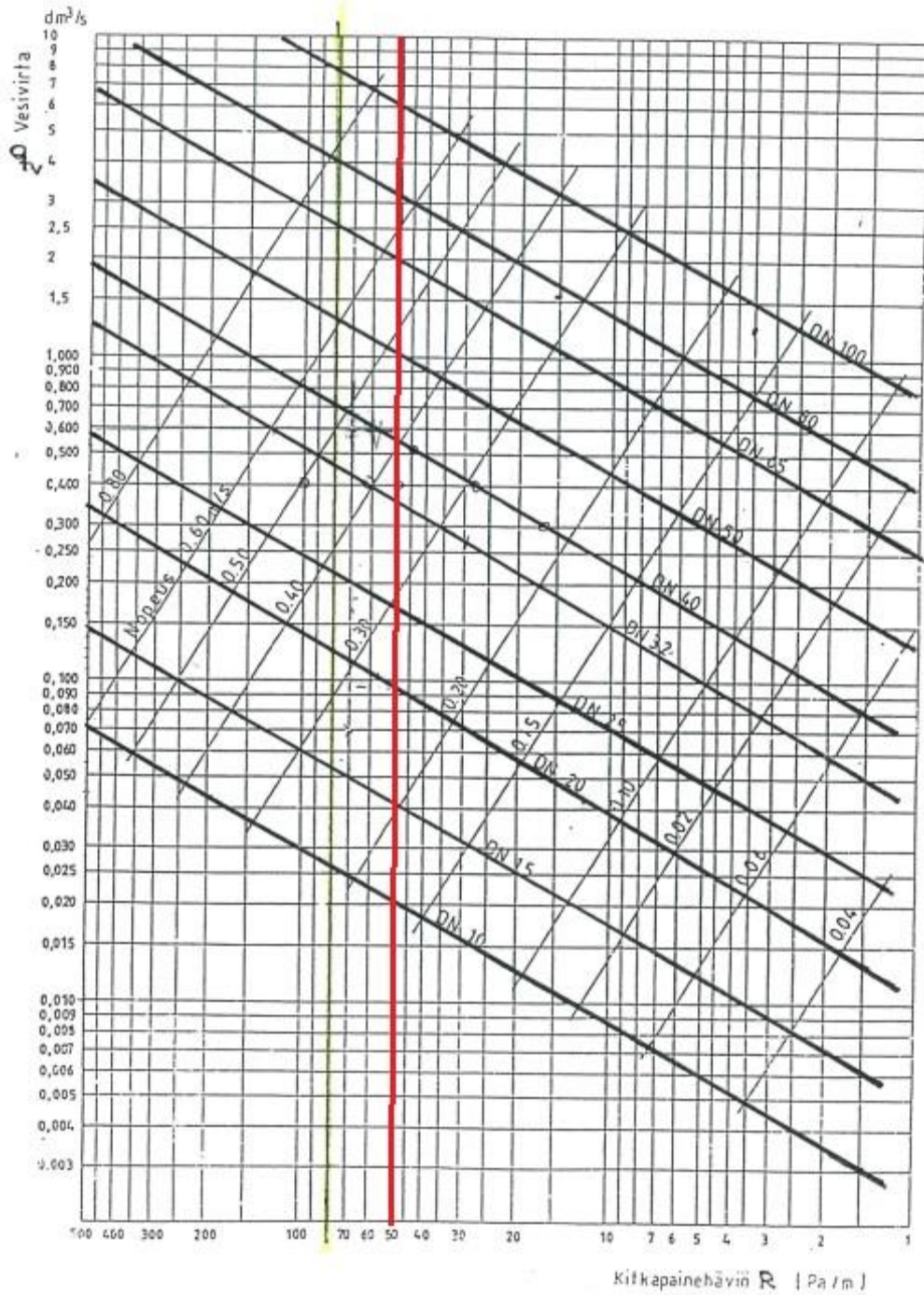
- 1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <[https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma)>. Luettu 3.4.2019.
- 2 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. Verkkoaineisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2016-10660>>. Luettu 2.4.2019.
- 3 Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. Verkkoaineisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-10805>>. Luettu 2.4.2019.
- 4 Talotekniikka RYL 2002, osat 1 ja 2. Verkkoaineisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2001-10355> ja <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2001-10356>>. Luettu 2.4.2019.
- 5 Sisäilmastoluokitus 2018. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys Ry. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/Sisailmayhdistys/Sisailmastoluokitus>>. Luettu 25.3.2019.
- 6 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. Verkkoaineisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11290>>. Luettu 3.4.2019.
- 7 Yleisiä tietomallivaatimuksia YTV 2012. Verkkoaineisto. Building Smart Finland. <<https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv>>. Luettu 3.4.2019.
- 8 Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 10-1: Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksivaaralliset tilat. SFS-EN 60079-10-1. Verkkoaineisto. <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/624771.html.stx>>. Luettu 4.4.2019.
- 9 Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa. Verkkoaineisto. <<http://severi.sahkoinfo.fi/item/5540>>. Luettu 3.4.2019.
- 10 Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet K1/2013. Verkkoaineisto. Energiategollisuus Ry. <[https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/julkaisu\\_k1\\_2013\\_rakennusten\\_kaukolammitys\\_maaraykset\\_ja\\_ohjeet.html](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/julkaisu_k1_2013_rakennusten_kaukolammitys_maaraykset_ja_ohjeet.html)>. Luettu 25.3.2019.
- 11 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta 1047/2017. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/sk20171047.pdf>>. Luettu 2.4.2019.

