

Matti Vepsäläinen

# Moduulihammasklinikan LVI-suunnittelu

Opinnäytetyö  
Talotekniikka


Huhtikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MAMK</b> University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  11.4.2016	
<b>Tekijä(t)</b>  Matti Vepsäläinen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Talotekniikka	
<b>Nimeke</b>  Moduulihammasklinikan LVI-suunnittelu		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää moduulihammasklinikkaa yhdessä Smartclinics-hankkeen muiden osapuolten kanssa. Työssä käsiteltiin hammasklinikan kehittämistä LVI-tekniikan saralla. Suomessa ei ole aiemmin toteutettu eikä suunniteltu moduulirakenteista hammasklinikkaa. Hammasklinikasta tulee todennäköisemmin vientituote, ja tämä ajatusmaailma on tuotu esiin myös työn sisällössä. Kiinnostusta projektille on esimerkiksi Lähi-idässä.</p> <p>Tutkimusmenetelminä on käytetty haastatteluja ja dokumentteja. Haastattelut ovat olleet keskeisessä roolissa työn läpikäynnissä. Moduulihammasklinikan suunnittelua koskevat vaatimukset määrittävät Suomen rakentamismääräyskokoelmat ja laitevalmistajien tekemät oppaat. Suunnittelussa hyödynnettiin MagiCAD-ohjelmistoa ja Granlundin RIUSKA-ohjelmistoa. RIUSKA-ohjelmistolla suoritettiin lämmitys- ja jäähdytystehontarvesimulointien lisäksi myös energiasimulointeja.</p> <p>Simulointeja ajettiin Suomen olosuhteissa Jyväskylään ja Saudi-Arabiaan Riyadhiin. Opinnäytetyössä on vertailua jäähdytystehontarpeista ja vuotuisista energiantarpeista eri säävyöhykkeillä. Saudi-Arabian tilannetta on havainnollistettu Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisilla rakenteiden u-arvoilla, sekä muunnetussa tilanteessa on pyritty muuttamaan u-arvot vastaamaan saudiarabialaista rakennusmallia.</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin modulaarisen rakennustavan tuomia haasteita suunnittelutyöhön, järjestelmien vaatimuksia ja teoriaa sekä esiteltiin luonnossuunnitelmat. Kehitysprojektin edetessä on tullut ja tulee olemaan paljon erilaista pohdintaa laite- ja suunnitteluratkaisujen osalta.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Modulaarisuus, hammasklinikka, paineilma, tehoimu, LVI-suunnittelu		
<b>Sivumäärä</b> 47 + 10	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Jukka Räisä	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Granlund Kuopio Oy	

## DESCRIPTION

		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  11.4.2016
<b>Author(s)</b>  Matti Vepsäläinen		<b>Degree programme and option</b>  Building services engineering
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  HVAC planning to modular dental clinic		
<b>Abstract</b>  <p>The purpose of this bachelor's thesis was to develop modular dental clinic with other members of Smartclinics project. Thesis handles HVAC-planning in this project. There has never been planned or executed modular dental clinic in Finland. Dental clinic will be exported and that is essential in this thesis. Export markets will be aimed at Middle East.</p> <p>Research methods of this thesis were interviews and documents. Interviews have been necessary role in this thesis. Dimensioning requirements of planning has set by Finnish building specification collections and manufacturers guides. The main planning program in this thesis was MagiCAD. Simulations about energy consumptions, heating needs and cooling needs has been operated by RIUSKA-program by Granlund.</p> <p>Simulations has been operated in Jyväskylä Finland and Riyadh Saudi-Arabia. This thesis handles comparison of cooling needs and energy consumptions between Jyväskylä and Riyadh. Cooling needs has been simulated by two different ways on Riyadh situation. Insulation of structures is different between those situations. Building insulations in main situation has done by Finnish building specifications and in modulated situation building insulations are more like Saudi-Arabia building specifications.</p> <p>Modular building habits brings more challenges to HVAC planning and device chooses. Thesis handles theory and specifications about HVAC systems and introduce sketch drawing. The future of this develop project seems bright. During this project there has been and will be many questions and conversations about planning methods.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Modular building, Dental clinic, Compressed air, Suction air, HVAC planning		
<b>Pages</b> 47 + 10	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  Jukka Räisä		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Granlund Kuopio Oy

