

Markus Järvenpää

LVI-LABORATORION KOE-JA PAKKASHUONEEN  
HANKESUUNNITTELU JA TARJOUSPYYNNÖN VALMISTELU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma  
2018

## LVI-LABORATORION KOE- JA PAKKASHUONEEN HANKESUUNNITTELU JA TARJOUSPYYNNÖN VALMISTELU

Järvenpää, Markus  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma  
Lokakuu 2018  
Sivumäärä: 39  
Liitteitä: 10

Asiasanat: lvi, laboratorio, hankesuunnittelu, tarjouspyyntö

---

Opinnäytetyö suoritettiin yhteistyössä Satakunnan ammattikorkeakoulun kanssa.

Opinnäytetyössä selvitettiin Satakunnan ammattikorkeakouluun rakennettavan LVI-laboratorion koe- ja pakkashuoneen hankesuunnitelmaa, tarveselvityksestä tarjousasiakirjojen laadintaan. Työssä selvitettiin projektin kulku ja tutkittiin hankkeen suunnittelua ohjaavia reunaehtoja.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan koe- ja pakkashuoneen tiloja ja niitä palvelevaa pakkaskoneistoa. Muuta tekniikkaa tilojen ulkopuolella ei tässä opinnäytetyössä tarkemmin käsitellä.

Opinnäytetyön ensisijainen tavoite oli saada koottua tarvittava informaatio rakennettavista tiloista ja saattaa ne tarjousasiakirjojen liitteiksi. Opinnäytetyön suunnitteluosuus tehtiin alustavia suunnitelmia hyväksikäyttäen ja niitä jalostaen. Alan kirjallisuutta, haastatteluja ja internetiä hyväksi käyttäen saatiin suunnittelu päätökseen ja päästiin tarjouspyyntöasiakirjojen tekoon. Työn lopputuloksena saatiin valmis pohja tarjouskilpailun käynnistämiseksi.

# PLANNING COLD ROOM AND TEST ROOM FOR HVAC- LABORATORY AND PREPARATION OF AN ENQUIRY.

Järvenpää, Markus

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in construction and civil engineering

October 2018

Number of pages: 39

Appendices: 10

Keywords: HVAC, laboratory, project planning, enquiry

---

This thesis was carried out in collaboration with Satakunta University of Applied Sciences.

The purpose of this thesis was to clarify the process of planning HVAC-laboratory for Satakunta University of Applied sciences. In this thesis was investigated boundary conditions which affects to the content of an enquiry documents and finalize preliminary designs.

In this thesis was presented spaces of HVAC- laboratory including test room, cold room and refrigeration unit. Other equipments outside of the laboratory was not handled in this thesis more closely.

The main subject of this thesis was to combine needed information of the spaces to be build and finalize them to appendices of the enquiry. Planning was finalized by finding information from literature and Internet and interviewing teachers from Satakunta University of Applied Sciences. Based on this information the enquiry was finalized and as a result the base for competitive tendering was finished.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TARVESELVITYS.....	6
3	HANKESUUNNITTELU .....	7
3.1	Projektin aikataulutus.....	7
3.2	Suunnittelun tavoitteet .....	7
3.2.1	Toiminnalliset tavoitteet.....	8
3.2.2	Rakennustekniset tavoitteet.....	9
3.2.3	LVIA-tekniset tavoitteet.....	12
4	PAKKASKONEISTO .....	18
4.1	Höyrystin.....	18
4.1.1	Höyrystimen sulatus .....	20
4.2	Ulkoasenteinen kompressorikoneisto .....	20
5	VIEMÄRÖINTI JA ILMANVAIHTO .....	22
6	MATERIAALITOIMITTAJIEN KARTOITUS JA HINTA-ARVIO .....	26
7	URAKKAMUOTOJEN ESITTELY JA VALINTA .....	28
7.1	Suoritusvelvollisuuden mukaan määräytyvät urakat .....	28
7.1.1	Kokonaisurakka.....	28
7.1.2	Jaettu urakka	29
7.1.3	Projektijohtourakka .....	30
7.1.4	KVR-urakka	31
7.2	Maksuperusteurakat .....	32
7.2.1	Kokonaishintaurakka.....	32
7.2.2	Laskutyöurakka .....	33
7.2.3	Tavoitehintaurakka.....	33
7.3	Urakkamuodon valinta.....	33
8	HANKINTAMENETTELY .....	34
8.1	Organisaation toimintamalli.....	34
9	YHTEENVETO .....	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan Satakunnan ammattikorkeakoulun LVI-laboratorioon tulevaa koe- ja pakkashuonetta, sekä niitä palvelevaa pakkaskoneistoa. Tilat rakennetaan tällä hetkellä varastona toimivaan tilaan, joka tulee toimimaan testautilana koe- ja pakkashuoneen vieressä. Testautilassa toimii tilaa palveleva ilmanvaihtokone, jolla tilan kosteutta ja lämpöä saadaan varioitua. Testautilasta saadaan koehuonetta palvelevan ilmanvaihtokoneen TK2 kautta esikäsiteltyä ilmaa koehuoneeseen, jonne voidaan luoda halutut sisäilmaolosuhteet. Kosteutta saadaan lisättyä koehuoneessa olevalla irrallisella höyrykostuttimella. Pakkashuone toimii koehuoneelle ulkotilana, jolloin tilojen välillä vallitsee talviset olosuhteet.

Pakkas- ja koehuone ovat eristettyjä huoneita, joissa tullaan tekemään laboratoriotöitä opetuksen tueksi, sekä eri laitevalmistajat voivat käyttää tiloja laitetestauksiin. Pakkashuoneen lämpötila saadaan laskemaan sitä palvelevan ulkoasenteisen pakkaskoneiston avulla. Pakkashuoneen vieressä on myös testattava ilmanvaihtokone, joka on liitetty kanavistolla pakkas- ja koehuoneeseen. Tiloja hyväksi käyttäen saadaan ilmanvaihtokoneelle myös kesällä talvimitoitusolosuhteet.

## 2 TARVESELVITYS

Tarveselvitys on rakennushankkeen ensimmäinen vaihe. Tarveselvityksellä selvitetään rakennushankkeen tarpeellisuus. Lähtökohtaisesti tilojen käyttäjä päättää uusien tilojen tarpeellisuudesta ja niiden tilatarpeesta. Tarvittaessa tukea voi hakea asiantuntijoilta. Tarveselvitys koostuu usein alustavasta rakennusohjelmasta, aikataulusta ja kustannus- ja kannattavuusarviosta. Yleistä määräästä tarveselvityksen monimuotoisuudesta ei ole annettu, joten se voi myös olla tilojen käyttäjän yksinkertainen halu saada uusia tiloja. Tarveselvityksen tuloksena tehdään hankesuunnittelupäätös. (RT 10-10387 1989,3)

Uuden kampuksen myötä Satakunnan ammattikorkeakoulun tiloihin tarvittiin myös LVI-laboratorioympäristö, jossa erilaiset laboratoriotyöt oppilaiden kesken pystytään suorittamaan. Tiloihin oli tarve saada eristetty pakkahuone, jonne voidaan luoda talviset ääriolosuhteet sekä toinen koehuone, joka pystyy käyttämään kylmää huonetta ulkotilana. Näin saadaan luotua talviolosuhteet myös kesällä erilaisiin tutkimuksiin. Tilojen ilmaolosuhteet pystytään luomaan juuri sellaisiksi mitä mittaustilanteissa vaaditaan. Tiloja voitaisiin hyödyntää myös yritysten ja organisaatioiden tuotekehitykseen ja testaukseen. Tarveselvityksen pohjalta käynnistettiin hankesuunnittelu.

### 3 HANKESUUNNITTELU

Hankesuunnitteluvaiheessa syvennyttään tarveselvityksen tuloksena saatuihin ohjaviin tarpeisiin. Selvitetään reunaehtoja tilojen toteuttamistavaksi ja pohditaan erilaisia ratkaisutapoja. Hankesuunnitteluvaiheessa työstetään tarvesuunnittelun lähtökohtia, laaditaan alustava rakennusaikataulu ja luodaan alustava budjetti ja finanssisuunnittelu. Hankesuunnittelu päättyy tilaajan investointipäätökseen. (RT 10-10387 1989, 3)

#### 3.1 Projektin aikataulut

Aikataulun luominen ohjaa projektia ja sen avulla pystytään ennakoimaan tulevaa. Se luo yhteyden projektin tilaajan ja urakoitsijan välille ja antaa raamit rakennushankkeen kululle. Hyvin suunniteltu aikataulu on todella merkittävässä roolissa sujuvan yhteistyön kannalta rakennushankkeen eri osapuolien kesken. Alustava aikataulu laaditaan hankesuunnitteluvaiheessa, joka täsmentyy viikkoaikatauluksi hankkeen edetessä. Aikataulu ohjaa rakennushankkeen eriosapuolien työjärjestyksen, ja estää päällekkäisyyksien syntymisen. Tärkeimmät aikataulutukseen vaikuttavat tekijät tilaajan kannalta ovat: resurssitekijät, budjetti, yhteydenpito eri osapuolien välillä ja valmistusajankohta.

Koe- ja pakkashuoneen aikataulutuksen reunaehtona pidetään käyttöönotto ajankohdtaa. Suunnittelun tähtäimenä on saada tilat käyttöön syksyllä 2018, jolloin uusi lukukausi alkaa ja opiskelijat pääsevät tekemään laboratoriotöitä tiloissa. Aikataulu on suunniteltu yhdessä opettajien ja tilojen käyttäjien toivomusten mukaan.

#### 3.2 Suunnittelun tavoitteet

Tilojen suunnittelussa otetaan huomioon tiloille asetettavat reunaehdot, jotka ohjaavat suunnittelua. Näihin reunaehtoihin luetaan toiminnalliset tavoitteet, rakennustekniset tavoitteet sekä LVIA-tekniset tavoitteet. Suunnittelun tähtäimenä on luoda toimiva laboratorioympäristö, joka pystyy palvelemaan niin tutkimuskäytössä kuin opiskelijatöissä. Laboratorion on tarkoitus palvella myös mahdollisimman laajasti testitilana yritysten käyttöön erilaisille ilmanvaihdon päätelaitteille. Suunnittelussa täytyy huomioida päätelaitteiden toimintaan ja arvoihin vaikuttavat tekijät ja pyrkiä luomaan

häiriöttömät ja luotettavat testausolosuhteet. Sisäilmaolosuhteita täytyy pystyä varioimaan laajalla skaalalla.

### 3.2.1 Toiminnalliset tavoitteet

Tilat tulevat palvelemaan ensisijaisesti oppilaskäytössä, mutta myös tutkimus- ja testikäytössä esimerkiksi erilaisten LVI-tuotteiden testauksessa eri laitevalmistajille ja yrityksille. Huonelaitteiden suoritusarvoja täytyy pystyä testaamaan erilaisissa sisäilmaolosuhteissa, ja tämä täytyy huomioida suunnittelussa. Tilojen täytyy pystyä taipumaan myös erilaisiin laboratoriotöihin, joiden selvittämiseksi laadittiin käyttäjäkysely. Käyttäjäkysely suoritettiin rakennuspuolen opettajille Mari Kujalalle ja Juuso Lahdenmaalle, LVI-puolen opettajalle Jarkko Heinoselle, sekä energiatekniikan opettajalle Pekka Sirenille. Opettajia haastatteleamalla saatiin käsitys millaisia töitä tiloissa tehdään ja mitä täytyi ottaa huomioon rakenteita ja tekniikkaa suunniteltaessa, jotta tavoitteet saavutetaan. Toiminnalliset tavoitteet loivat lähtökohdat rakennusteknisille ja LVIA- teknisille tavoitteille. Haastatteluiden perusteella tiloissa tullaan suorittamaan seuraavia laboratoriotöitä:

- Huoneen ilmasto-olosuhteiden tutkinta, sisältäen: lämpö,-epäpuhtaus ja kosteuskuormituksen mittauksia
- Ilmanjaon mittauksia
- Huonelaitteiden suoritusarvojen mittauksia (jäähdytyskatto, jäähdytyspalkki, kovektorit ja muut huonelaitteet)
- Huoneen olosuhteiden aikariippuva tutkinta
- Rakenteiden lämmönjohtavuuksien tutkinta kylmän ja lämpimän tilan välillä
- Rakenteiden tiiviydenmittaukset
- Ilmanvuotomittaukset, lämpökameramittaukset
- Muut erilaiset lämmönsiirtolabrat, joissa tutkitaan erilaisten rakenteiden lämmönvastuksia.



### 3.2.2 Rakennustekniset tavoitteet

Koe- ja pakkahuone rakennetaan testaustilaan, joka tällä hetkellä toimii varastona. Tilan mitat ovat 9,0 m x 7,2 m ja pinta-ala 64 m<sup>2</sup>. Tilasta koe- ja pakkahuoneelle on varattu kuvassa 1 näkyvä alue. Koehuone on tarkoitettu mittaamaan normaalia toimistohuonemodulia, jonka vuoksi sen koko tulee olemaan noin 15 m<sup>2</sup>. Pakkahuoneen pinta-ala riittää n. 4 m<sup>2</sup>. Tilojen korkeus tulee olemaan n. 3 m. Koehuoneen puolelle rakennetaan SAMK:n toimesta alaslaskettu katto t-listalla tai vastaavalla, jota käytetään kanavointien, jäähdytysputkien, sekä VAV-yksiköiden sijoittamiseen.