- 12 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <[www.ymparisto.fi/download/none-name/%7BAAD7DB92-F571-4766-A3F1-BFF63383191B%7D/133875](http://www.ymparisto.fi/download/none-name/%7BAAD7DB92-F571-4766-A3F1-BFF63383191B%7D/133875)>. Luettu 4.4.2019.
- 13 Paineilman laatustandardi ISO 8573-1:2010. Verkkoaineisto. Sarlin Oy Ab. <<https://www.sarlin.com/ty%C3%B6kalupakki/paineilmatietoutta/iso-8573-1-paineilman-laatustandardi>>. Luettu 4.4.2019.
- 14 Tietoja paineilmajärjestelmän suunnittelijalle. Verkkoaineisto. Tamrotor Kompresorit Oy. <[http://www.compressor.fi/media/EsitePDF/Paineilmajärjestelmien\\_suunnittelu.pdf](http://www.compressor.fi/media/EsitePDF/Paineilmajärjestelmien_suunnittelu.pdf)>. Luettu 8.4.2019.
- 15 Jakokeskuksen asennustila. Verkkoaineisto. Ensto Oy. <<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1204792797383/1210598235193/1210598261929/1210598654713.html>>. Luettu 8.4.2019.
- 16 Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 3: asennuspaikka ja henkilökohtainen suojaus SFS-EN 378-3:2016. Verkkoaineisto. <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/3/460668.html.stx>>. Luettu 8.4.2019.
- 17 LVI-Tekniset urakoitsijat LVI-TU Ry. 2018. LVI-kalenteri 2019. Helsinki: Suomen Kalenterit Oy.
- 18 Uponor-kiinteistöviemärintikäsi kirjja. Verkkoaineisto. Uponor Oy. <<https://www.uponor.fi/UponorInternet/DirectDownload?did=6C5A3265AF544571A355C7497E95F494>>. Luettu 10.4.2019.
- 19 Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu. LVI 06-10304. Verkkoaineisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2006-10304>>. Luettu 12.4.2019.
- 20 Salaojat. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys Ry. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Kuivatusjärjestelmat/Salaojat>>. Luettu 15.4.2019.
- 21 Räjähdyksivaarallisten tilojen laitteet. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. <<https://tukes.fi/teollisuus/rajahdysvaaralliset-tilat/rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet-atex>>. Luettu 15.4.2019.
- 22 Ekosuunnitteludirektiivin 2018 vaikutukset ilmanvaihtoalaan. Verkkoaineisto. Intervent Oy. <<https://intervent.fi/intervent-ajankohtaista/ekosuunnitteludirektiivin-2018-vaikutukset-ilmanvaihtoalaan.html>>. Luettu 19.5.2019.

- 23 Putkivirtaus. Verkkoaineisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/4.+Putkivirtaus>>. Luettu 19.5.2019.
- 24 Sisäilman kosteus ja lämpötila. Verkkoaineisto. Hengitysliitto Ry. <<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/sisailman-kosteus-ja-lampotila>>. Luettu 3.6.2019.
- 25 Rakennusfysiikan perusteet. Verkkoaineisto. Hämeen ammattikorkeakoulu. <<http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf>>. Luettu 16.6.2019.
- 26 Asumisterveysohje. Verkkoaineisto. Sosiaali- ja terveysministeriö. <[https://www.finlex.fi/data/normit/14951/asumisterveysohje\\_pdf.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/14951/asumisterveysohje_pdf.pdf)>. Luettu 16.6.2019.
- 27 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.ym.fi/download/noname/%7BFD99E48D-F28B-452E-8175-29EA77ABD4CA%7D/133872>>. Luettu 17.6.2019.
- 28 Kansien kantavuusluokat. Verkkoaineisto. Teknoinfra Oy. <<http://www.teknoinfra.fi/tuotekategoria/kourut>>. Luettu 17.6.2019.
- 29 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. RakMk D1/2007. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <[https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1\\_2007.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1_2007.pdf)>. Luettu 17.6.2019.
- 30 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. RakMk D2/2012. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <[https://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf)>. Luettu 17.6.2019.
- 31 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. RakMk E7/2004. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.finlex.fi/data/normit/17076-E7s.pdf>>. Luettu 17.6.2019.
- 32 S1-luokan teräsbetonisten väestönsuojien LVIS-laitteet. Verkkoaineisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2006-10502>>. Luettu 17.6.2019.
- 33 Heat exchangers. Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices. Verkkoaineisto. <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/3/9701.html.stx>>. Luettu 17.6.2019.
- 34 Seppänen, Olli. 2008. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Anjalankoski: Solver palvelut Oy.