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	SMARTCLINICS-HANKE .....	2
3	HAMMASKLINIKAN VAATIMUKSET JA TEORIA .....	3
3.1	Paineilma- ja imujärjestelmien teoria ja vaatimukset.....	3
3.1.1	Paineilman puhtaus ja kosteus .....	3
3.1.2	Standardi ISO 8573-1:2010 .....	5
3.2	Vesi- ja viemärijärjestelmien teoria ja vaatimukset.....	6
3.2.1	Veden laatu .....	7
3.2.2	Sammutusvesilaitteisto .....	7
3.2.3	Jätevesilaitteisto .....	8
3.2.4	Amalgaamin erottaminen.....	8
3.3	Hammasklinikan ilmanvaihdon teoria ja vaatimukset.....	9
3.3.1	Ilmanjakotapa.....	11
3.3.2	Vaatimukset sisäilmastolle.....	12
3.3.3	Suodatus.....	13
3.4	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien teoria.....	14
3.4.1	Maalämpö ja maalämpöpumppu.....	15
4	MODUULIRAKENTAMINEN.....	18
4.1	Yleistä moduulirakentamisesta .....	18
4.2	Moduulirakentamisen vaikutus LVI-suunnitteluun .....	19
5	MODUULIHAMMASKLINIKAN SUUNNITELMAT JA RATKAISUT .....	21
5.1	Mitoituksen lähtökohdat .....	21
5.2	Ilmanvaihtoratkaisu .....	22
5.2.1	IV-kone ja päätelaitteet .....	22
5.3	Lämmitys- ja jäähdytysratkaisut.....	26
5.4	Vesi- ja viemäriratkaisut sekä paineilma- ja imujärjestelmien ratkaisut .....	28
6	ENERGIA- JA OLOSUHDESIMULOINTI RIUSKA-OHJELMISTOLLA .....	30
6.1	Jäähdytystehontarpeen vertailu Jyväskylä – Riyadh .....	31
6.2	Energiantarpeen vertailu Jyväskylä - Riyadh .....	34
7	POHDINTA .....	36
	LÄHTEET .....	39

## LIITTEET

- 1 Ilmanvaihtosuunnitelma
- 2 Vesi- ja viemärisuunnitelma (sis. paineilma- ja imujärjestelmät)
- 3 Lämmityksen suunnittelu
- 4 Sisäilmastoluokitus tavoitearvot
- 5 LVIA-järjestelmäkuvaus

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön päätavoitteena on kehittää modulaarista hammasklinikkaa yhdessä hankkeen muiden osapuolien kanssa. Modulaarista hammasklinikkaa ei ole aiemmin toteutettu eikä suunniteltu Suomessa. Opinnäytetyöhön sisältyy MagiCAD-ohjelmistolla tehdyt LVI-suunnitelmat, aiheeseen liittyvää teoriaa sekä pohdintaa modulaarisen rakennustavan tuomista haasteista kehitysprojektiin. Olosuhde- ja energia-simulointeja ajettiin Granlundin Riuska-ohjelmistolla. Riuska-ohjelmistolla pystytään laskemaan tietomallin avulla rakennuksen ja sen tilojen lämpötekniistä käyttäytymistä erilaisissa sääolosuhteissa. Tietomalli luotiin MagiCAD-ohjelmiston ”Room”-sovelluksella. Simulointeja suoritettiin Suomeen sekä Lähi-itään, koska moduulihammasklinikka tulee olemaan vientituote. Hammasklinikan mitoittavana tietona käytettiin pääsääntöisesti Suomen rakentamismääräyskokoelmien asettamia määräyksiä ja tavoitteita. Paineilma- ja imujärjestelmien mitoittaminen suoritettiin laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Rakennus on moduulirakenteinen tehdasolosuhteissa rakennettava ja paikalla koottava yksikerroksinen rakennus, jonka bruttopinta-ala on noin 200 m<sup>2</sup>. Hammasklinikka sisältää 5 kpl hoituhuoneita sekä muut käyttötarkoitusta vastaavat tilat. Yksi moduuli sisältää käytävän ja sitä molemmin puolin sijoittuvat tilat.