Kuva 1. Valokuva nykyisestä tilasta

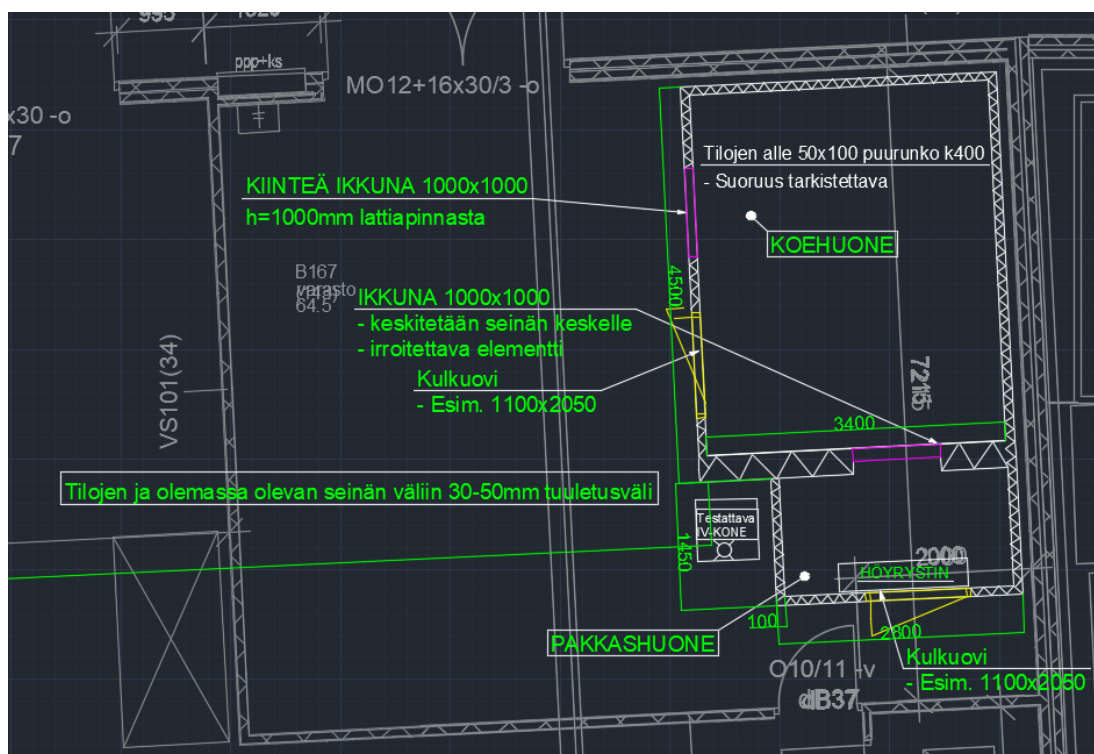
Ilmanjaon mittauksia tutkittaessa on eliminotava kaikki sisäiset konvektiovirtaukset jotka häiritsevät tuloilmasuihkua, joten tilojen tulee olla mahdollisimman tiiviitä ja rakenteiden läpi ei saa ilmetä haitallisia lämpövuotoja. Ilmavirtojen suunnanmuutoksien estämiseksi tilojen rakenteiden on oltava profiililtaan mahdollisimman sileät. Haitallisiksi ilmavirroiksi luetaan hallitsemattomat konvektiiviset ilmavirtaukset, pakotettu konvektio ja luonnollinen konvektio.

Konvektiolla tarkoitetaan lämpövirtausta erilaisten kaasujen ja nesteiden eli fluidien välityksellä kiinteään pintaan tai toisinpäin. Kyseessä on pakotettu konvektio mikäli ulkoinen voima saa fluidin liikkeelle, kuten esimerkiksi tässä tapauksessa pakkahuoneen höyrystimen puhallin voi aiheuttaa "tuuli" kuormaa seinärakenteeseen, jolloin tilojen välinen paine-ero kasvaa. Luonnollinen konvektio johtuu nesteiden tai kaasujen tiheyseroista ja sitä ilmenee mm. rakenteiden sisällä, mikäli kyseessä on erityisen huokoinen eriste.

Toisinaan myös asennusvirheet eristeessä jättävät sinne ilmarakoja, jolloin ilma pääsee konvektiivisesti liikkumaan rakenteen sisällä ja voi jättää rakenteeseen lämpövuodon. Lämmöneristeen tulisi olla tiiviisti asennettu ja erityisesti läpivientien kohdalla on käytettävä suurta huolellisuutta. Läpivientien saumat on tiivistettävä huolellisesti esim. butyyliinauhalla ja eristysmassalla. Seinärakenteen paksuus täytyy myös valita tarpeeksi suureksi, jotta lämmönsiirto rakenteen yli on pientä ja sisäseinän pintalämpötila ei eroa merkittävästi koehuoneen lämpötilasta. Näin estetään konvektiiviset vapaat ilmavirrat seinäpinnan ja huoneen välillä eivätkä ne sekoita päätelaitteiden ja huoneen ilmavirtoja.

Huoneiden väliseen seinään tarvitaan 1000x1000 mm aukko, johon saadaan asennettua erilaisia homogeenisiä ja epätasa-aineisia seinärakenteita, joiden lämmönsiirto ominaisuuksia pystytään tutkimaan. Normaalitylanteessa aukossa on siirrettävä ikkunaelementti, jonka U-arvo on  $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Aukon koon ollessa  $1 \text{ m}^2$  kokoinen, pystytään vaihdettavat elementit vielä asentamaan käsillä paikoilleen, eikä niiden siirtämiseen tarvita ulkopuolisia laitteita. Vaihdettavat elementit tulevat olemaan mm. oikeita ulkoseinärakenteita, joiden istuvuuden takaamiseksi väliseinän paksuus tulee olla 200-300 mm. Muut huoneen seinärakenteet ovat 100 mm, jolla saavutetaan riittävä lämmöneristys testaustilan ja koehuoneen välissä. Aukon reunojen tiivistäminen höyrytiiviksi on huomioitava. Koehuoneeseen on asennettava kiinteä ikkuna 1000 x 1000 mm sisäpuolisia merkkiainemittauksia varten. Lattia tehdään tuulettuvaksi, jolloin ilma pääsee kiertämään lattian ja alapohjan välissä. Tuulettuvana lattiana välipohjalaatan eristyksiä ei tarvitse huomioida eikä pakkahuoneen lämpöhäviöt pääse vaikuttamaan laattaan. Lattian alapuolinen korotus ja suoristus tehdään 50 x 100 puutavarasta, joka mahdollistaa myös alapuolisten viemärien sijoittamisen ilman lattian piikkausta. Lattian pistekuormat rajoittuvat pääosin henkilöiden ja lattialla sijaitsevien IV-päätelaitteiden painoon, joten alle  $1000 \text{ kg}/\text{m}^2$  on riittävä kantokyky. Tarvittaessa paino voidaan jakaa suuremmalle pinnalle esim. metallirimojen avulla.

Lattian lopullinen rakenne määräytyy valmistajien suunnitelmien mukaan. Koehuoneen lattiaan on jätettävä optio lämmityskaapeloinnille ja pakkashuoneeseen tarvitaan oma kiinteä lattialämmitys sulatusta varten. Tilojen katon on kestettävä ihmisen ja laitteiden paino huolto- sekä asennustoimenpiteiden aikana. Katon IV- ja putkiläpivientien teko on oltava mahdollista jälkikäteen. Pakkashuoneen höyrystimen asennuksen kiinnitys on huomioitava katon kantavuuden osalta ja on mahdollisesti tuettava erillisellä telineellä lattiasta. Lopullinen ratkaisu täsmentyy urakoitsijan suunnitelmien mukaisesti. Katon mahdollisesta yläpuolisessa kannakoinnissa on otettava huomioon tilojen yläpuoliset kanava- ja putkivedot IV-luonnossuunnitelmien mukaisesti, jotka esitetään myöhemmin kuvassa 6 ja 7. Tilojen ja olemassa olevien seinärakenteiden väliin on jätettävä 30-50 mm tuuletusväli. Tilat varustellaan kulkuovilla, esim 1100 x 2050. Tilojen alustava tilavaraus sekä suunnitelma on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Tilojen tilavaraus/luonnossuunnitelma.

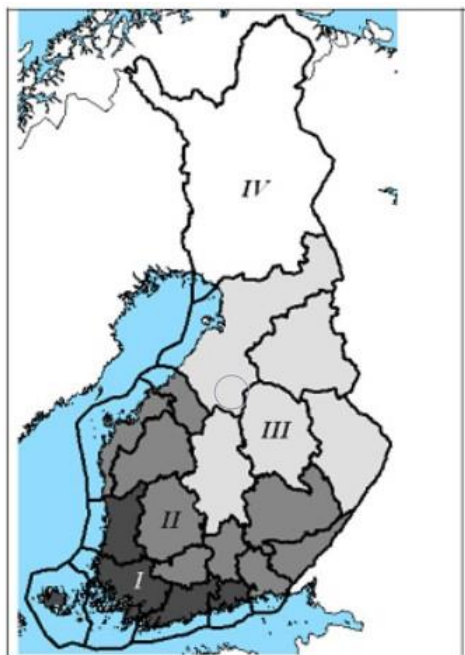
Riittävän rakennepaksuuden varmistamiseksi määritettiin rakenteille lämpöhäviöt ja lämmönsiirtokyky eli U-arvo, jotta veden kondensoitumista alapuolen rakenteisiin ei tapahdu.

Näistä lähtökohdista soveltuvin ratkaisu seinä-, katto- ja lattiarakenteiksi olisivat kylmä- ja puhdistilaelementit. Elementit ovat yleisesti modulaarisia painevaahdotettuja polyuretaaniratkaisuja, jossa elementin kuorena toimii tiivis sinkitty

teräslevy ulko- ja sisäpuolella. Elementtejä on valmistajasta riippuen saatavana monia kokoa ja niitä pystytään muokkaamaan haluttuihin mittoihin. Ne ovat nopeita asentaa ja tiiviit lukkopontit takaavat mahdollisimman tiiviin rakenteen. Ilmaraottoman eristyksen asennuksen mahdollistaa jo tehtaalla valmiiksi paisutettu polyuretaani. (RT -38749 2016, 2)

### 3.2.3 LVIA-tekniset tavoitteet

Pakkahuoneen tarkoitus on tuottaa talviolosuhteet koehuoneelle, josta pienet testattavat ilmanvaihtokoneet voivat ottaa "ulkoilmaa" talvimitoitustilapötiloissa myös kesäolosuhteissa. Talvimitoitustilapötilat ovat termiset keskimääräiset minimilämpötilat mitä ulkona talvella on. Ne vaihtelevat paikkakunnittain, jotka esitetty kuvassa 3.



Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila [°C]	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila [°C]	Lämmityskauden keskimääräinen ulkoilman lämpötila [°C]
I	-26	+5	+1
II	-29	+4	0
III	-32	+2	-1
IV	-38	0	-5

Kuva 3. Säävyöhykkeet (RakMK D5 2007, 56)

Pakkashuoneen lämpötila on saatava laskemaan  $-26\text{ °C}$  jotta se saavuttaa testaukseen sopivan minimipakkasrajan. Pakkashuoneen kylmäkoneiston jäähdytystarve mitoitetaan testattavien ilmanvaihtokoneiden ilmavirran mukaan. Useimpien pienten ilmanvaihtokoneiden toiminta-alue on alle 120 l/s, joten jäähdytysteho määritetään tälle ilmavirralle.

Jäähdytystehontarpeen selvittämiseksi on tarkasteltava huonetilaa kuormittavia lämpökuormia, jotka koostuvat tilan ulkopuolisista- ja sisäisistä lämpökuormista.

Lämpö pyrkii aina tasapainotilaan, siirtyen lämpimästä kylmempään. Lämmönsiirtyminen kiihtyy, mitä suurempi lämpötilojen ero on. Lämmön siirtyminen jaetaan kolmeen ryhmään:

- Johtuminen
  - Lämpö siirtyy kahden paikallaan olevan aineen välillä. Lämmönsiirtymisen kapasiteetti vaihtelee eri aineiden välillä. Erilaisille rakennusmateriaaleille on annettu niiden lämmönjohtavuusarvot. Mitä ilmavampi ja huokoisempi aine on, sitä parempi lämmönvastus sillä on.
- Konvektio
  - Lämpö kulkeutuu välittäjäaineen eli fluidin mukana. Eri fluideilla on erilaiset kyvyt sitoa lämpöä. Virtaavan lämmön määrä määräytyy fluidin ominaislämpökapasiteetin ja fluidin massavirran perusteella. Fluideille on annettu omat ominaislämpökapasiteetit, jotka helpottavat tutkittaessa konvektion lämmön määrää.
- Säteily
  - Lämpö siirtyy säteilemällä ympäristöön. Pintalämpötiloilla on suuri merkitys lämpösäteilyn määrään. (Siren 2016)

Pakkashuoneen seinä-, katto- ja lattiarakenteet ovat valmiselementtejä joissa eristeenä toimii painevaahdotettu polyuretaani, jonka tiheys on  $42\text{ kg/m}^3$ . Elementtien ulkokuorena molemmin puolin on pulveripolttomaalattu teräslevy; paksuus 0.5mm. Elementtien paksuus on 100mm. Kuvasta 4 saadaan yhden yrityksen elementtien lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot, jotka kertovat rakenteen lämmöneristyskyvyn neliometriä kohden jatkuvuustilassa, kun lämpötilaero rakenteen molemmin puolin on yhden asteen suuruinen. (RT -38749 2016, 2)

Elementin paksuus, mm	Elementin U-arvo, W/m <sup>2</sup> K	Polyuretaani-vaahdon tiheys, kg/m <sup>3</sup>	Elementin paino, n. kg/m <sup>2</sup>	
15	~	-	~	saneeraukseen, ruuvikiinnitys
30	~	42	~	saneeraukseen, ruuvikiinnitys
40	0,50	42	5/10	saneeraukseen, ruuvikiinnitys
50	0,38	42	13	lukollinen
65	0,36	42	13,5	lukollinen
80	0,29	42	14,5	lukollinen
100	0,24	42	15,5	lukollinen
150	0,16	42	17,5	lukollinen
60	0,38	40	12	lukoton
80	0,29	40	13	lukoton
100	0,24	40	13,5	lukoton
120	0,20	40	14	lukoton
150	0,16	40	14,5	lukoton

Kuva 4. Polyuretanielementtien U-arvot (RT -38749 2016, 2)

Pakkashuoneen jäähdytysteho määräytyy rakenteiden läpi johtuvan lämmön määrästä, sekä ilmavaihdon aiheuttamasta jäähdytistarpeesta.