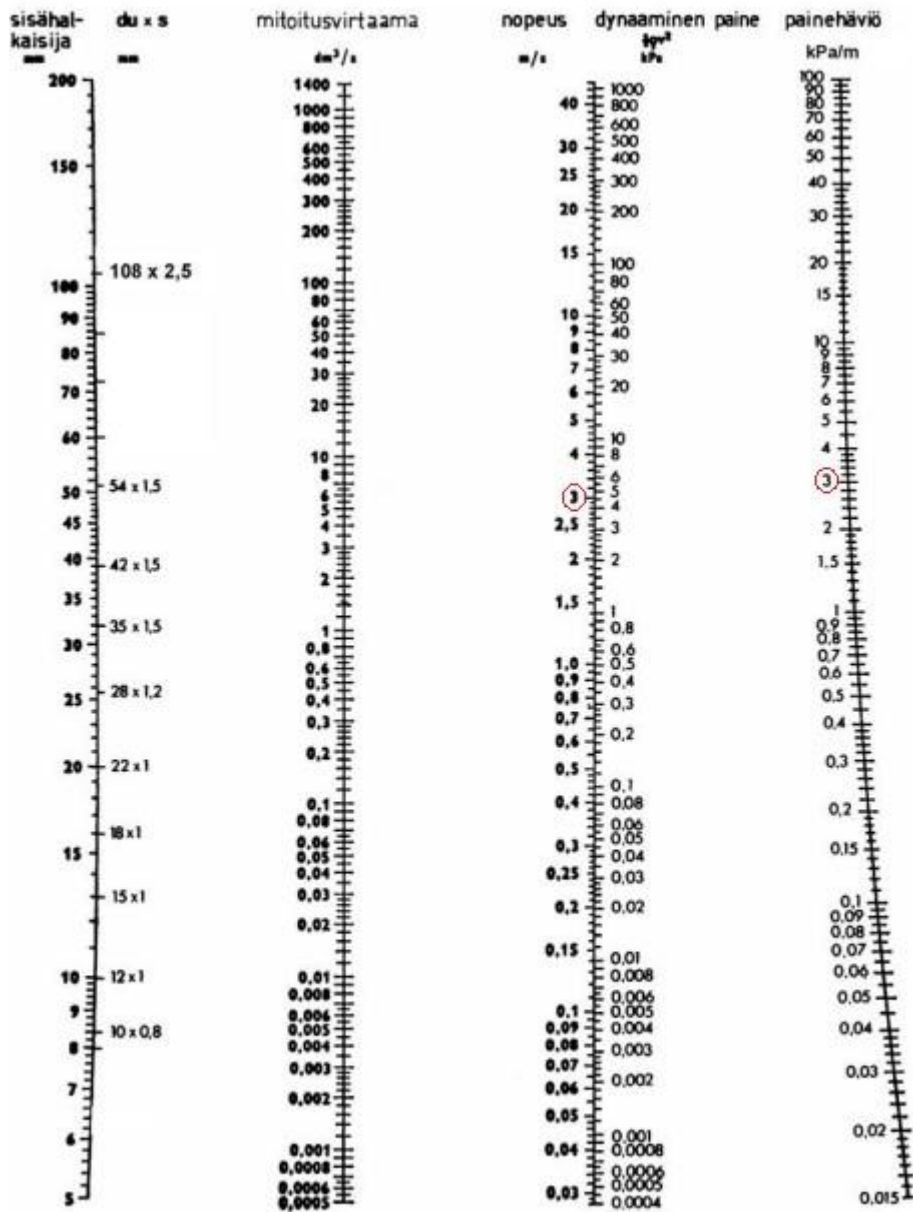
- 35 Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus. LVI 50-10344. Verkkoaineisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2050-10344>>. Luettu 20.6.2019.
- 36 Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö. LVI 50-10345. Verkkoaineisto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2050-10345>>. Luettu 20.6.2019.
- 37 Räjähdyksivaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut. SFS-käsikirja 59. Verkkoaineisto. <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID3/5/100104282.html.stx>>. Luettu 20.6.2019.
- 38 Ilmanvaihto. Verkkoaineisto. <[https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/ilmanvaihto](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/ilmanvaihto)>. Luettu 13.10.2019.
- 39 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta 305/2011. Verkkoaineisto. EUR-Lex. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32011R0305>>. Luettu 13.10.2019.
- 40 Säädetty pyörrehajotin PDZA. Verkkoaineisto. FläktGroup Oy. <<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=bad295ff-7629-49bb-b8ef-c7594a298828>>. Luettu 13.10.2019.