Opinnäytetyönä ”Moduulihammasklinikan LVI-suunnittelu” on osana Smartclinics-hanketta, jonka parissa työskentelee useiden eri alojen ammattilaisia. Granlund Oy:n tehtävänä on suunnitella kehitysprojektiin LVI- ja sähkösuunnitelmat.

Tutkimusmenetelminä opinnäytetyössä käytettiin haastatteluja ja dokumentteja. Projektin aikana haastateltiin monien eri alojen ammattilaisia, joiden tietojen pohjalta haettiin vastauksia eteen tulleisiin kysymyksiin. Kokeneiden suunnittelijoiden tietoa tulee kulkeutua nuorien ja uusien suunnittelijoiden korviin, mikä on erittäin tärkeää tämän päivän työelämässä.

## 2 SMARTCLINICS-HANKE

SmartClinics-kehittämishankkeen tarkoituksena on valmistaa täysin uusi suomalainen hammasklinikka. Moduulihammasklinikka on näillä näkymin vientituote, jolle löytyisi kysyntää esimerkiksi Lähi-idästä.

Hankkeessa pyritään luomaan nopeasti toimitettava hammasklinikka tuotteen laadusta ja toimivuudesta tinkimättä. Perinteisellä tavalla rakennetun ja suunnitellun hammasklinikan toimitusaika on noin 3 vuotta, mutta moduulirakentamisen ansiosta valmiin klinikan toimitusajaksi arvioidaan 6-9 kk. Moduulirakentaminen antaa mahdollisuuden myös skaalata rakennusta tarpeen mukaan suuremmaksi tai pienemmäksi.

Hankkeessa on mukana monien eri alojen ammattilaisia. Seuraavassa on esiteltynä eri yritykset ja heidän osuutensa hankkeessa.

Suunnittelusta vastaavat yritykset:

- Granlund Oy, talotekninen suunnittelu
- Integrated Health Design Oy, arkkitehtisuunnittelu
- Saircon Oy, kiinteät klinikkakalusteet
- Haahtela-rakennuttaminen Oy, kustannuslaskenta & viranomaismääräykset

Modulirakenteet:

- Fixcel Group Oy

Laitetoimitukset:

- Planmeca / Plandent, suun terveydenhoito
- Miele Oy, välinehuolto
- Halton Oy, ilmastointiratkaisut
- Oras Group Oy, vesikalusteet
- Väinö Korpinen Oy, saniteettikalusteet
- Abloy Oy, kulunvalvonta
- Isku Oy, kalusteet

Kouluttaminen:

- Dental Mammoth Oy & Metropolia, koulutus- ja tietopalvelut

### **3 HAMMASKLINIKAN VAATIMUKSET JA TEORIA**

Tässä kappaleessa käsitellään hammasklinikan vaatimuksia ja teoriaa suomalaisen suunnittelun näkökulmasta. Hammasklinikan LVI-suunnitteluun vaikuttavat vaatimukset painottuvat laitevalmistajien ja ympäristöministeriön laatimiin vaatimuksiin.

#### **3.1 Paineilma- ja imujärjestelmien teoria ja vaatimukset**

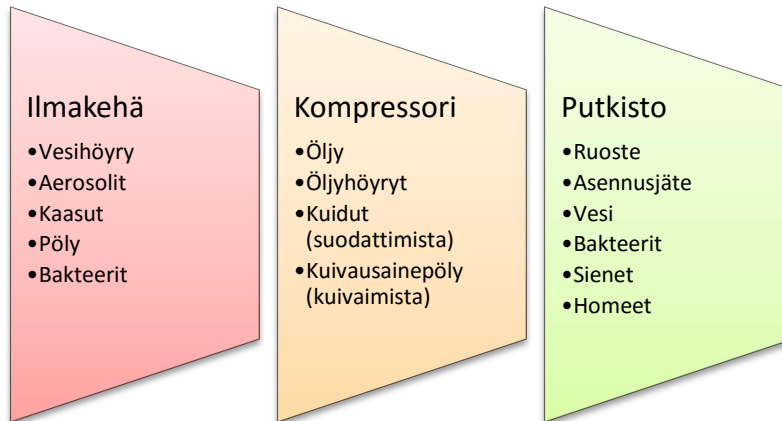
Hammasklinikan LVI-suunnittelun ns. erikoisuutena on paineilma- ja imujärjestelmien suunnittelu. Järjestelmien vaatimukset ja mitoittaminen riippuu, miltä laitevalmistajalta hammashoitotuoli ja laitteet tulevat. Jokaisella laitevalmistajalla on omanlaisensa mitoitusopas sekä vaatimukset. Paineilma- ja imujärjestelmien suunnittelusta ei siis ole yleistä suunnitteluopasta.