Pakkashuoneen tiedot:

Leveys 2,8 m

Pituus 1,5 m

Korkeus 3 m

Lattian pinta-ala 4,2 m<sup>2</sup>

Oven pinta-ala 2,3 m<sup>2</sup>

Ikkunaelementti 1 m<sup>2</sup>

Ilmanvaihto mitoitustilanteessa 120 l/s

Väliseinärakenne:

300 mm painevaahdotettu polyuretanielementti

Lämmönjohtavuus 0,03 W m/K (Suomen RakMK C4 2003, 11)

Ulkoseinät, lattia ja katto:

100 mm painevaahdotettu polyuretanielementti

Lämmönjohtavuus 0,03 W m/K (Suomen RakMK C4 2003, 11)

Ovi ja ikkuna:

U-arvo 1 W/(m<sup>2</sup>\*K)

Rakenteen kokonaislämmönvastus voidaan laskea kaavan 3 mukaan kun kyseessä on homogeeninen rakenne ja lämpö välittyy rakenteeseen nähden kohtisuoraan. Kokonaislämmönvastus  $R_T$  koostuu sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summasta  $R_{se} + R_{si}$  sekä ainekerroksen  $R_1, R_2, R_3 \dots$  summasta. Kokonaislämmönvastuksen käänteislukuna saadaan lämmönläpäisykerroin eli U-arvo kaavan 2 mukaan.

(Suomen RakMK C4 2003, 5)

Lämpötilaero  $\Delta T$  muodostuu pakkahuoneen -26 °C lämpötilasta sekä tätä ympäröivien tilojen maksimi lämpötilasta 25 °C.

Rakenteiden johtumisteho lasketaan kaavalla 1.

$$\Phi_{\text{johtumisteho}} = U * A * \Delta T \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \left[ \frac{W}{m^2 * K} \right] \quad (2)$$

$$R_T = R_{se} + R_1 + R_{si} \quad \left[ \frac{m^2}{W} \right] \quad (3)$$

Pakkahuoneen johtumistehot:

Väliseinä

$$R_{T,\text{väliseinä}} = R_{se} + R_1 + R_{si}$$

$$R_{se} = 0,04 \frac{m^2}{W}$$

$$R_{si} = 0,13 \frac{m^2}{W}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,3m}{0,03 W(m * K)} = 10 \frac{m^2}{W}$$

$$R_{T,\text{väliseinä}} = 0,04 \frac{m^2}{W} + 10 \frac{m^2}{W} + 0,13 \frac{m^2}{W} = 10,2 \frac{m^2}{W}$$

$$U_{\text{väliseinä}} = \frac{1}{10,2 \frac{m^2}{W}} = 0,10 \frac{W}{m^2 * K}$$

$$\Phi_{\text{väliseinä}} = U_{\text{väliseinä}} * (A_{\text{väliseinä}} - A_{\text{ikkuna}}) * \Delta T$$

$$\Phi_{\text{väliseinä}} = 0,10 \frac{W}{m^2 * K} * ((2,8 m * 3 m) - 1 m^2) * 51 \text{ } ^\circ\text{C} = 38 W$$

### Ulkoseinät

$$R_{T,\text{väliseinä}} = R_{se} + R_1 + R_{Si}$$

$$R_{se} = 0,04 \frac{m^2}{W}$$

$$R_{Si} = 0,13 \frac{m^2}{W}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,1 m}{0,03 W(m * K)} = 3,3 \frac{m^2}{W}$$

$$R_{T,\text{ulkoseinä}} = 0,04 \frac{m^2}{W} + 3,3 \frac{m^2}{W} + 0,13 \frac{m^2}{W} = 3,47 \frac{m^2}{W}$$

$$U_{\text{ulkoseinä}} = \frac{1}{3,47 \frac{m^2}{W}} = 0,29 \frac{W}{m^2 * K}$$

$$\Phi_{\text{Ulkoseinät}} = U_{\text{Ulkoseinä}} * (A_{\text{Ulkoseinät}} - A_{\text{ovi}}) * \Delta T$$

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{Ulkoseinät}} &= 0,29 \frac{W}{m^2 * K} * ((2 * 1,5 m * 3 m + 2,8 m * 3 m) - 2,3 m^2) * 51 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 223 W \end{aligned}$$

### Katto

$$R_{T,\text{katto}} = R_{se} + R_1 + R_{Si}$$

$$R_{se} = 0,04 \frac{m^2}{W}$$

$$R_{Si} = 0,10 \frac{m^2}{W}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,1 m}{0,03 W(m * K)} = 3,3 \frac{m^2}{W}$$

$$R_{T,\text{katto}} = 0,04 \frac{m^2}{W} + 3,3 \frac{m^2}{W} + 0,10 \frac{m^2}{W} = 3,44 \frac{m^2}{W}$$

$$U_{\text{katto}} = \frac{1}{3,44 \frac{m^2}{W}} = 0,29 \frac{W}{m^2 * K}$$

$$\Phi_{\text{Katto}} = U_{\text{Katto}} * A_{\text{Katto}} * \Delta T$$

$$\Phi_{\text{Katto}} = 0,29 \frac{W}{m^2 * K} * (2,8 m * 1,5 m) * 51 \text{ } ^\circ\text{C} = 62 W$$



Lattia

$$R_{T,Lattia} = R_{se} + R_1 + R_{Si}$$

$$R_{se} = 0,04 \frac{m^2}{W}$$

$$R_{Si} = 0,17 \frac{m^2}{W}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,1m}{0,03 W(m * K)} = 3,3 \frac{m^2}{W}$$

$$R_{T,Lattia} = 0,04 \frac{m^2}{W} + 3,3 \frac{m^2}{W} + 0,17 \frac{m^2}{W} = 3,51 \frac{m^2}{W}$$

$$U_{Lattia} = \frac{1}{3,51 \frac{m^2}{W}} = 0,28 \frac{W}{m^2 * K}$$

$$\Phi_{Lattia} = U_{Lattia} * A_{Lattia} * \Delta T$$

$$\Phi_{Lattia} = 0,28 \frac{W}{m^2 * K} * (2,8 m * 1,5 m) * 51 \text{ } ^\circ C = 60 W$$

Ovi ja ikkuna

$$\Phi_{Ovi+ikkuna} = 1 \frac{W}{m^2 * K} * (2,3 m^2 + 1 m^2) * 51 \text{ } ^\circ C = 168 W$$

Pakkashuone

$$\Phi_{Pakkashuone} = \Phi_{Väliseinä} + \Phi_{Ulkoseinät} + \Phi_{Katto} + \Phi_{Lattia} + \Phi_{Ikkuna+ovi}$$

$$\Phi_{Pakkashuone} = 38 W + 223 W + 62 W + 60 W + 168 W = 551 W$$

Ilmanvaihdon jäähdytysteho lasketaan kaavan 4 mukaan. (Suomen RakMK D5 2007, 22)

$$\Phi_{Ilmanvaihto} = q_{v,ilma} * C_{p,ilma} * \rho_{ilma} * \Delta T \quad (4)$$

$$q_{v,ilma} = 0,12 m^3/s$$

$$C_{p,ilma} = 1,0 \text{ kJ/kg} * K$$

$$\rho_{ilma} = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta T = T_{ilma,ulko} - T_{ilma,sisä} = 51 \text{ } ^\circ C$$

$$\Phi_{Ilmanvaihto} = 0,12 \left( \frac{m^3}{s} \right) * 1,0 \text{ kJ}/(\text{kg} * K) * 1,29 \text{ kg}/m^3 * 51 \text{ } ^\circ C = 7,89 \text{ KW}$$

Pakkashuoneen kokonaisjäähdytystehon tarve:

$$\Phi_{\text{Pakkashuoneen jäähdytys}} = \Phi_{\text{Ilmanvaihto}} + \Phi_{\text{Johtumistehot}}$$

$$\Phi_{\text{Pakkashuoneen jäähdytys}} = 7,89 \text{ KW} + 0,551 \text{ KW} = 8,4 \text{ KW}$$

Pakkashuoneeseen tulevan kostean koehuoneen ilman vesihöyry kondensoituu kylmiin seinä- ja patteripintoihin. Ilman absoluuttista kosteutta säädetään koehuoneessa olevalla höyrykostuttimella, jolloin ilman kosteus voi olla hyvinkin suuri. Korkean ilman absoluuttisen kosteuden vuoksi pakkashuoneen lattia ja seinät on varusteltava tehokkaalla sulatuksella ja huomioitava myös viemärointi sekä viemärien sähköinen saattokaapelointi sulanapitoavarten. Sulatusvastuksien sijainti määräytyy tilojen toimittajan suunnitelmien mukaisesti.

Koehuoneen sisäilmaolosuhteet tulevat olemaan täysin varioitavissa (kosteus ja lämpötila) tilaa palvelevalla erillisellä IV-koneella ja huoneessa olevalla irrallisella höyrykostuttimella. Tilaa palveleva IV-kone on ilmavirraltaan 120 l/s, jonka tuloilma otetaan rakennettavien tilojen viereisestä testaustilasta, jonne myös jäteilma puhalletaan.

## 4 PAKKASKONEISTO

Pakkashuone varustellaa pakkaskoneistolla, jolla huone saadaan viilennettyä -26 celsiusasteeseen ilmavirran ollessa 120 l/s. Pakkaskoneiston toiminta perustuu kylmäprosessiin, jossa kylmäaineen faasimuutoksilla ja kompressorin tekemällä työllä saadaan lämpöenergiaa siirrettyä paikasta toiseen. Pakkaskoneiston pääkomponentit ovat: höyrystin, kompressori, lauhdutin ja paisuntaventtiili. Pakkashuoneen pakkaskoneisto koostuu ilmalauhdutteisesta kompressorikoneikosta ja pakkashuoneessa olevasta puhallinhöyrystimestä. Vesikatolla sijaitsevassa kompressorikoneistossa on yhdistetty kompressori, lauhdutin, sekä paisuntaventtiili.

### 4.1 Höyrystin

Höyrystimen tehtävä on välittää lämpöä pakkashuoneen ilmasta, sen läpi kulkevaan kylmäaineeseen. Ilmaa jäähdyttävissä höyrystimissä ilman liike saadaan aikaan

puhaltimilla tai luonnollisesti ilman tiheyserojen vaikutuksesta. Ilma kulkee höyrystimen patterin läpi, joka koostuu putkireiteistä ja lamelleista. Mitoitukseen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- saapuvan ilman lämpötila ja kosteus
- höyrystimelle saapuvan ilman ja höyrystimestä lähtevän kylmäaineen välinen lämpötilaero
- lamellijako
- koko
- puhaltimien ominaisuudet, äänitasot sekä lukumäärä
- sulatustapa
- kylmäaineen kiertoluku

Puhallinhöyrystimeltä tulevan ilman ja kylmäaineen höyrystymislämpötilan välinen lämpötilaero lisätään höyrystimen mitoittavaan lämpötilaan. Käytettävä lämpötilaero vaihtelee tilojen käyttötarpeen mukaisesti. Pakkashuoneen lämpötilavaatimus on  $-26^{\circ}\text{C}$ , joten puhallinhöyrystimen mitoittava lämpötilavaatimus on  $-34^{\circ}\text{C}$ . (Hakala, 2007, 79)

Pakkashuoneen jäähdytystehon suurin kuormittava tekijä on pienen ilmanvaihtokoneen ottama ilma. Ilman absoluuttista kosteutta koehuoneessa varioidaan erillisellä höyrykostuttimella, joten pakkashuoneeseen puhallettavan jäteilman mukana tuleva suuri kosteus täytyy ottaa suunnittelussa huomioon. Höyrystinpatterin lamellijaolla saadaan vähennettyä patterin nopeaa jäätymistä. Suuremmalla lamellijaolla eliminoidaan huurteen tukkiva vaikutus lamellien välissä, jolloin puhaltimen kierrätävä ilma pääsee tehokkaasti hyödyntämään kylmää pintaa. Toisaalta suuren lamellijaon haittapuoli etenkin höyrysulatuksella toimivissa höyrystimissä on hidas lamellien sulaminen. Suositeltava lamellijako pakkashuoneissa on 12-18mm. Poikkeustapauksissa myös voidaan käyttää 2 tai 3 eri lamelliväliä, jopa 48mm asti. Puhallinhöyrystimen paikan sijoittelussa pitää ottaa huomioon huoltotila ja riittävä vapaa tila puhaltimen molemmin puolin sen optimaalisen toiminnan takaamiseksi. (Aittomäki, 2008, 188)

Pakkashuoneen pienen ilmatilavuuden vuoksi myös oven kautta tapahtuva ilmanvaihto täytyy huomioida tutkimusten aikana ja turhaa kulkua tulee välttää.

Pakkashuoneessa puahaltimien äänitasoihin ei tarvitse kiinnittää suurta huomiota, koska tila on eristetty muista tiloista ja laitteet voidaan sammuttaa tutkimusten ajaksi.

#### 4.1.1 Höyrystimen sulatus

Höyrystinpatterin pintalämpötilan ollessa 0°C alapuolella, alkaa lämmin kostea ilma kondensoitua jääksi patterin lamellien päälle. Pakkashuoneessa lämmintä kosteaa ilmaa virtaa koehuoneesta suuri määrä, 120 l/s, joten sulatuksella on suuri merkitys. Höyrystimen teho pienenee merkittävästi jääkerroksen kasvaessa, joten sulatustiheys on myös suuri pitemmissä koneen käyttöjaksoissa. Sulatusmenetelmiä ovat luonnollinen sulatus, sähkösulatus, kuumakaasusulatus ja vesisulatus.