## Teräsputkien mitoitusnomogrammi



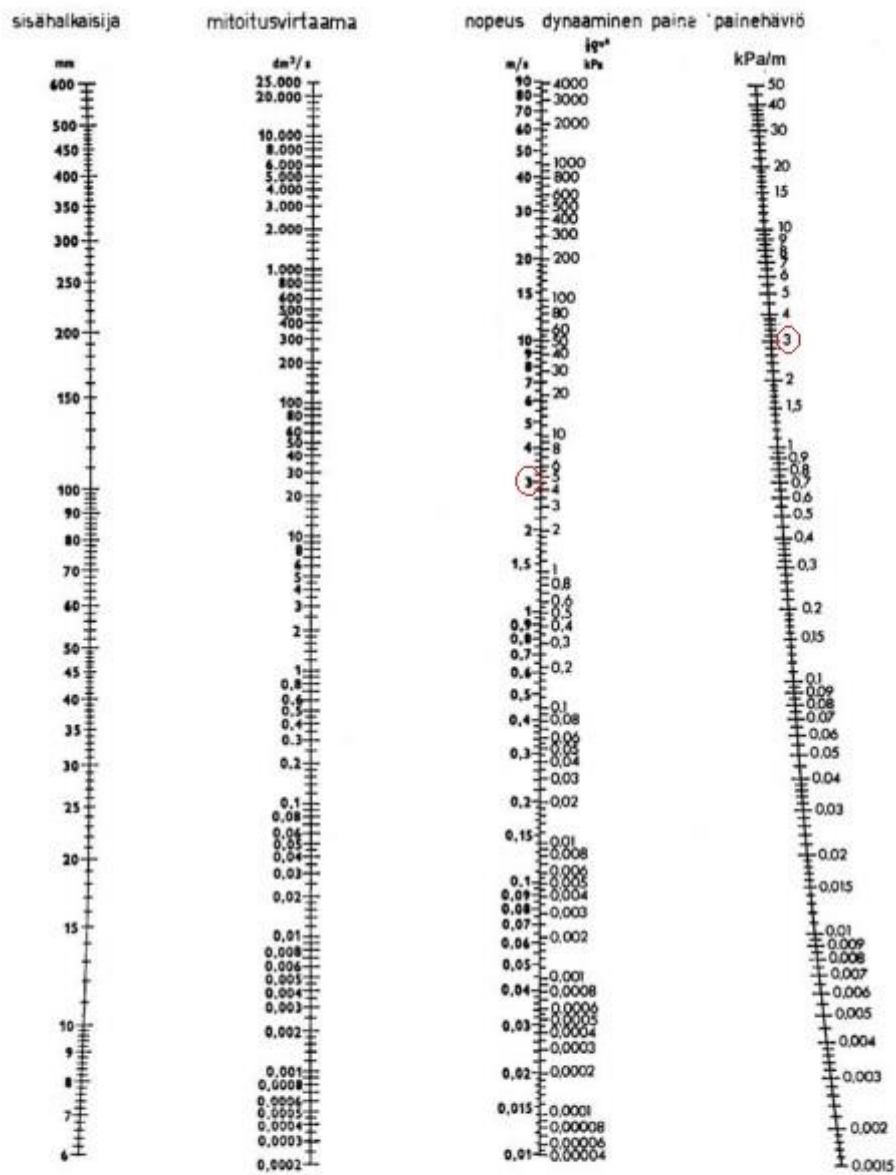


## Kupariputkien mitoitusnomogrammi



Kuva 4. Painehäviö kupariputkessa.  
Nomogrammi perustuu Colebrookin kaavaan, jossa on käytetty pinnankarheutena  $k = 0,15$  mm.  
Veden lämpötila on  $10$  °C. Painehäviö  $55$  °C:ssa on enintään 25 % pienempi