Paineilmajärjestelmä mahdollistaa hammaslääkärin laitteiden käyttämisen, kuten potrat. Imujärjestelmän tehtävänä on poistaa potilaan suusta sylkeä ja operaatiosta aiheutuvia epäpuhtauksia.

##### **3.1.1 Paineilman puhtaus ja kosteus**

Vaikuttavin tekijä paineilman puhtauteen on tuotetun paineilman kosteus. Kosteus ja vesi eivät ole toivottuja paineilmajärjestelmän kannalta, sillä ne vähentävät laitteiden toimintavarmuutta ja lisäävät laitteiden huoltamista. Paineilmaa kuivataan yleensä keskistetysti paineilmakeksuksessa, josta se jaetaan paineilmapisteille. Paineilma ei koskaan voi olla täysin puhdasta, vaikka sitä käsiteltäisiin kuinka. Paineilman täydelliseen puhtauteen pyrittäessä tulee paineilma hienosuodattaa mahdollisimman lähellä käyttökohdetta. /13, s. 2./





**KUVA 1. Yleisimmät paineilmassa esiintyvät epäpuhtaudet ja niiden alkuperä /13/**

Ilman kosteus on ilmassa olevaa vesihöyryä. Vesihöyryä ei tavallisesti tunne eikä näe. Vesihöyryn määrän ilmassa määrittää ilman lämpötila. Lämmin ilma pystyy pidättämään kylmää ilmaa enemmän vesihöyryä. Kosteuden määrää ilmaistaan useiden eri suureiden ja termien avulla.

<b>Suhteellinen kosteus</b>	Prosenttiluku, joka kertoo kuinka paljon ilmassa on vesi höyryä verrattuna, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyrynä
<b>Absoluuttinen kosteus</b>	Kertoo, montako grammaa vesihöyryä sisältyy yhteen kuution ilmaa. Yksikkö $\text{g/m}^3$
<b>Kastepistelämpötila</b>	Lämpötila, johon ilman pitäisi jäähtyä, jotta ilmassa oleva vesihöyry alkaisi tiivistyä /14./

Kompressorin puristaessa ilmaa pienempään tilavuuteen eli korkeampaan paineeseen puristetun ilman vesihöyrypitoisuus ja lämpötila nousevat jyrkästi. Kompressorin kulkeutuva vesihöyry ei tiivisty kompressorissa johtuen puristetun ilman kyvystä sitoa vettä höyryn muodossa kasvaa. Prosessin aikana paineilman lämpötila nousee, eikä se ole toivottua paineilmanlaadun kannalta. Paineilmaa tulee siis jälkijähdyttää. Jäähdyttimessä lämpötila alenee menetelmästä riippuen  $+10\text{ °C} \dots 35\text{ °C}$ . /13, s. 2./

Kompressorin tarvitsee toimiakseen imuilmaa esim. ulkoilmasta, joka tuo vaihtelua paineilman kuivatusjärjestelmän toimintaan. Imuilman sisältämä vesihöyry riippuu ilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Paineilman jakeluverkostoon kulkeutuva vesi aiheuttaa verkoston ruostumista, pneumaattisten laitteiden ja instrumentoinnin toimintahäiriöitä sekä tuotannon menetyksiä. Kuivaamattoman paineilman vesimäärät ovat huomattavia etenkin suurissa paineilmalaitoksissa. /13, s. 3./

"Paineilman kosteussisällön määritelmänä käytetään kastepistelämpötila-arvoa (°C), joka määrittelee lämpötilan, jossa vesihöyryn kondensoituminen nestemäiseen muotoon alkaa. Kastepistearvo on sitä korkeampi mitä enemmän paineilmassa on vesihöyryä. Kastepistelämpötila ilmoitetaan yleensä siinä paineessa, jossa paineilmaa käytetään." /13, s. 4./

### 3.1.2 Standardi ISO 8573-1:2010

Kyseinen standardi määrittelee laatuluokittain paineilman hyväksyttävät jäännöspitoisuudet öljyn, veden ja pölyn suhteen. Standardi kertoo myös paineenalaisen kastepisteen eri laatuluokissa. Seuraavassa esitetty taulukko, jossa on standardin mukaiset laatuluokat jäännöspitoisuuksineen.