Luonnollista sulatusmenetelmää voidaan käyttää tiloissa, joiden lämpötila on korkeampi kuin +2 °C. Tällöin sulaminen tapahtuu koneiden seisontajakson aikana.

Kuumakaasusulatuksessa puhallin sammuu ja patteriin johdetaan kompressorin puristamaa korkeapaineessa olevaa kuumaa kylmäainehöyryä, joka saa patterin sulamaan. Menetelmä on käytössä usein isommissa kylmäkoneistoissa.

Vesisulatuksessa höyrystin sulatetaan suoralla vedellä. Menetelmä on käytössä lähinnä kylmäaltaissa ja pakastimissa, joissa vaaditaan nopeaa sulatusta päivän päätteeksi.

Sähkösulatus on tehokas ja eniten käytetty sulatusmuoto. Kertynyt huurre ja jää sulatetaan vastussauvoilla jotka sijaitsevat lamellien välissä. Sulatusmenetelmä ei ole energiatehokkain muoto, mutta pakkashuoneen usein lyhyillä käyttöjaksoilla sillä ei olisi suurta merkitystä. (Aittomäki, 2008, 192-196)

#### 4.2 Ulkoasenteinen kompressorikoneisto

Kompressorikoneiston tehtävä on siirtää höyrystimeltä tulevan kuumakaasun lämpö konvektiivisesti puhaltimen avulla ympäröivään ilmaan. Kylmäliuoksen ohitettua lauhdutinpatterin sen paine laskee kohti paineenalennusventtiiliä, jossa kylmäaineen lämpötila ja paine laskee edelleen ja muuttuu nestemäiseen muotoon. Tästä kylmäaine jatkaa putkistoa pitkin uudelleen kohti pakkashuoneen höyrystinpatteria.

Tulevan ilman mitoituslämpötilana lauhduttimelle käytetään +27 °C. Pakkashuoneen lauhdutin ja kompressorin sijoitetaan vesikatolle. Sisälle sijoitettaessa ongelmaksi muodostuvat tilantarve, lauhdelämmönpoisto ja äänet.

Ulkoasenteisena koneistona on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin:

- Koneiston ja lauhduttimen läheisyydessä ei saa olla esteitä optimaalisen lauhdutuksen ylläpitämiseksi.
- Koneiston äänen resonointi alarakenteisiin on estettävä, esim. kumisilla eristystassuilla tai metallijousilla.
- Kompressorin käyttöikä kylmässä on pienempi, joten mahdollinen eristys on myös aiheellinen. Sopiva eristys varmistettava laitteen valmistajalta.
- Nestevaraaja varustettava lämmitysvastuksella ja eristettävä.
- Koneisto sijoitetaan vesikaton holvikaarten väliin, jonne rakennettava huolto-taso, huollon helpottamiseksi ja vakaan asennuspinnan aikaansaamiseksi.
- Koneisto varustettava öljynerottimella. (Aittomäki, 2008, 218)

## 5 VIEMÄRÖINTI JA ILMANVAIHTO

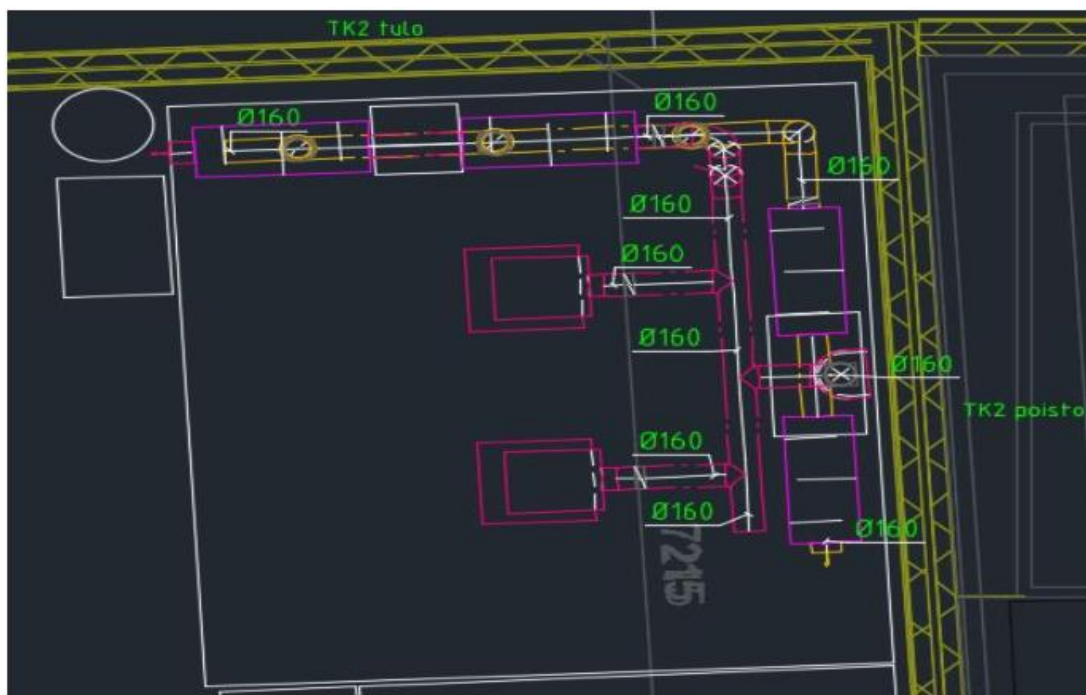
Pakkahuoneen suuren kosteuden vuoksi tila on varusteltava viemärillä, jotta pintoihin kondensoitunut vesi ja huurre saadaan turvallisesti johdettua tiloista pois. Lattiapinnan sisäpuolinen tiivistys vesitiiviiksi on huomioitava, jotta mahdolliset valumavedet saadaan johdettua viemäriin. Näin tilojen puhdistus on myös helpompaa. Höyrystimen alle on asennettava kondenssivesiallas sähkösulatuksella, joka johdetaan tilan ulkopuolella olevan vesipisteen hajulukkoon tai vaihtoehtoisesti tilojen viereen testattavan IV-koneen alle asennetaan v75 lattiakaivo erikoisvesilukolla, joka liitetään alakerran olemassa olevaan kuvassa 5 esitettyyn viemäriin. Näin uuteen viemäriin saataisiin liitettyä mahdolliset muut LVI-laboratorioon tulevat uudet viemärit. Viemäriin on varusteltava alipaineventtiilillä tuuletuksen varmistamiseksi. Tilan sisäpuoliset putkivedot varusteltava myös saattokaapeloinnilla jäätymisen estämiseksi.



kuva 5. Tilojen luonnossuunnitelma, viemärit.

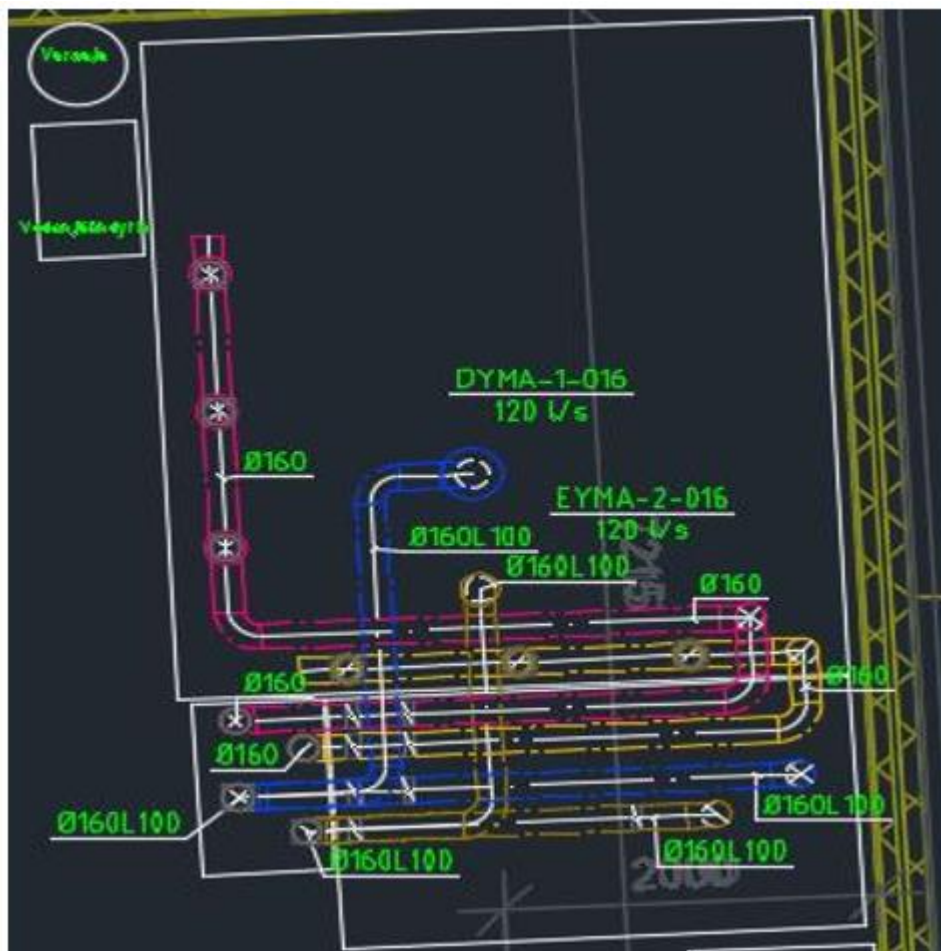
Koehuoneen olosuhteet luodaan erillisellä ilmastointikoneella (TK2) ja kosteuskuormia varioidaan erillisellä höyrykostuttimella koehuoneen sisäpuolelta. Koehuoneen ilmanvaihdon toimintaperiaate on esitetty myöhemmin kuvassa 8. Koehuoneen (TK2) kanavat ovat varustettu kanavapuhaltimilla, lämmitys- ja

jäähdytyspatterilla, sekä äänenvaimentimilla. Ilmanvaihtokanavat sijoitetaan koehuoneeseen päälle ja kannakoidaan seinästä jo aiemmin luotujen suunnitelmien mukaan, jotka esitetty kuvassa 6.

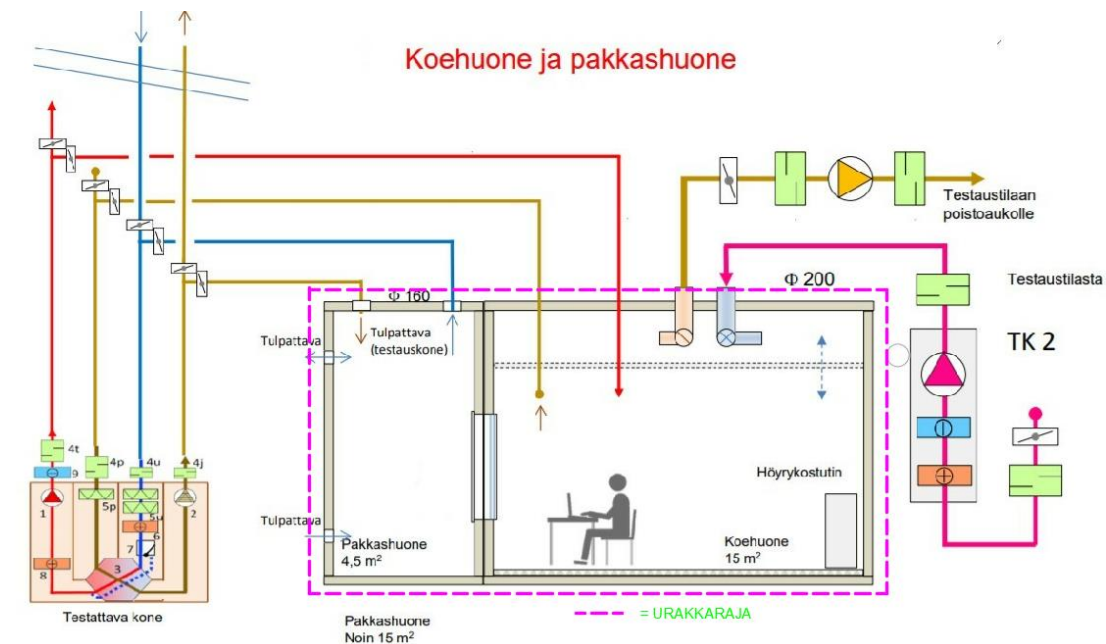


kuva 6. TK2 kanavien sijoittelu (Laitinen Samuli, 2017)

Koehuoneen vieressä olevan testattavan pienen ilmanvaihtokoneen kanavisto asennetaan tilojen ulkopuolelle katosta roikkuvaksi jo aiemmin luotujen suunnitelmien mukaan, jotka esitetty kuvassa 7 ja 9. Ulkoilman ollessa tarpeeksi viileää, saadaan raitis- ja jäteilma suunnattua ulkoa sisälle kanavistossa olevien sulkupeltien avulla. Kesällä ilmanotto voidaan kääntää pakkahuoneeseen, jolloin saadaan myös pakkasilmaa ilmanvaihtokoneen testausta varten. Kanavaliitännät pakkahuoneeseen voidaan tulpatta käyttöajan ulkopuolella. Pakkahuoneen seinään oven viereen tehdään myös kaksi 125 mm reikää, joihin asennetaan ilmanvaihtokanavien pätkät ja säleiköt perusilmanvaihtoa varten tilojen käyttöjaksojen välissä. Työskentelyn ajaksi reiät on tulpattava. Läpivientien tiivistys tehtävä huolellisesti, huomioiden höyrytiiviy rakenteeseen. (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2016)