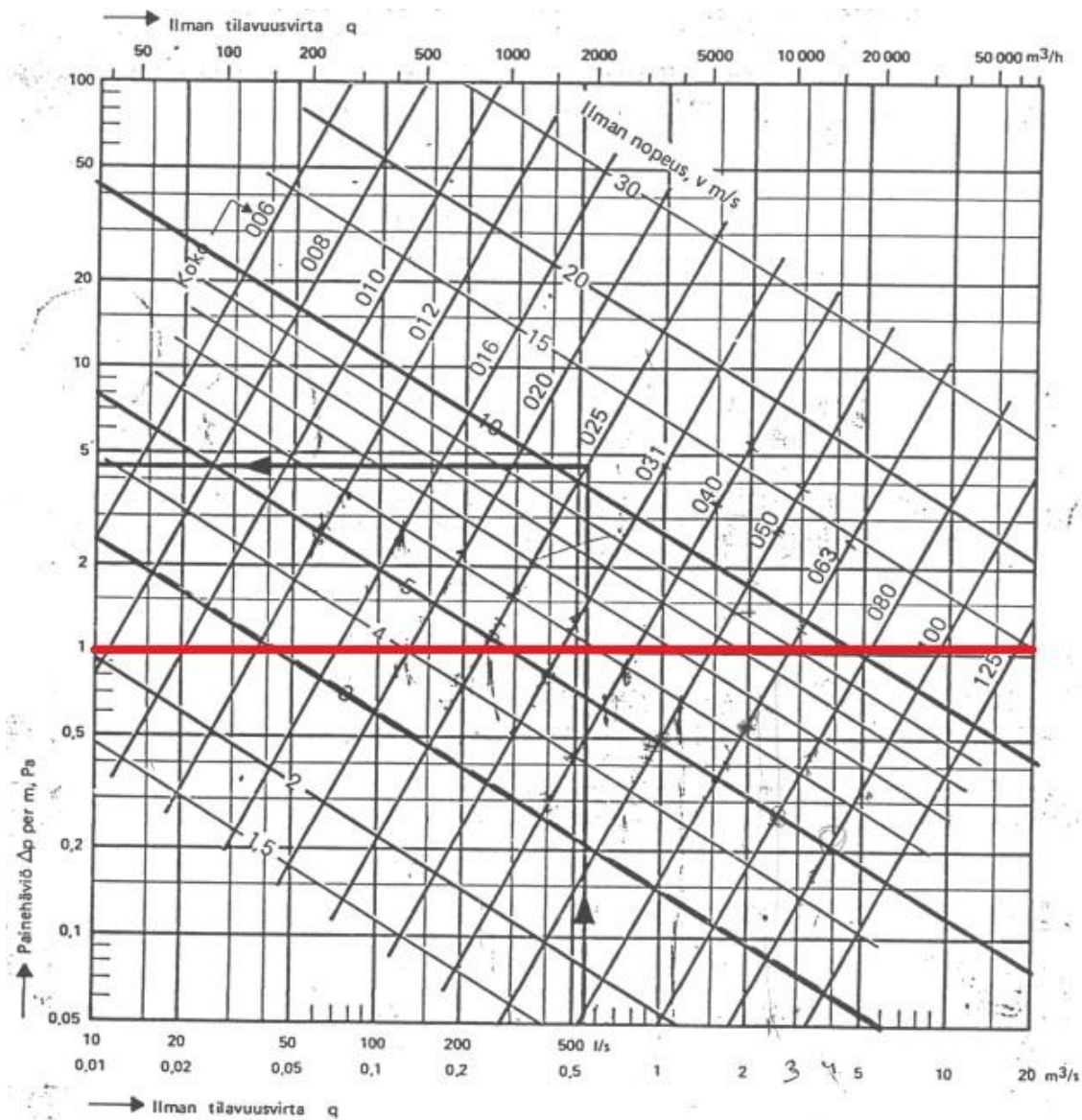
## Muoviputkien mitoitusnomogrammi



Kuva 5. Painehäviö muoviputkessa.

Nomogrammi perustuu Colebrookin kaavaan, jossa on käytetty pimankarheutena  $k = 0,005$  mm.  
Veden lämpötila on 10 °C. Painehäviö 55°C:ssa on enintään 25 % pienempi.

### Pyöreiden kierresauma IV-kanavien mitoitusnomogrammi



## Suorakaidekanavaa vastaava pyöreä halkaisija -taulukko

Vastaava halkaisija,  $d_e$  [mm]

b \ a	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
100	152	169	183	207									
150	189	210	229	260	287	310							
200	219	244	267	305	337	366	414						
250		274	299	344	381	414	470	518					
300			328	378	421	458	521	575	621				
400				438	489	534	610	675	732	783	829		
500					547	599	688	763	829	888	941	991	1036
600						657	757	842	916	982	1043	1098	1150
800							876	978	1068	1148	1221	1289	1351
1000								1095	1199	1292	1376	1454	1527
1200									1314	1419	1514	1602	1684
1400										1534	1639	1736	1826
1600											1753	1858	1957
1800												1972	2078
2000													2191

### Vastaava halkaisija $d_e$

Tarkoittaa sen pyöreän kanavan halkaisijaa, jonka painehäviö samalla ilmavirran määrällä vastaa kyseisen suorakaidekanavan painehäviötä.