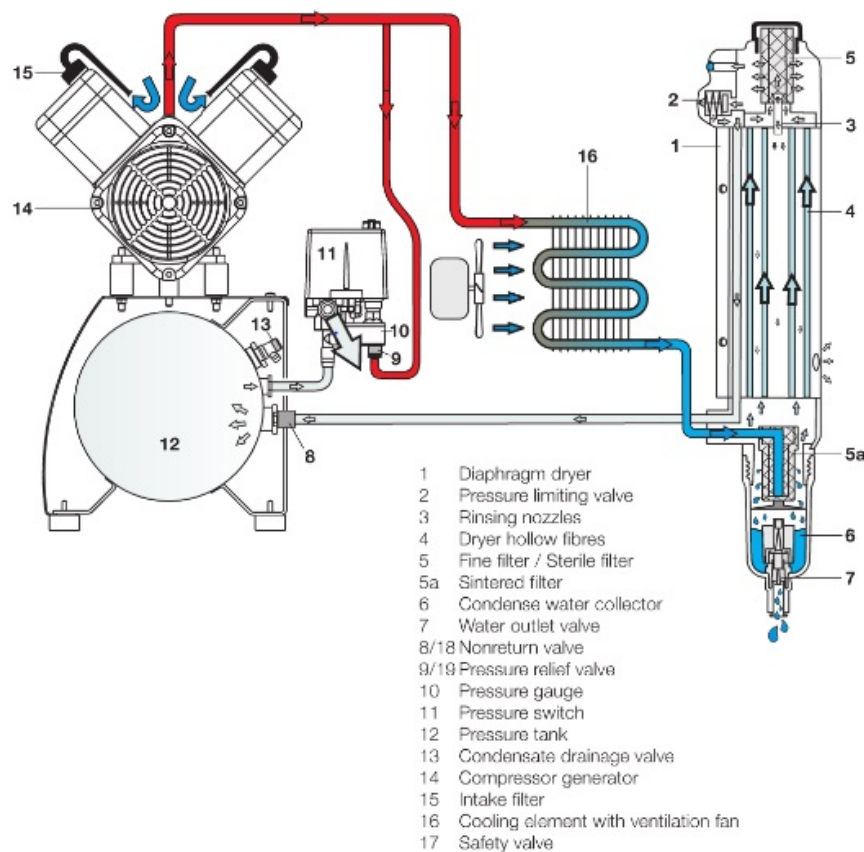
**TAULUKKO 1. ISO 8573-1:2010 paineilman hyväksyttävät jäännöspitoisuudet**

LUOKKA	Kiinteät hiukkaset				Vesi		Öljy
	Hiukkasten maksimimäärä/m <sup>3</sup>			Massapitoisuus mg/m <sup>3</sup>	Paineenalainen kastepiste	Neste g/m <sup>3</sup>	Kokonaisöljy mg/m <sup>3</sup>
	0,1...0,5 µm	0,5...1 µm	1...5 µm				
0	Laitteiden käyttäjän tai toimittajan määrittelemä ja tiukempi kuin luokka 1.						
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	-	≤ -70°C	-	0,01
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100	-	≤ -40°C	-	0,1
3	-	≤ 90.000	≤ 1.000	-	≤ -20°C	-	1
4	-	-	≤ 10.000	-	≤ +3°C	-	5
5	-	-	≤ 100.000	-	≤ +7°C	-	-
6	-	-	-	≤ 5	≤ +10°C	-	-
7	-	-	-	5...10	-	≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	0,5...5	-
9	-	-	-	-	-	5...10	-

Hammasklinikassa käytettävä paineilma tulee olla ihmisille terveellistä. Paineilma-kompressori täytyy olla öljyvapaa, ja paineilman tulee olla kuivaa sekä hygieenistä. /15, s. 5./

Kiinteiden partikkeleiden osalta hammasklinikka tulee saavuttaa vähintään luokka 4 ja kastepiste luokassa vähintään luokka 5 /13, s. 12/.