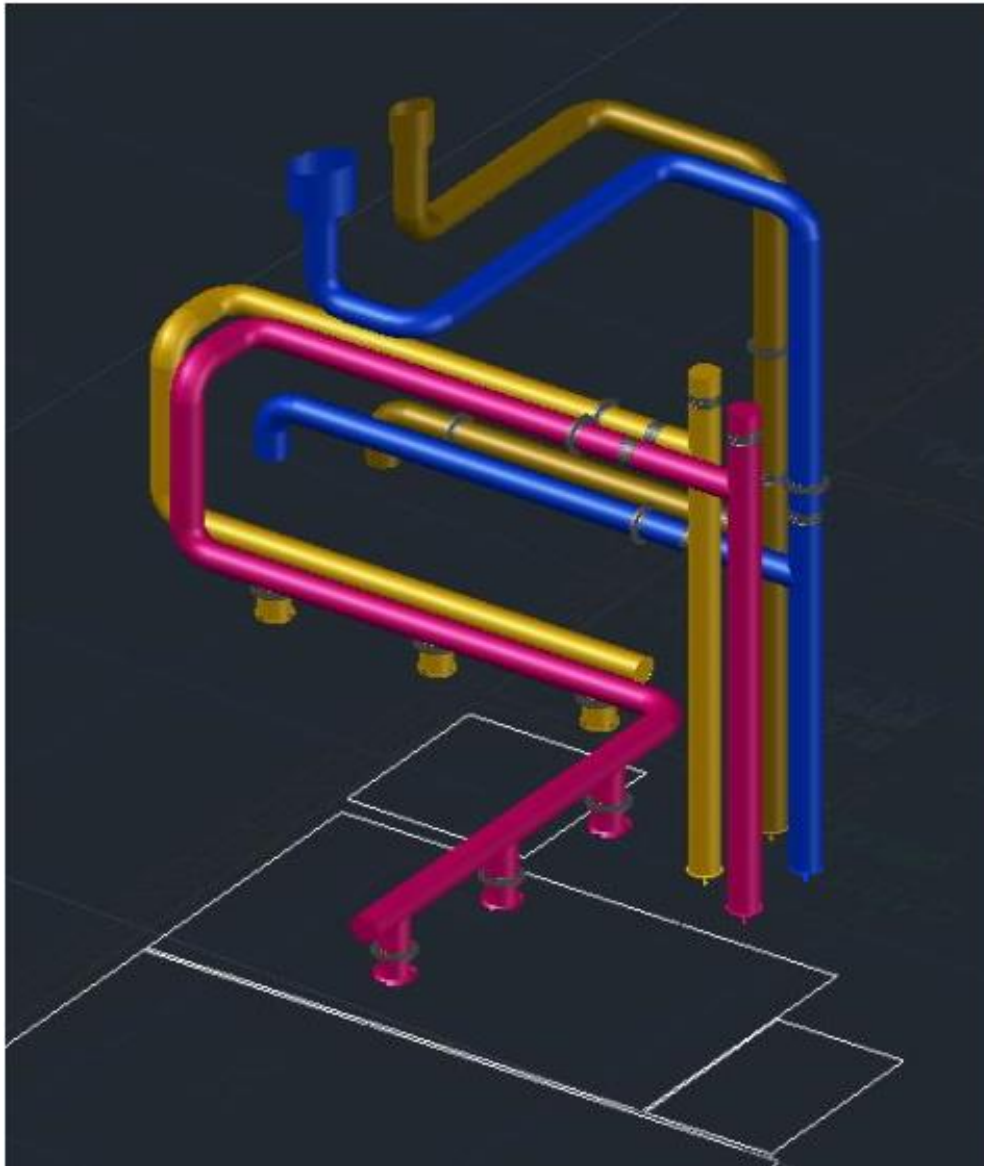


Kuva 7. Testattavan pienen IV-koneen kanavisto (Laitinen 2017)



Kuva 8. Tilojen ilmanvaihdon toimintaperiaate (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2016)





Kuva 9. Testattavan pienen IV-koneen kanavisto 3D (Laitinen 2017)

## 6 MATERIAALITOIMITTAJIEN KARTOITUS JA HINTA-ARVIO

Tilojen luonnossuunnitelmien tekemisen jälkeen aloitettiin materiaalitoimittajien kartoittaminen. Oli selvitettävä toimittajat, jotka pystyivät mahdollistamaan urakan sisällön luotujen reunaehtojen mukaan. Aikataulutuksen ja sujuvan asennuksen näkökulmasta päätettiin lähestyä yrityksiä, jotka pystyvät tarjoamaan tilojen rakenteet ja kylmäkoneet pakettiratkaisuna. Tämä eliminoi myös mahdolliset yhteydenpito ja yhteistyöongelmat sekä vastuu siirtyy yhdelle toimittajalle. Hankkeen alusta asti oli selvää, että tilojen rakenteet olisi järkevää kustannussyistä sekä niiden muokattavuuden näkökulmasta toteuttaa valmistilaelementeistä. Painevaahdotettujen polyuretanielementtien toimittajia löytyi lukuisia, mutta segmentointi kohdistettiin kylmä- sekä puhdistilaelementtien toimittajiin, jotta hankekokonaisuus saataisiin yhden yrityksen toimesta.

Tiedustelu yrityksiin suoritettiin puhelimitse sekä sähköpostin välityksellä. Yhteydenottoihin vastattiin tyydyttävästi. Alla yritykset joihin oltiin yhteydessä projektiin liittyen.

- Hermetel Oy
- Polar kylmä Oy
- Viima Inn Oy
- As – Power Oy
- Porkka Finland Oy

Hermetel Oy ja Polar kylmä Oy ilmoittivat kiinnostuksensa projektia kohtaan sekä heidän tarjoamansa painevaahdotetut polyuretanielementit vastasivat hankesuunnitelman alustavia elementtiratkaisuja, jotka täyttävät tiloille asetettavat reunaehdot. Toiselta yritykseltä saatiin kokonaisuudesta alustava hinta-arvio.

Hinta-arvio on yrityksen antama sitova summa rakennussurakkaa tai laitetta vastaan tilaajalle. Yritys ei saa ylittää hinta-arviota yli 15 prosentilla, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta:

- Hinnan nousun syy pohjautuu lakimuutoksiin tai viranomais määräyksiin joihin toimeksiantaja ei ole pystynyt tarpeeksi aikasessa vaiheessa reagoimaan sopimusta tehdessä.

- Tilaaja pitkittää suoritusta toimeksisaajalle ja tämän vuoksi toimeksisaajan kustannukset nousevat
- Tilaajan antamien lähtötietojen puute tai niiden vääristäminen. Toimeksiantajan on ilmoitettava hinnan muutokset tilaajalle välittömästi. (Minilex www-sivut 2018)

Hinta-arvio auttaa hahmoittamaan projektin kokonaiskustannukset ja tarkentaa hankkeelle asetettavaa budjettia. Ennen tarjouskilpailutusta koe- ja pakkahuoneelle oltiin haettu alustava hinta-arvio alan yrityksestä. Kuvassa 10 yrityksen tarjoama hinta-arvio.

**HINTA: 32.000,00 € Alv 0%**

**Toimitus sisältö**

- 1 kpl ulkoasenteinen pakastekoneisto  
Frica-Bohn Mega Sn N155A
- 1 kpl puhallinhöyrystin sähkösulatuksella  
ECO-Luvata CTE-353 A8ED
- 1 elektroninen huonesäädin Danfoss Optima control
  
- 1 kpl pakastehuone 3,6m x 2,4m x 3,2m ( ulkomitat
  - Elementti 100 mm
  - Pakastehuoneen ovi PTO-11 1100x2050
- 1 kpl testaushuone 3,6m x 4,2m x 3,2 m
  - Elementti 100 mm
  - Kylmähuoneen ovi KTO-11 1100x2050

Kuva 10. Hinta-arvio (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2016)

## 7 URAKKAMUOTOJEN ESITTELY JA VALINTA

Urakkamuodon valinnalla pystytään vaikuttamaan hankkeen vastuualueisiin ja sitä kautta riskeihin jotka liittyvät sopimussuhteisiin. Olennainen merkitys kohdistuu myös hintaan. Karkeasti jaoteltuna urakkamuodot voidaan jaotella suoritusvelvollisuuden mukaan ja maksuperusteen mukaan. Suoritusvelvollisuuksien mukaan määräytyvät urakat ovat kokonaisurakka, jaettu urakka, projektinjohtourakka, KVR- urakka ja allianssiurakka. Näistä muut paitsi allianssiurakka noudattavat transaktionaalisia sopimussuhteita, jolloin kahdenvälisissä sopimuksissa on tarkasti määritelty tehtävä työ ja vastuualueet. Relationaaliin sopimussuhteisiin kuuluvassa allianssiurakassa kaikki riskit ollaan koottu yhteen sopimukseen, josta kaikki ovat yhdessä vastuussa. (Tuokko, 2014, 10)

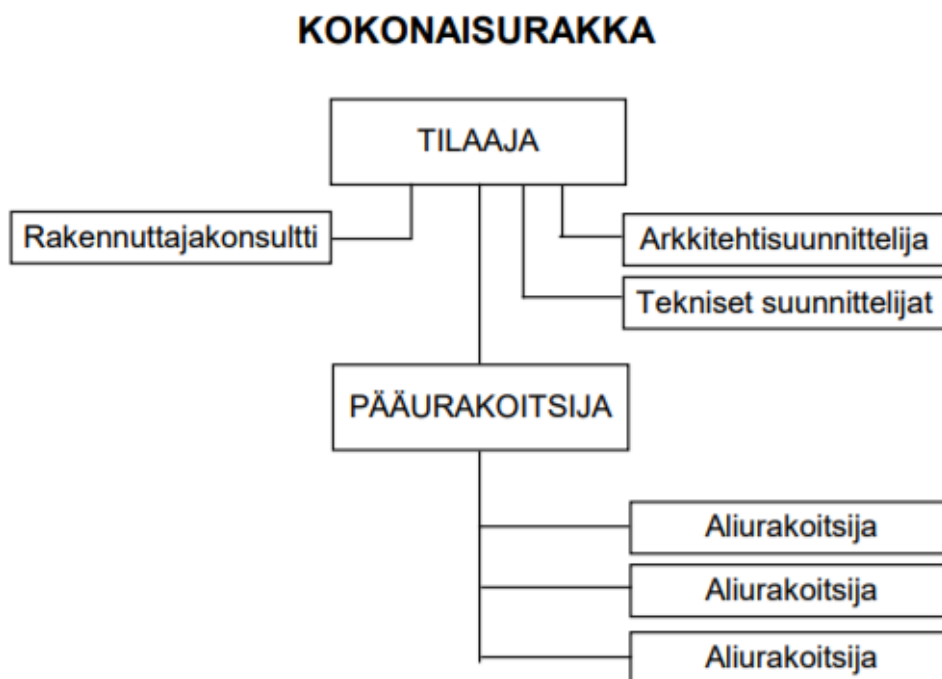
Maksuperusteen mukaan määräytyvät urakat ovat kokonaishintaurakka, laskutyöurakka ja tavoitehintaurakka.

### 7.1 Suoritusvelvollisuuden mukaan määräytyvät urakat

#### 7.1.1 Kokonaisurakka

Kokonaisurakka kuuluu pääurakkamuotoihin. Tässä urakassa tilaaja tekee yhden sopimussuhteen urakoitsijaan joka vastaa koko rakennusurakasta. Tilaaja kilpailuttaa erityissuunnittelijat ja näiden suunnitelmien pohjalta pääurakoitsija toteuttaa rakennusurakan. Pääurakoitsija voi käyttää omia aliurakoitsijoita ja on itse vastuussa näistä. Tilaajalla ei ole oikeuksia päättää aliurakoitsijoista. Pääurakkamuodot sopivat erinomaisesti tuttuihin ja pieniin urakoihin, jolloin urakoitsijalla on ennestään kokemusta samanlaisesta urakoista. Suurin kustannusriski pääurakoissa korreloituu lisä- ja muutostöihin. Kaikki ylimääräinen työ mikä ei ole valmiiksi suunnitelmissa, teetetään lisä- ja muutostöinä. Kokonaisurakassa suunnittelulla ja selkeällä tarjouspyynnön valmistelulla on siis merkittävä rooli. (Tuokko, 2014, 12)

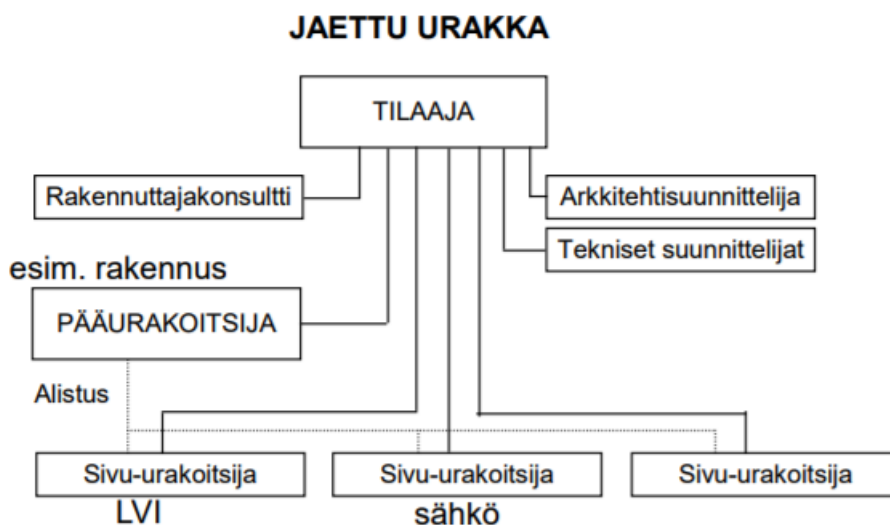
Kaavio 1. Kokonaisurakka (Kujala 2017)



### 7.1.2 Jaettu urakka

Jaettu urakka kuuluu myös pääurakkamuotoihin. Jaetussa urakkamuodossa tilaaja tekee useita urakkasopimuksia eri erityisosaajien kanssa, jolloin jokainen urakoitsija vastaa omista aliurakoitsijoista. Urakoitsijoilla on hyvin marginaaliset keinot vaikuttaa urakan etenemiseen tilaajan valmiiksi suunniteltujen suunnitelmien vuoksi. Pääurakoitsija valitaan tilaajan toimesta ja muut urakoitsijat toimivat sivu-urakoitsijoina.