$$d_e = 2 \times b \times (\pi^{2-n} \times (1 + a/b)^{1+n}/(a/b)^3)^{1/(n-5)}$$

$$n = 1/(1,05 \times \log(\text{Re}) - 0,45)$$

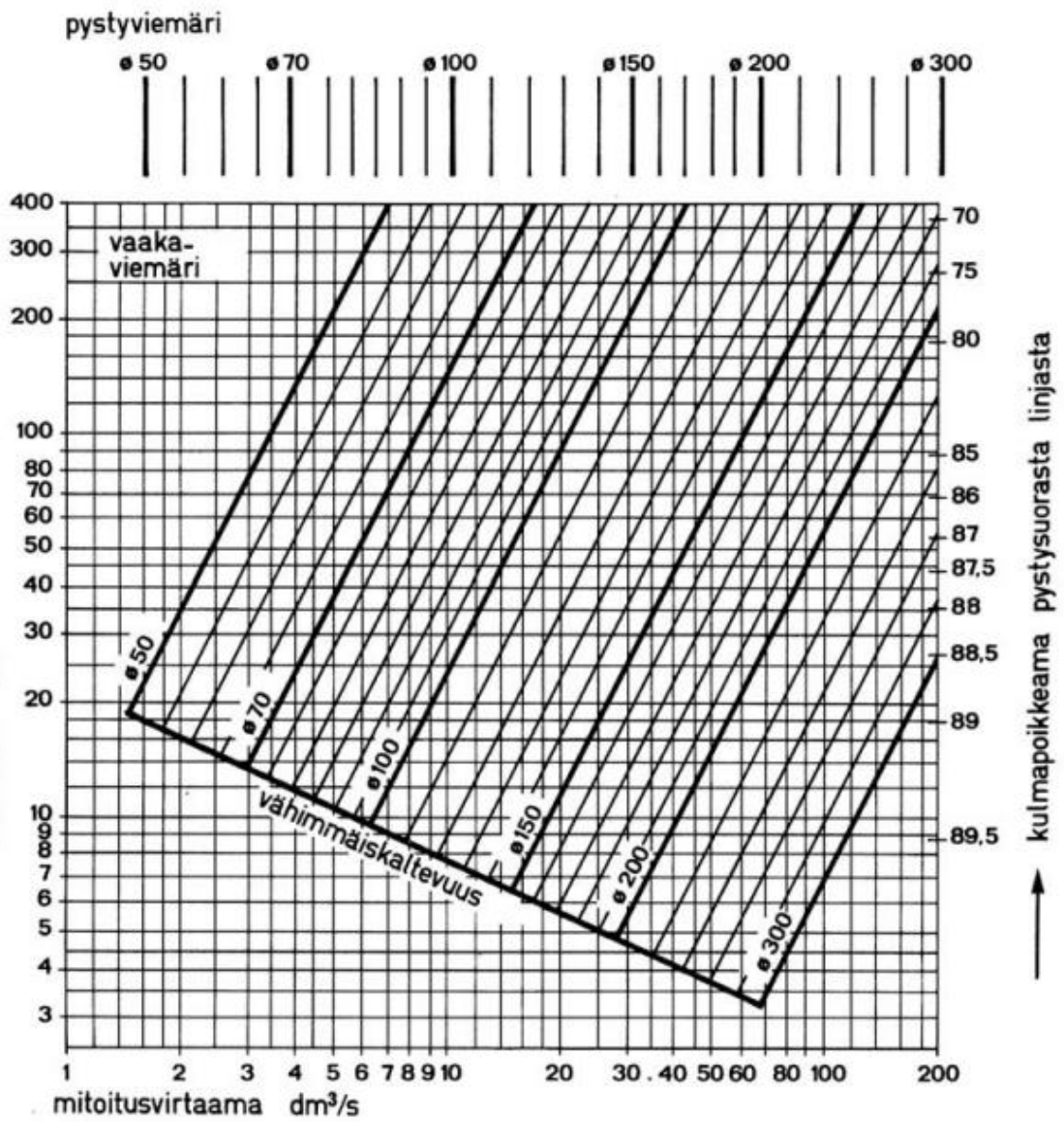
$$\text{Re} = v_m \times d_h/\nu$$

$$v_m = 5 \text{ m/s}$$

$$\nu = 0,000\,000\,101\,312 \times t + 0,010\,013\,001\,375\,72$$

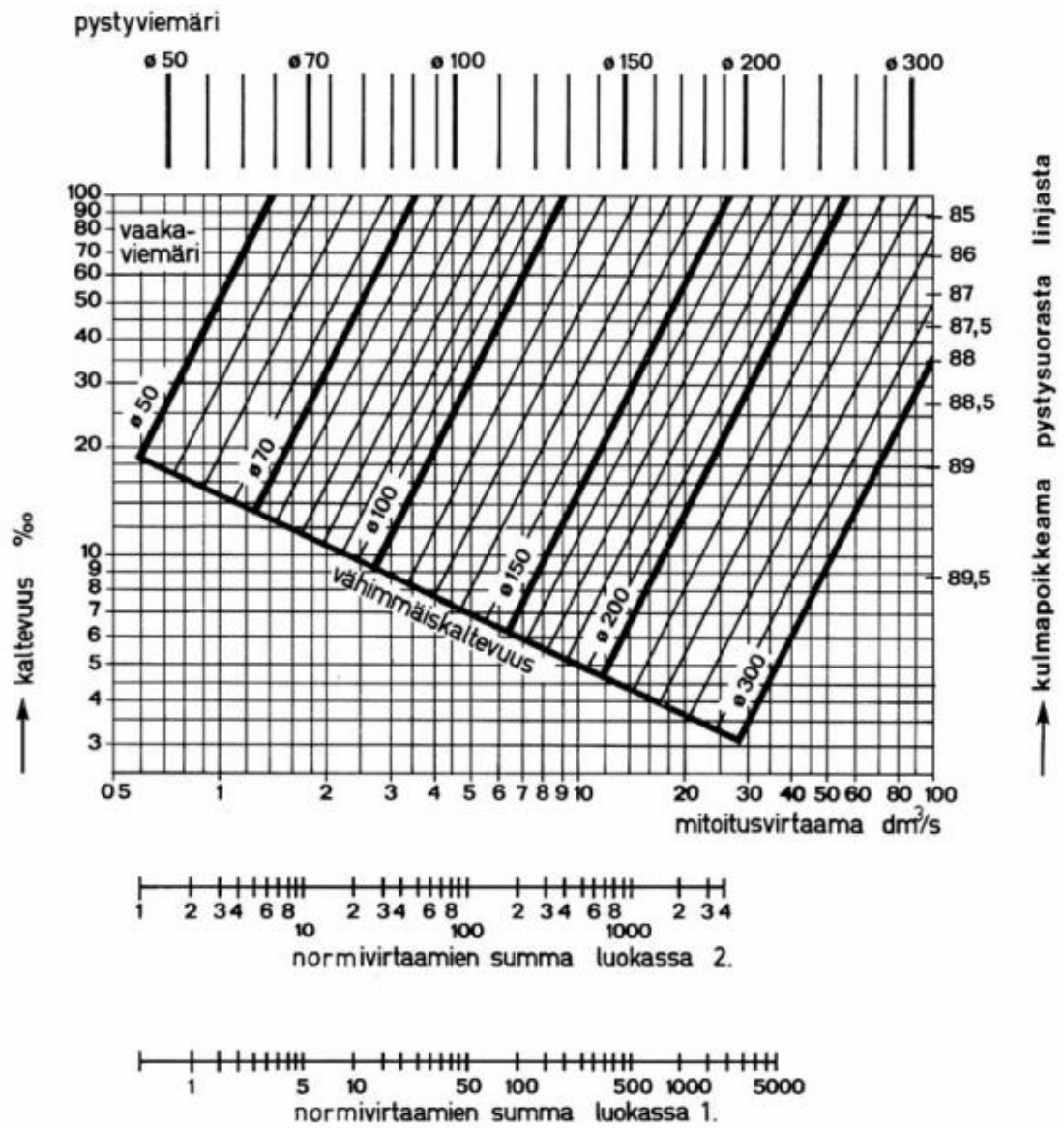
$$t = 20^\circ\text{C}$$

### Sadevesiviemärin mitoitusdiagrammi muoviviemärille



Kuva 2. Sadevesiviemärin mitoitus muoviviemärille. Mitoitusdiagrammiin on merkitty viemärin sisämitat.