Kuvassa 2 on esitettyä tyypillinen hammasklinikan kompressoriratkaisu, jossa on kompressori ja kuivatusyksikkö.



**KUVA 2. Kompressori ja kuivatusyksikkö osineen /15, s. 18/**

### 3.2 Vesi- ja viemärijärjestelmien teoria ja vaatimukset

Vesijohtomateriaaliksi suositellaan kupariputkea tai komposiittiputkea. Vesikalusteita valittaessa on otettava huomioon kalusteiden hygieenisuus ja puhdistettavuus. Tästä syystä vesikalusteiden valinnoissa suositetaan valokennohanoja ja altaat pääsääntöisesti RST-altaita tai saniteettiposliinia käyttötarkoitus huomioon ottaen. Hammashoito-

tuolille tuleva kylmävesi tulee olla esisuodatettua. Vesi- ja viemärlaitteisto mitoitetaan Suomen rakentamismääräyskokoelma D1:n määräysten mukaan. /7, s. 20-21./

### 3.2.1 Veden laatu

Vesilaitteistoon johdettavan veden tulee täyttää talousvedelle asetetut laatuvaatimukset. Talousvedessä ei saa ilmentyä terveydelle haitallisia partikkeleita, kuten pieneliöitä, loisia tai mitään aineita sellaisina pitoisuuksina, joista on haittaa ihmiselle. Talousvesi ei saa myöskään aiheuttaa vesijohto- ja vedenkäyttölaitteissa syöpymistä tai saostumista. Vesijohtolaitteistoon ei saa myöskään kytkeä mitään laitteita, jotka voivat muuttaa veden kemiallista tai mikrobiologista laatua. Veden tulee säilyttää jatkuvasti sille asetetut laatuvaatimukset. Saostumisvaaran ehkäisemiseksi vesilaitteisto tulee toteuttaa sellaiseksi, että sillä torjutaan veden takaisinimeytyminen. Tällä tavoin estetään nesteiden ja kaasujen sisään tunkeutuminen. /8, s. 6-7; 10./

"Lämminvesilaitteisto on suunniteltava ja asennettava siten, että veden lämpötila siinä on vähintään 55 °C" /8, s. 8/. Tällä määräyksellä pyritään ehkäisemään legionella-bakteerin esiintyminen vesijohtolaitteistossa. Legionella-bakteereja esiintyy maaperässä ja luonnon vesissä. Bakteereja voi esiintyä myös vesijohtolaitteistoissa, ja niitä voi kulkeutua hengitysilmaan aerosolien kautta. Yleisimpiä paikkoja, joissa ihmiset ovat sairastuneet legionelloosiin eli legioonalaistautiin, ovat hotellit, risteilylaivat sekä yleisötapahtumat. Taudin oireiluna voi aiheutua vaikeaa keuhkokuumetta, hengenahdistusta sekä lihas- ja päänsärkyä. Suomessa legioonalaistaudin sairastaminen on suhteellisen harvinaista. Esimerkiksi vuonna 2010 Suomessa oli 30 tapausta, joista puolet oli tuotu ulkomailta. Suositut Euroopan turistikohteet ovat riskialttiimpia paikkoja saada legioonalaistauti. /11; 12./

### 3.2.2 Sammutusvesilaitteisto

Hammasklinikan sammutusvesilaitteistona toimivat pikapalopostit, joilla katetaan koko rakennuksen pinta-alan sammutuskyky. Sammutusvesilaitteiston kytkeminen kiinteistön vesilaitteistoon voidaan toteuttaa vain vesihuoltolaitoksen luvalla. Pikapalopostit eivät saa aiheuttaa kiinteistön vesilaitteistolle terveydellistä haittaa. Tämän

määräyksen saavuttamiseksi estetään pikapaloposteista veden takaisinvirtaus vesijoh-  
toverkostoon takaiskuventtiileillä. /8, s. 18./

### 3.2.3 Jätevesilaitteisto

"Kiinteistön jätevesilaitteisto on suunniteltava ja asennettava siten, että siitä ei aiheudu  
terveydellistä vaaraa, epämiellyttäviä hajuja, viemäritulvia, melua tai muita haittoja."  
/8, s. 19/.