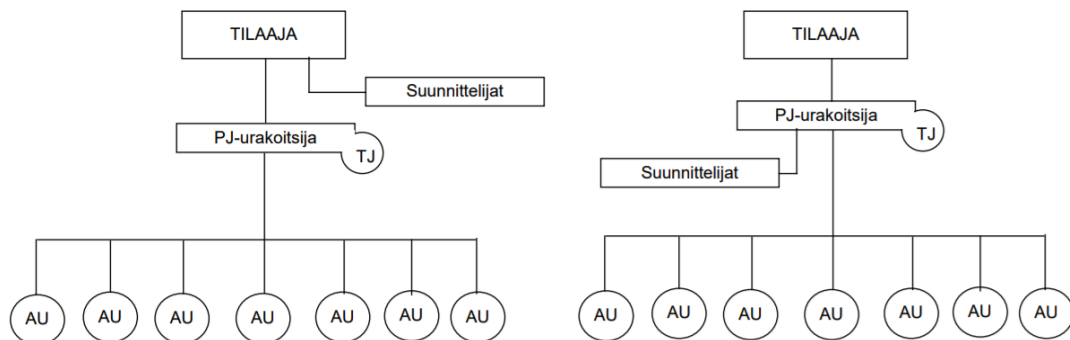
Kaavio 2. Jaettu urakka (Kujala 2017)



### 7.1.3 Projektijohtourakka

Projektinjohtomallit eli osaurakat ova urakoita joissa projektinjohtourakoitsija yhdessä tilaajan kanssa johtaa hanketta. Tilaaja tekee sopimuksen vain projektinjohtourakoitsijan kanssa, joka on vastuussa rakennuttamistehtävistä ja työmaan organisoinnista. Urakat koostuvat usein hankinnoista, jotka tehdään projektijohtourakoitsijan nimiin. Hanke pystytään pilkkomaan pienempiin urakoihin, jotka kilpailutetaan erikseen suunnitelmien valmistuttua. Suunnittelu voidaan toteuttaa molempien, tilaajan tai PJ-urakoitsijan toimesta. Tämä mahdollistaa myös pienempien yritysten osallistumisen urakkaan ja näin kilpailutus laajenee. Tyypillisesti projektijohtourakoitsija on isomman organisaation toimija. Projektijohtourakkaa käytetään pääasiassa isoissa hankkeissa. (Tuokko, 2014, 14)

Kaavio 3. Projektijohtourakka (Kujala 2017)



#### 7.1.4 KVR-urakka

KVR-urakka eli kokonaisvastuurakentaminen on urakkamuoto, joka sisältää myös suunnittelun. Urakkamuoto on ns. avaimet käteen- muoto jossa urakoitsija toteuttaa hankkeen alusta loppuun. Urakoitsija suunnittelee ja toteuttaa. Näin tilaajalla on sopimussuhde vain urakoitsijaan. Urakassa urakoitsijan suunnittelulla on suuri vastuu ja se vastaa itse omista virheistään. Näin urakoitsijan täytyy huomioida virhevara myös urakkahinnassa. Tilaajan kannalta urakkamuoto on hyvä, koska vastuu siirtyy kokonaan urakoitsijalle. Tarjouspyynnöissä KVR-urakkamuoto karsii paljon yrityksiä, jonka vuoksi kilpailu on pienempää verrattuna esim. kokonaisurakkaan.

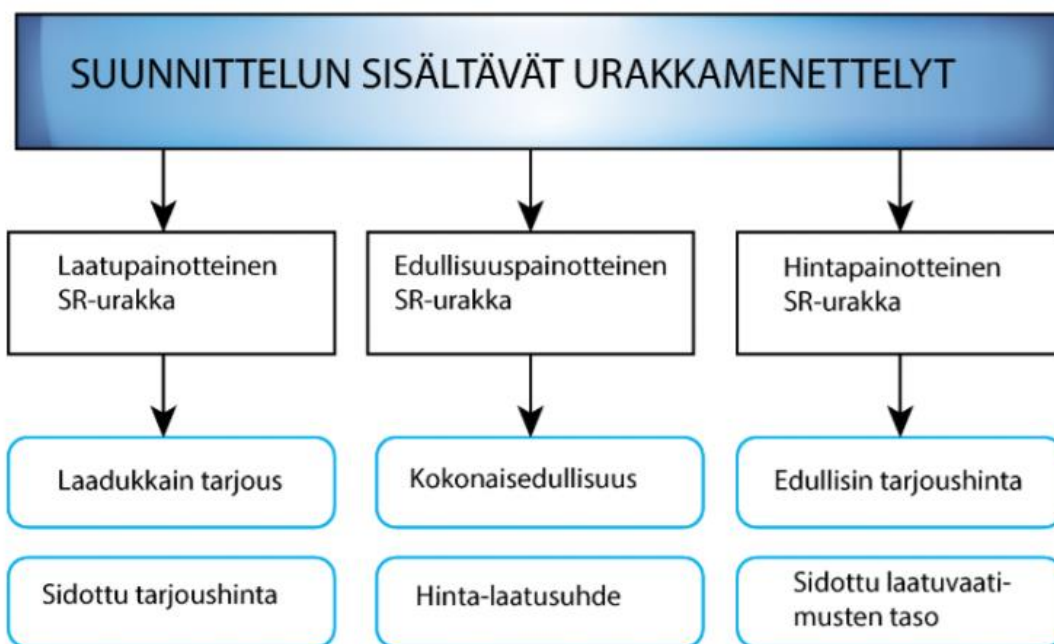
Kaavio 4. KVR-urakka (Kujala 2017)



KVR-urakka voidaan jakaa vielä kolmeen alaryhmään; hintapainotteinen KVR-urakka, laatu painotteinen KVR-urakka ja edullisuus painotteinen KVR-urakka.

Laatupainotteisessa urakassa tilaaja määrittelee tietyn hinnan, josta urakoitsijat kilpailevat laadulla. Hintapainotteisessa urakassa tilaaja määrittelee tietyn laatutason ja urakoitsijat kilpailevat hinnalla. Edullisuuspainotteisessa urakassa yhdistyvät edullisuus ja laatu, jonka perusteella valinta tehdään. (Tuokko, 2014, 18-19)

Kaavio 5. KVR-urakan jaottelu (Tuokko, 2014, 19)



## 7.2 Maksuperusteurakat

### 7.2.1 Kokonaishintaurakka

Kokonaishintaurakassa työ tehdään ennalta sovitulla kokonaissummalla. Kokonaishintaurakassa tarkasti tehty suunnittelutyö on tärkeää. Tällä eliminoidaan mahdolliset ylimääräiset lisä- ja muutostyöt jotka nostavat urakan hintaa merkittävästi. Ennalta sovittu kiinteä hinta houkuttelee urakoitsijaa tekemään työt nopealla aikataululla, joka voi ilmetä negatiivisesti työn laadussa. Rakennuttajan työnaikainen laadun valvonta on näin erityisen tärkeää kokonaishintaurakassa. (Kujala 2017)



### 7.2.2 Laskutyöurakka

Laskutyöurakassa kustannukset koostuvat ennalta sovituista tuntihinnoista, sekä muista suoritemaksuista. Rakennuttaja on velvollinen suorittamaan maksut sitä mukaan, kun työsuoritteet valmistuvat. Urakan kokonaishinta ei ole tiedossa joka nostaa riskiä tilaajan näkökulmasta. (Kujala 2017)

### 7.2.3 Tavoitehintaurakka

Tavoitehintaurakassa sovitaan urakalle tavoitehintaa. Urakoitsijan jäädessä alle tavoitehinnan, sen voitto-osuus kasvaa. Urakka muistuttaa laskutyöurakkaa. Urakkamuoto on pätevä, kun urakan suunnitteluun liittyy epävarmuutta, näin tavoitehintaa eliminoi laskutyöurakassa koituvat yllättävät kustannusten kasvut. (Kujala 2017)

## 7.3 Urakkamuodon valinta

Koe- ja pakkashuoneen urakkaraja käsittää tilojen rakenteet sisältäen alapohjan koolaukset, sekä pakkaskoneiston putkitöineen. Urakkaan kuuluu koneiston nosto vesikatolle, sekä käyttöönottopöytäkirjat ja laitetestaukset. Tilojen toimintaan vaikuttavat sähkötyöt kuuluvat urakkaan. Satakunnan ammattikorkeakoulu järjestää itse IV-läpivientien teon, alakaton, sekä muut laboratoriomittauksiin tarvittavat komponentit, mittarit ja anturit. Ilmanvaihto ei kuulu urakkaan. Koe- ja pakkashuoneen urakkamuodoksi valikoitui kokonaishintaurakka. Tilojen hyvän alustavan suunnittelun pohjalta riski kustannusten isoon kasvuun esimerkiksi, lisä- ja muutostöiden osalta oltiin minimoitu. Urakkamuoto myös kiinnostaa usein yrityksiä enemmän, jolloin myös tarjouksien jättö on varmempaa.

## 8 HANKINTAMENETTELY

Hankintamenettely on toimintamalli, joka ohjaa oikeudenmukaiseen ja kilpailukykyiseen lopputulokseen ostajan ja tarjoajan välillä. Toimintamallit pohjautuvat direktiiveihin ja lainsäädäntöön sen mukaan onko kyseessä julkinen hankinta vai sen ulkopuolinen hankinta. Julkisiksi hankinnoiksi kutsutaan hankintoja, joissa käytetään julkistarahoitusta vähintään 50%. Poikkeuksena salassapidettävät ja muuten erityisiä turvatoimia vaativat kohteet, kuten lähetystöt ja armeija. Julkiset hankinnat kuuluvat hankintalainsäädännön piiriin. (Ramboll 2018)

Sektorin ulkopuolelle jääviä hankintoja ohjataan usein yrityksen tai organisaation omalla hankintayksiköllä, joka asettaa reunaehdot hankintojen kokonaiskustannusten mukaan. Hankinnan yleiset vaiheet ovat: toimittajien kartoitus, tarjouspyyntö, kilpailutus ja sopimus.

Hankintalaki määrittelee säännöt, joiden puitteissa hankinnat on tehtävä, mikäli niiden arvolisäveroton hinta nousee tietyn kynnyksarvon. Tavara- ja palveluhankinnat jaetaan karkeasti kolmeen ryhmään:

- EU-hankinnat. Hankinnan arvon ollessa yli 221 000e, kaikkia lain menettelynormeja noudatettava.
- Kansalliset hankinnat. Hankinnan arvon ollessa 60-221 000e, noudatetaan kevennettyjä menettelysääntöjä
- Pienhankinnat. Hankinnan arvon ollessa 10 000-60 000e, erityisiä normeja ei tarvitse noudattaa hankintalain puitteissa. Organisaatioiden ja yritysten hankintayksiyöt voivat kuitenkin asettaa omat tarkat toimintamallit myös näille hankinnoille. (Elinkeinoelämän keskusliitto www-sivut 2018)

### 8.1 Organisaation toimintamalli

Satakunnan ammattikorkeakoulun hankintayksikkö määrittelee toimintamallin, jonka puitteissa organisaation hankinnat on toteutettava. Organisaatiolla on käytössä Cloudia kilpailuttamisohjelma, jolla hankintojen asiakirjojen luonti ja kilpailutus on helppoa. Koe- ja pakkahuoneen hinta-arvio alan liikkeestä on noin 30 000e, joten hankinta käsitellään pienhankintakategoriassa (hankinnan arvo alle 60 000e). Tässä kategoriassa hankintojen tarjouspyynnöt voidaan tehdä myös kevennettynä kilpailutuksena tai

normaalina pienhankintana. Kevennetty hankintamenettelyä käytetään usein, kun tarjouskilpailun valinnanperusteena on hinnan lisäksi jokin muu projektille tärkeä ominaispiirre. Näin saadaan nostettua myös esimerkiksi laadulliset valintaperusteet esiin. Pisteytysmenettely tarjouskilpailussa päätetään aina projektikohtaisesti. Koe- ja pakkashuoneen hankintamenettelyssä noudatetaan menettelyä, jossa valinta tehdään 50% hinnan ja 50% laadullisin perustein. Pisteytettäessä edullisin tarjous saa 50 pistettä ja seuraavaksi edullisin suhteutetaan tähän kaavalla, edullisin tarjous/tarjous\*50. Laadullisista piirteistä annetaan kiinteät pistemäärät, siitä kuinka hyvin ne korreloivat laatuperusteita. Laadulliset perusteet vaihtelevat projektin luonteen mukaisesti. Yleisempiä laatukriteereitä ovat:

- Tekniset ominaisuudet
- Toiminnalliset ominaisuudet
- Käyttökustannukset
- Myynnin jälkeinen palvelu
- Tekninen tuki ja huolto
- Takuu-aika
- Toimitusehdot ja toimitusaika

Koe- ja pakkashuoneen projektissa tärkeimmät laadulliset portaat ovat toimitusaika, sekä toiminnalliset ominaisuudet reunaehtojen mukaisesti.

Tarjouskilpailu voi olla avoin tai rajattu. Avoimessa menettelyssä tarjouspyyntö on kaikkien nähtävillä julkisesti osoitteessa tarjouspyyntö.fi tai pienhankintapalvelu.fi. Sivuston kautta kaikki toimittajat voivat tarkastella ilmoitusta ja jättää tarjouksen. Rajoitetussa menettelyssä valitaan yritykset, joille lähetetään tarjouspyyntö ja nämä voivat vastata siihen ohjelman kautta. Käytäntönä tarjouspyyntö on lähetettävä vähintään kolmelle, poikkeuksena projektit joiden toimijoita ei tarpeeksi löydetä. Ohjelmisto kykenee pisteyttämään myös tarjoukset sille asetetun kaavan mukaisesti. Ennen tarjouksen jättöä yrityksille on hyvä antaa vastaus, sekä kysely aikaa vähintään 14 vuorokautta. Kaikki vastaukset ja kysymykset tulisi antaa kaikille tarjoajille tiedoksi ennen tarjousajan päättymistä.