### Jätevesiviemärin mitoitusdiagrammi tuuletetulle muoviviemärielle



Kuva 3. Tuuletettu viettoviemäri. Koot ja kaltevuudet muoviputkelle. Mitoitusdiagrammiin on merkitty viemärin sisämitat.

## Rst-jätevesiviemärin mitoitus taulukko

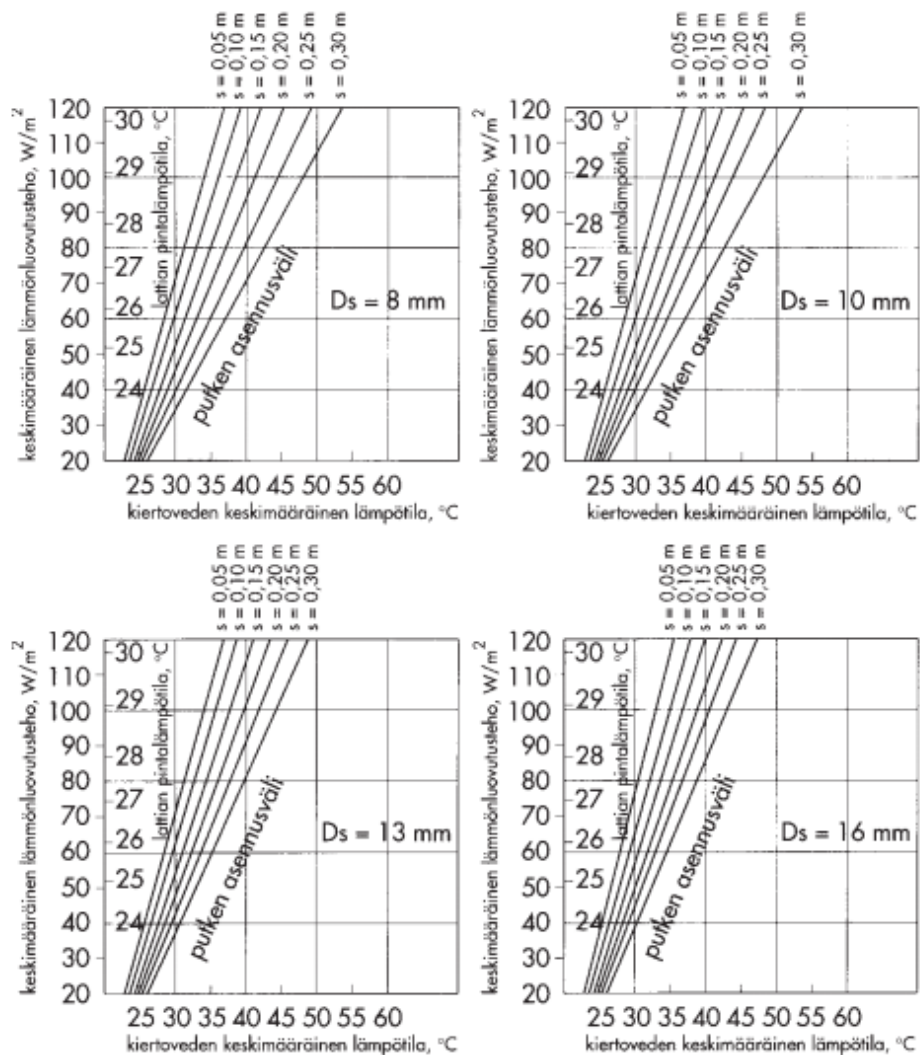
### For soil/foul water drainage applications

Flow rates based on Colebrook-White formula.  
Roughness coefficient  $k_s = 0.6$  mm

Gradient [%]	Pipe ø 40 mm		Pipe ø 50 mm		Pipe ø 75 mm		Pipe ø 110 mm		Pipe ø 125 mm	
	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]
10.0	1.21	1.08	2.30	1.27	7.14	1.71	20.45	2.23	28.97	2.44
7.5	1.04	0.93	1.99	1.10	6.19	1.48	17.71	1.93	25.09	2.11
5.0	0.85	0.76	1.63	0.90	5.05	1.21	14.46	1.58	20.49	1.72
4.5	0.81	0.72	1.54	0.85	4.79	1.14	13.72	1.50	19.43	1.64
4.0	0.76	0.68	1.46	0.80	4.52	1.08	12.94	1.41	18.32	1.54
3.5	0.71	0.64	1.36	0.75	4.23	1.01	12.10	1.32	17.14	1.44
3.0	0.66	0.59	1.26	0.70	3.91	0.93	11.20	1.22	15.87	1.34
2.5	0.60	0.54	1.15	0.64	3.57	0.85	10.23	1.12	14.49	1.22
2.0	0.53	0.48	1.03	0.57	3.19	0.76	9.15	1.00	12.96	1.09
1.5	0.46	0.42	0.89	0.49	2.77	0.66	7.92	0.86	11.22	0.94
1.0	0.37	0.34	0.73	0.40	2.26	0.54	6.47	0.71	9.16	0.77