Tarjouksen liitteeksi on jätettävä kaikki mahdollinen informaatio projektiin liittyen, kuten tekniset asiakirjat( piirustukset, luonnossuunnitelmat), sekä kaupalliset asiakirjat.

(Satakunnan ammattikorkeakoulu 2018)

## 9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin Satakunnan ammattikorkeakouluun rakennettavan LVI-laboratorion koe- ja pakkashuonetta, sekä niitä palvelevaa pakkaskoneistoa. Opinnäytetyön tarkoitus oli jalostaa alustavat suunnitelmat valmiiksi ja saattaa ne tarjousasiakirjojen liitteiksi tarjouskilpailua varten.

Tilojen reunaehtojen selvittäminen käynnistettiin tarveselvityksen pohjalta ja käyttäjien vaatimuksia kuunnellen luotiin toiminnalliset tavoitteet. Toiminnalliset tavoitteet loivat reunaehdot tilojen tekniikka- ja rakennesuunnittelulle. Luonnosuunnitelmien valmistuttua aloitettiin tilojen toimittajien kartoittaminen ja tarjouspyynnön koaminen.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin suunniteltua tarpeita vastaavat koehuone sekä pakkashuone, joka palvelee opiskelijakäytössä sekä yrityksille tuotekehitys- ja testaustilana erilaisille LVI-laitteille. Valmiit suunnitelmat saatettiin tarjouspyynnön liitteeksi ja luotiin pohja tarjouspyynnön tekemiselle.

## LÄHTEET

RT 10-10387. Talonrakennushankkeen kulku. 1989. Rakennustieto.

Siren, P. 2018 Lämmönsiirto. Luentomateriaali Satakunnan ammattikorkeakoulun luennolta 31.10.2016. Viitattu 8.6.2018. [https://moodle2.samk.fi/pluginfile.php/336556/mod\\_resource/content/1/Johdanto%20opintojaksoon.pdf](https://moodle2.samk.fi/pluginfile.php/336556/mod_resource/content/1/Johdanto%20opintojaksoon.pdf).

RT 38749. Kylmä- ja pakastuhuoneet. 2016 Rakennustieto. Viitattu 14.6.2018.

Hakala, P. 2007. Kylmälaitoksen suunnittelu, Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Aittomäki, A. 2008. Kylmäteknikka, Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Minilex www-sivut. Viitattu 18.6.2018. <https://www.minilex.fi/>.

Tuokko, R. 2014. Allianssin edut, haasteet ja mahdollisuudet suhteessa perinteisiin toteutusmuotoihin. Diplomityö Aalto yliopisto. Viitattu 29.6.2018. [https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/13904/master\\_Tuokko\\_Rami\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/13904/master_Tuokko_Rami_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ramboll Oy. 2018 Projektin hoito ja sopimustekniikka. Luentomateriaali Satakunnan ammattikorkeakoulun luennolta 18.10.2017. Viitattu 1.7.2018. [https://moodle2.samk.fi/pluginfile.php/470725/mod\\_resource/content/1/Hankintalaki/Hankintalaki\\_PP.pdf](https://moodle2.samk.fi/pluginfile.php/470725/mod_resource/content/1/Hankintalaki/Hankintalaki_PP.pdf).

Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2018. Hankintayksikön hankintaohjeistus. Viitattu 20.4.2018.

Hanhijärvi, H. 2003. Kokemuksia suunnittelua sisältävistä urakoista. Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratorion raportteja 2018. Viitattu 5.7.2018.

Elinkeinoelämän keskusliitto www-sivut. Viitattu 14.7.2018. <https://ek.fi/>.

Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2016. LVI-laboratorion luonnossuunnitelmat.

Kujala, M. 2018 Rakentamistalous. Luentomateriaali Satakunnan ammattikorkeakoulun luennolta 15.3.2017. Viitattu 10.5.2018. [https://moodle2.samk.fi/pluginfile.php/385078/mod\\_resource/content/0/Osapuolet\\_urakkamuodot\\_tunnille.pdf](https://moodle2.samk.fi/pluginfile.php/385078/mod_resource/content/0/Osapuolet_urakkamuodot_tunnille.pdf).

Laitinen, S. 2017. LVI-laboratorion suunnittelu. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammatikorkeakoulu. Viitattu 20.7.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201704255309>

Suomen rakentamismääräyskokoelma C4. 2012. Lämmöneristysohjeet. Luonnos. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. 2007. Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskenta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kujala, M., Lahdenmaa, J., Heinonen. 2018. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Pori. Haastattelu 2.4.2018. Haastattelijana Markus Järvenpää. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Siren, P. 2018. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Pori. Haastattelu 14.3.2018. Haastattelija Markus Järvenpää. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

**TARJOUSPYYNTÖ SAMK-KAMPUS PORIN LVI-LABORATORION KOE-JA  
PAKKASHUONEEN SEKÄ KYLMÄKONEEN ASENNUSURAKKA  
LAITEHANKINTOINEEN**

Satakunnan ammattikorkeakoulu (SAMK) varustelee LVI-laboratoriota uusissa tiloissaan Satakunnankatu 23, Porissa.

Testaustilaan sijoitettavat koe- ja pakkashuone palvelevat opiskelijoiden laboratoriotöitä, sekä tutkimustoimintaa, kuten laitevalmistajien tuotteiden toiminnan testausta ja suoritusarvojen mittauksia.

Asennusurakoitsijan asennukseen ja hankintaan kuuluvat:

1. Pakkas- ja koehuoneen rakenteet ja suunnittelu liitteen 1. Reunaehtojen mukaan. IV-läpivientien teko ja höyrykostutin ei kuulu urakkaan. Tilojen urakkaraja liitteen 1, mukaan.
2. Pakkaskoneisto liitteen 1 mukaan. Sisältäen asennuksen, putkityöt, testi- ja käyttöönottopöytäkirjan. Putkiläpivientien teosta vastaa tilaaja.
3. Koe- ja pakkashuoneen, sekä pakkaskoneistoon liittyvät sähkö- ja automaatio-työt.
4. Viemäroinnit olemassa olevaan viemäriin saakka, luonnossuunnitelmien mukaisesti kts. Liite 2.
5. Tarvittavat muut asennustarvikkeet ja asennuksessa tarvittavat nostolaitteet.

Asennuksen voi aloittaa x.x.2018 alkaen ja asennuksen tulee olla valmis x.x.

Asennuksen yhteyshenkilönä ja valvojana SAMK:sta toimii Marko Kukka.

Työ on tehtävä x.x. ja x.x.2018 välisenä aikana arkisin klo 7.00 – 15.30 välisenä aikana.



## LIITE 1 (2/2)

Urakoitsijan on käytettävä vähintään seuraavia suojarusteita (kypärä, silmäsuojaimet). Urakoitsija järjestää itse tarvitsemansa nostimet, ja rakennustelineet.

Tarjouksessa tulee ilmoittaa:

- Kokonaishinta, joka sisältää pyydytyt tarvikkeet, asennustyön, mahdolliset matkat, majoitukset, kulut jne.
- Mahdollisten lisätöiden tuntihinta

Valintamenettelyssä noudatetaan pistemenettelyä. Pisteytyksessä 50% koostuu hinnasta ja loput 50% laadusta. Laatutekijät ovat: Toimitusaika, sekä toteutuksen yhdenmukaisuus annettujen reunaehtojen mukaan.

Hintapisteytyksessä noudatetaan kaavaa jossa edullisin tarjous saa 50 pistettä ja seuraavaksi edullisin suhteutetaan tähän kaavalla, edullisin tarjous/tarjous\*50.

Laatupisteytys pisteytetään kiinteillä pistemäärillä, jossa parhaiten laatutekijöitä noudattava saa 50p, seuraava 30p ja tästä seuraavat 5p pudotuksilla.

Tarjoukset tulee jättää x.x.2018 klo 15.00 mennessä sähköpostilla: marko.kukka@samk.fi

Tarjousten avaus ei ole julkinen eikä SAMK julkista tarjoajien hinta- tai muita tarjoustietoja.

Mahdolliset kysymykset viimeistään 1.1.2019 osoitteeseen marko.kukka@samk.fi

SAMK on savuton työpaikka!

Porissa 7.10.2018

Herra X

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Liitteet:

Liite 1: Koe- ja pakkashuone

Liite 2: Tilavaraus ja viemärointi

## KOE-JA PAKKASHUONE

### Taustatiedot:

1. Koe- ja pakkashuone rakennetaan testaustilaan, joka nyt toimii varastona, kts.liite 2
2. Rakennettavat tilat tulevat palvelemaan oppilaskäytössä, sekä yritysten tuotekehityksessä ja testauksessa erilaisille IV-laitteille.

### Tilojen esittely:

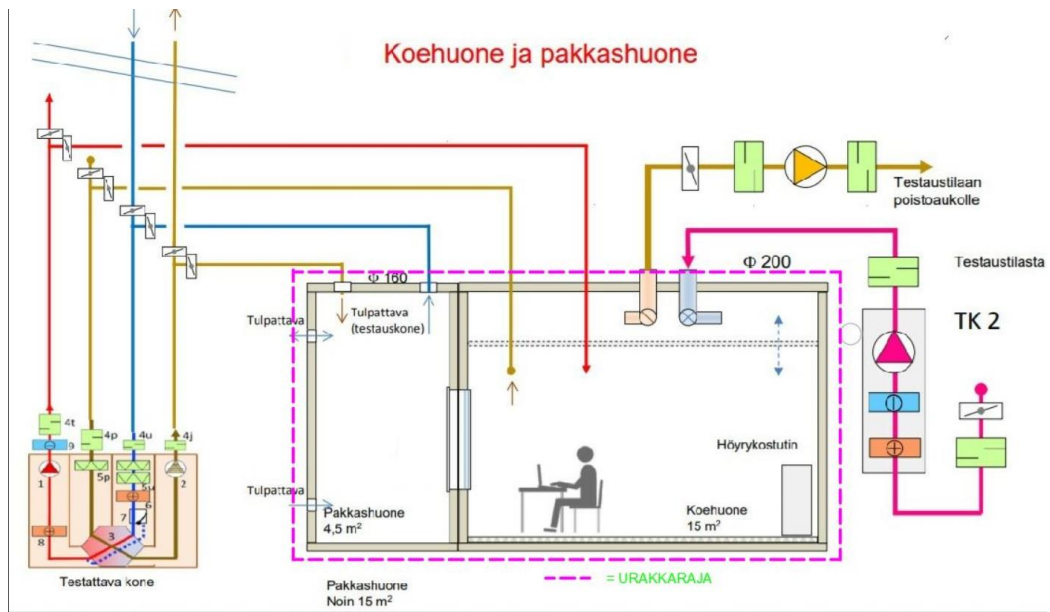
#### **1. Koehuone**

Eristetty huone jonne luodaan halutut olosuhteet (lämpötila ja kosteus) IV-koneella ja höyrykostuttimella. Koehuoneeseen tullaan asentamaan SAMK:n toimesta erilaisia IV-päätelaitteita, niiden suoritusarvojen testausta varten. Tila toimii myös "asuntona" pienille ilmanvaihtokoneille, joita pystytään testaamaan tilaan liitetyn ilmanvaihtokanavan kautta.

#### **2. Pakkashuone**

Eristetty huone johon saadaan luotua talviolosuhteet kesällä. Tilojen ulkopuolella oleva testaukseen tarkoitettu IV-kone pystyy ottamaan kylmää "ulkoilmaa" pakkashuoneelta. Testattava IV-kone on keskikokoinen pieni asuinrakennuksen IV-kone, ilmavirta luokkaa 120l/s. Pakkastehon tarpeessa käytetään tätä ilmavirtaa. Pakkashuone toimii siis myös ulkotilana koehuoneelle, jolloin tilojen väliseinä simuloi asuinrakennuksen ulkoseinää. Väliseinää voidaan näin käyttää erilaisiin lämmönsiirto tutkimuksiin huoneiden välillä.

*Tilojen luonnos ja toimintaperiaate.*



**TARJOUSPYYNNÖN REUNAEHDOT**

## KOEHUONE:

- Koehuone on tarkoitettu vastaamaan normaalia toimistohuonemodulia, jonka vuoksi sen koko tulee olemaan noin. 15 m<sup>2</sup>. Tilojen korkeus tulee olemaan n.3m jolloin se on optimi huonelaitteiden suoritusarvojen mittaukseseen. Tilalle varattu alue liitteen 2 mukaan.
- Kiinteä ikkuna n. 1000 mm x 1000 mm
- Kulkuovi huoneeseen.
- Seinä-, katto-, ja lattiarakenteet polyuretanielementtiä.

**Seinärakenne:**

- **Ulkoseinät** 100 mm polyuretanielementtiä
- **Väliseinä** (koe- ja pakkahuoneen välinen seinä) 250-300 mm polyuretani elementtiä. Jossa irroitettava ikkuna elementti 1000 x 1000 mm. Ikkunan paikka keskitetään seinän keskelle, alareuna h= 1000 mm lattiapinnasta. Ikkunan U-arvo  $\leq 1$ . Seinä tulee toimimaan "ulkoseinä" koehuoneelle, joten seinän paksuus määräytyy normaalin asuinrakennuksen ulkoseinäpaksuuden mukaan. Irroitettavan ikkunan paikalle SAMK rakentaa erilaisia seinäelementtejä joiden lämmönsiirtoa tutkitaan oppilaiden laboratoriotöissä. Aukon reunojen höyrytiiviyys huomioitava.