Gradient [%]	Pipe ø 160 mm		Pipe ø 200 mm		Pipe ø 250 mm		Pipe ø 315 mm	
	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]	Flow rate Q [l/s]	Velocity v [m/s]
10.0	55.61	2.87	101.81	3.34	206.87	4.22	382.95	4.92
7.5	48.16	2.49	88.17	2.89	177.84	3.62	329.47	4.23
5.0	39.32	2.03	71.99	2.36	143.52	2.93	266.21	3.42
4.5	37.30	1.93	68.30	2.24	135.71	2.77	251.81	3.23
4.0	35.17	1.82	64.39	2.11	127.46	2.60	236.59	3.04
3.5	32.90	1.70	60.23	1.98	118.69	2.42	220.42	2.83
3.0	30.46	1.57	55.76	1.83	109.29	2.23	203.07	2.61
2.5	27.80	1.44	50.90	1.67	99.10	2.02	184.25	2.37
2.0	24.87	1.28	45.53	1.49	87.86	1.79	163.50	2.10
1.5	21.53	1.11	39.43	1.29	75.18	1.53	140.05	1.80
1.0	17.58	0.91	32.19	1.06	60.25	1.23	112.42	1.44

## Lattialämmityksen lämmönluvutustehotaulukot

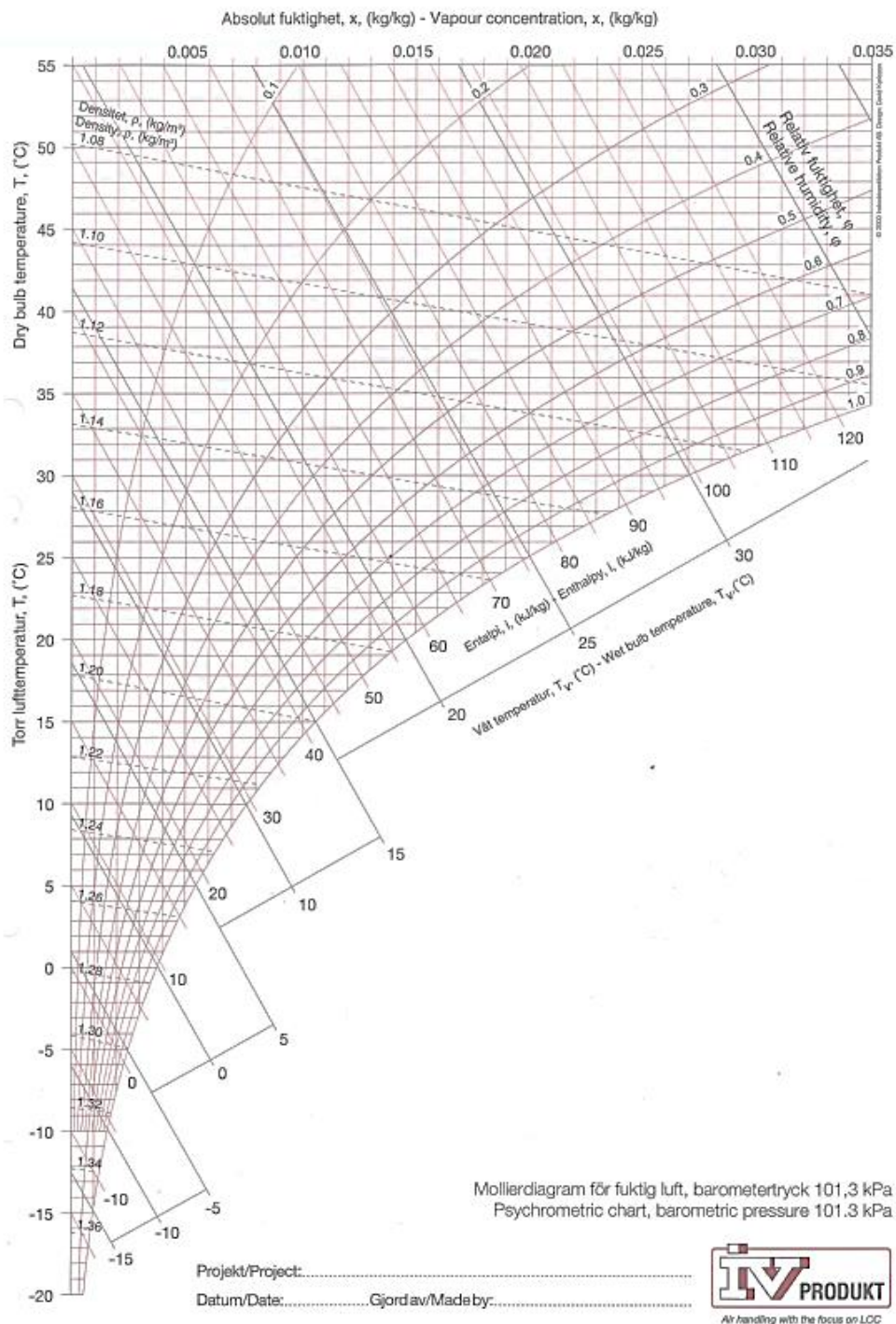


Kuva 8.

*Muoviputkien asennusväli, kun putket on asennettu maanvaraiseen betonilattiaan (asennussyvyys putken keskeltä lattiapintaan on 40 mm, huonelämpötila on +20 °C, alapohjan keskilämpötila on +5 °C, alapohjan lämmöneristys  $\geq 50$  mm ja lattianpäällysteenä on muovilaatta).*



## Mollier-diagrammi



Mollierdiagram för fuktig luft, barometertryck 101,3 kPa  
Psychrometric chart, barometric pressure 101.3 kPa