Lattiarakenne:

- “kelluvana” irti olemassa olevasta betonilattiasta esim. 50 x 100 k400 puutavarasta. Suunnittelu ja toteutus urakoitsijan suunnitelmien mukaan. Lattiarakenteen pintakerroksen alle jätettävä optio vesikiertoiselle lattilämmitykselle esim. irroitettava pintalevy, jonka alle SAMK voi tarvittaessa lisätä lattialämmityksen. Lattialämmityksen ei ole tarkoitus lämmittää tilaa, vaan se tulee palvelemaan vain tutkimuskäytössä. Tilojen lämmittäminen tapahtuu sitä palvelevalla IV-koneella. Lattiarakenteen kuormat painottuvat pelkästään ihmisten- ja IV-päätelaitteiden kuormiin, suurta pistekuormaa ei näin tarvita.

Kattorakenne:

- Kattorakenne 100 mm polyuretanielementtiä. Katon kestettävä ihmisen kuorma IV-asennuksia ja huoltotoimenpiteitä varten. Katon putkiläpivientien ja IV-kanavien lävistettävyyttä huomioidava katon jäykistystä suunnitellessa. Läpivientien alustavat paikat liitteen 2, mukaan. Tilaaja vastaa läpivientien teosta.

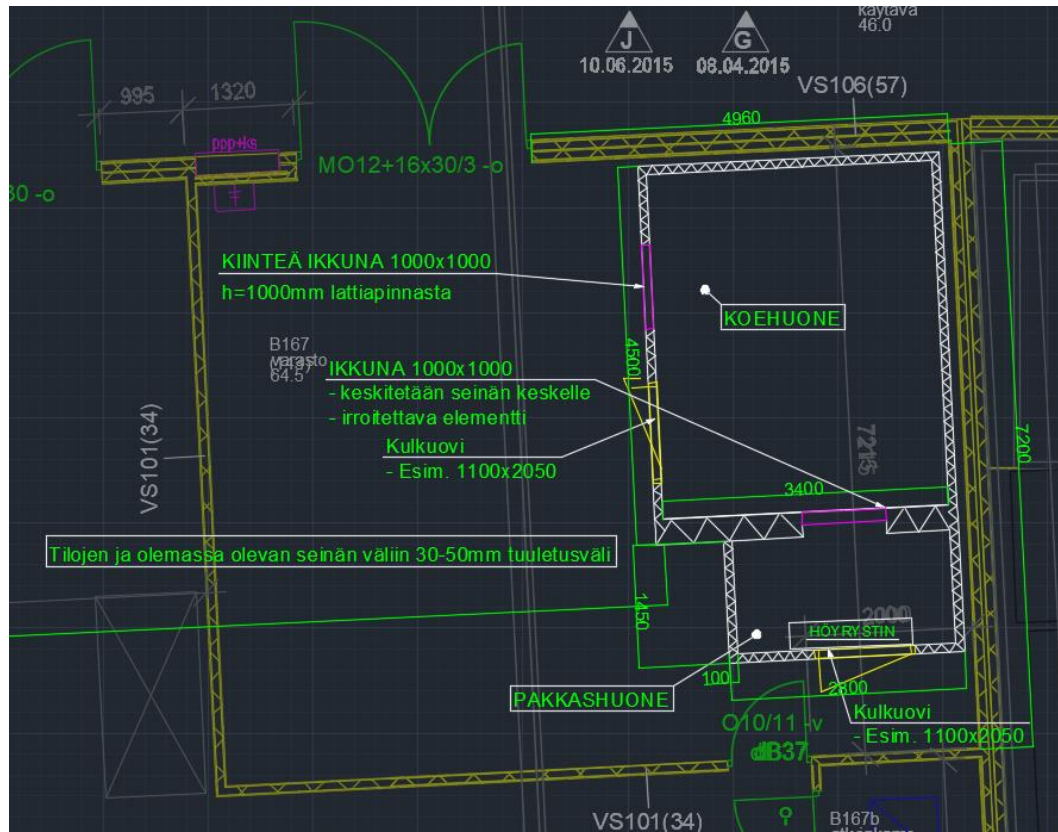
PAKKASHUONE:

- Rakenteet kuten koehuoneelle (polyuretanielementti)
- Huoneen sulatus, sekä höyrytimen sulatus huomioitava (huoneen ilmavirta 120 l/s).
- Tilan viemäroinnit ja lattiakaivot liitteen 2 mukaisesti. Vanhojen viemäreiden paikannus ja sulkeminen varmistettava ennen uusien asennusta.
- Tarkoitus pitää kylmänä vain tutkimusten aikana → ei yli viikon yhtenäistä käyttöjaksoa.
- Mitat liitteen 2. mukaan. Mitat suuntaa antavia, jotka tarkentuvat urakoitsijan rakenneratkaisujen mukaan.
- Ovi kulkua varten. Tarkempi malli määräytyy valmistajan tarjonnan mukaan.
- Pakkashuoneen lämpötila väh. -26 °C, ilmanvaihdon ollessa 120 l/s.

PAKKASKONEISTO:

- Kylmätehotarve: n.8 KW → Pakkashuoneen **lämpötila saatava -26 asteeseen**, ilmanvaihdon ollessa 120 l/s, jonka pieni IV-kone ottaa pakkashuoneesta ja puhaltaa koehuoneeseen luonnossuunnitelman mukaan. Tulevan ilman mitoituslämpötila lauhduttimelle on +27 °C. Tarkempi jäähdytysteho määräytyy urakoitsijan suunnitelmien ja rakenneratkaisujen mukaan.
- Ulkoasenteinen koneisto (kompressori, lauhdutin) → sijoitetaan vesikatolle sille osoitettuun paikkaan. Toimittaja mitoittaa telineen koneiston mukaan ja tilaaja vastaa telineestä ja sen asennuksesta.
- Sisäasenteinen höyrystin → asennuksessa huomioitava huoltotilat, sekä katon kantavuus kattoasennuksessa.
- Pakkashuoneeseen tuodaan koehuoneen höyrykostuttimen kostuttamaa ilmaa 120 l/s, joka huomioitava höyrystimen lamelliassa sekä sulatuksessa.

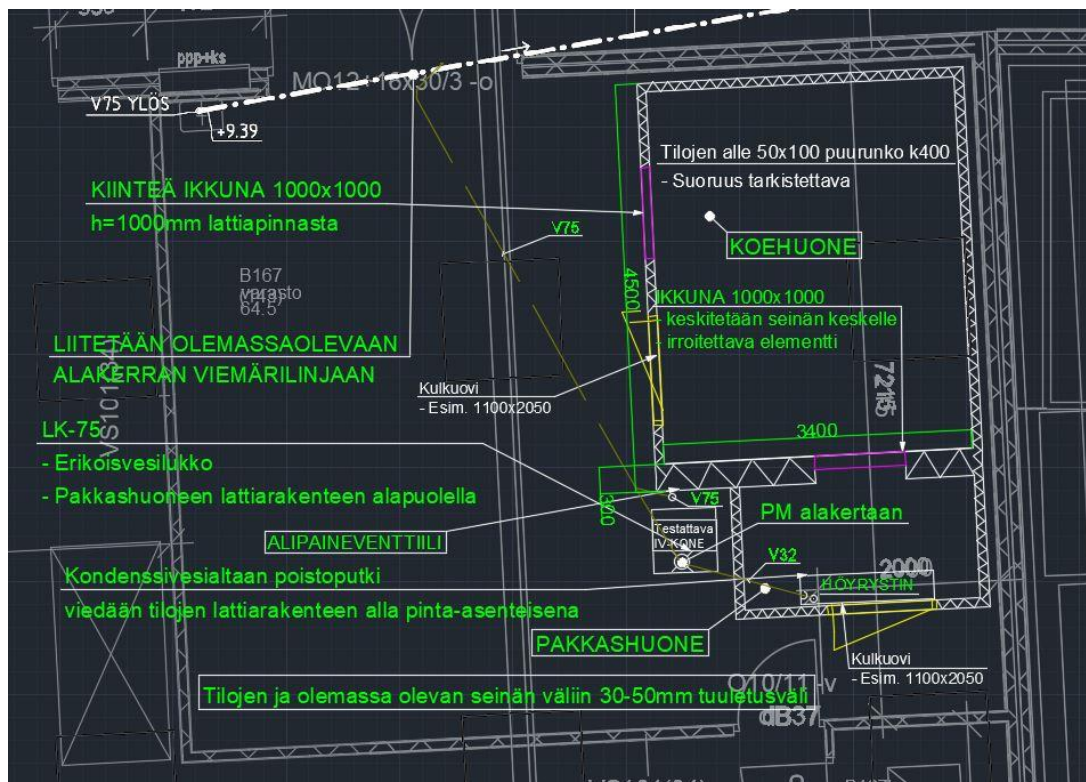
LIITE 2: TILAVARAUKSET JA VIEMÄRÖINTI  
7.10.2018



Tilavaraus ja luonnossuunnitelma. Tarkemmat mitat urakoitsijan rakenneratkaisujen mukaisesti.

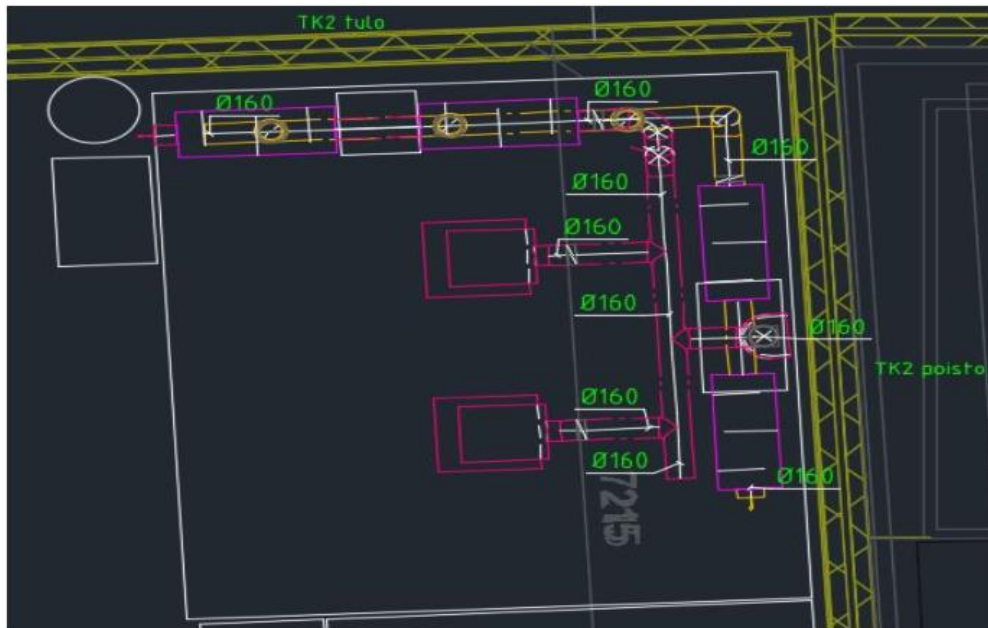


Valokuva varastotilasta jonne tilat rakennetaan.

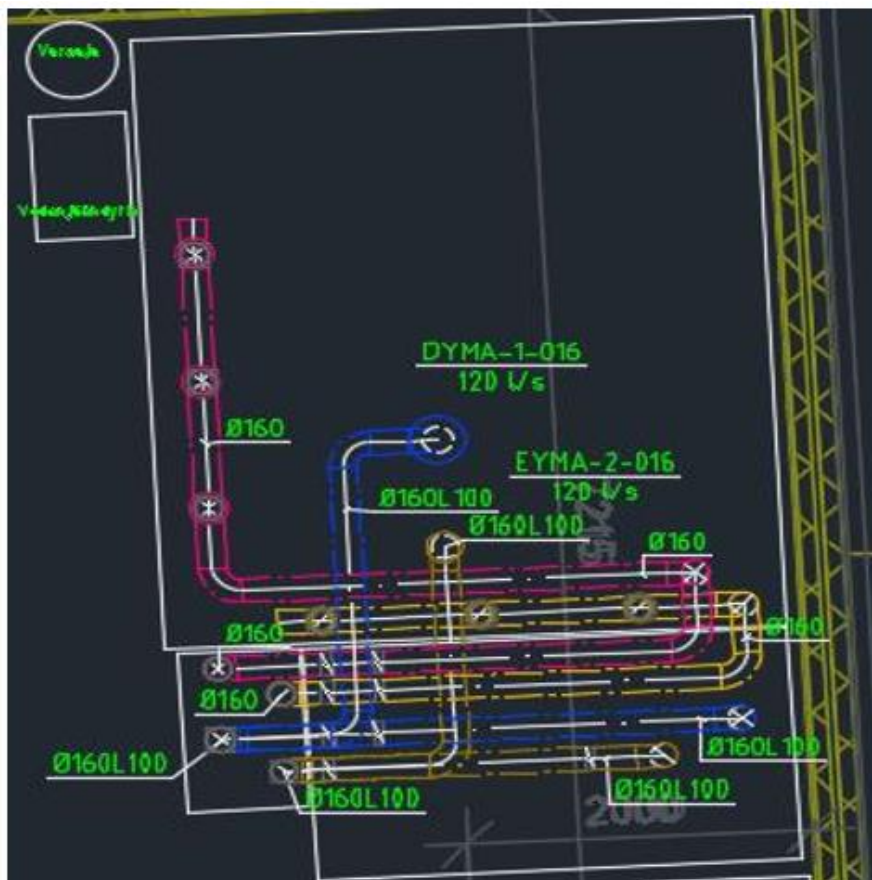


Tilojen viemäröinti.





Koehuoneen yläpuolelle asennettavat IV-kanavien paikat. (ei kuulu urakkaan)



Testattavan pienen IV-koneen ilmanvaihtokanavien paikat Koe- ja pakkashuoneen yläpuolella.