Rakennuksen viemärointi toteutetaan viettoviemäriperiaatteella. Viettoviemäroinnillä  
tarkoitetaan jäte-, sade- ja perustusten kuivatusvesien johtamista painovoimaisesti.  
Viettoviemäroinnin mahdollistamiseksi viemäriputkisto tulee asentaa ja suunnitella  
kaltevaksi. /8, s. 5./

### 3.2.4 Amalgaamin erottaminen

"Jätevesi ei saa sisältää vahingollisia aineita, joista on haittaa kiinteistön jätevesijärjes-  
telmän tai vesihuoltolaitoksen toiminnalle" /8, s. 19/.

Valtioneuvoston päätöksen (112/1997) mukaan hammashoitotilojen amalgaamipitoi-  
set jätevedet saa johtaa vesiin tai yleiseen jätevesiverkkoon vain amalgaamierottimen  
kautta. Amalgaami on metalliseos, joka sisältää terveydelle haitalliseksi tunnettua  
ainetta, kuten elohopeaa. Amalgaamia on käytetty Suomessa hampaiden paikkausai-  
neena, mutta sen käyttö on väistynyt pois lähestulkoon kokonaan tänä päivänä. Nyky-  
ään vielä huolletaan ja vaihdetaan amalgaamipaikkoja, eli hammaslääkäri joutuu käsit-  
telemään amalgaamipaikkoja yhä. Amalgaamierottimen asennuksessa ja käytössä  
huomioitavaa /7, s. 21; 9/:

- Amalgaamierottimen erotustehokkuus vähintään 95 %
- Erotin asennetaan imujärjestelmän viemäriosaan
- Erotin huolletaan/tyhjennetään säännöllisesti.

### 3.3 Hammasklinikan ilmanvaihdon teoria ja vaatimukset

Hammasklinikan käyttötarkoituksen mukainen ja laadukas sisäilmasto on ensiarvoisen tärkeää. Oikeilla ratkaisuilla luodaan hyvät perusteet klinikan sisäilmaston terveellisyydelle ja viihtyvyydelle. Sisäilmasto tarkoittaa kokonaisuutta, joka muodostuu sisätilojen kemiallisista ja fysikaalisista tekijöistä. Tällaisia tekijöitä ovat mm. /1, s. 1; 2, s. 3/:

- kosteus
- ilman laatu
- säteilyolosuhteet
- lämpöolosuhteet
- sähköiset ominaisuudet
- valaistus
- melu.

Lämpötilan vaikutus hammasklinikan sisäilmanlaatuun on merkittävä. Lämpötilan poiketessa suunnitellusta ts. oikeasta lämpötilasta aistitaan se epämiellyttävänä asiana. Kun tilankäyttäjä ei osaa sanoa, onko sisälämpötila liian korkea tai matala, tällöin sisäilman lämpötila on oikeanlainen, ja tätä kutsutaan lämpöviihtyvyydeksi. /1, s. 1; 2, s. 4./

Liian korkea lämpötila vaikuttaa ihmisen fyysiseen ja henkiseen suorituskykyyn, sekä siitä voi aiheutua terveydellisiä haittoja. Liian alhainen lämpötila taas lisää riskiä vedon tunteeseen ja heikentää lihasten toimivuutta. Rakennuksen lämmitys- ja ilmastointijärjestelmä tulee suunnitella niin, että sisälämpötila on optimaalinen. Optimilämpötilalla tarkoitetaan sitä lämpötilaa, jossa tyytymättömien osuus on vähäisin. Lämpötilan aistimus riippuu paljon myös henkilön vaatetuksen lämmöneristävydestä ja aineenvaihdunnan lämmöntuotosta. Näitä arvoja tarkastellaan yksiköissä ”clo” ja ”met”. Katseltaessa taulukkoja 2 ja 3 huomataan erilaisia arvoja aineenvaihdunnan lämmöntuotolle ja vaatetukselle. Tarkasteltaessa esimerkiksi hammasklinikalla työskentelevää henkilöä, joka on pukeutunut kesäsisävaatetukseen, saadaan arvoiksi: Clo 0,7 ja met 1,6. Kun tunnetaan vaatetuksen lämmöneristävyden ja aineenvaihdunnan lämmöntuoton arvot, voidaan kuvasta 3 tarkastella optimaalista operatiivista lämpötilaa. Ope-

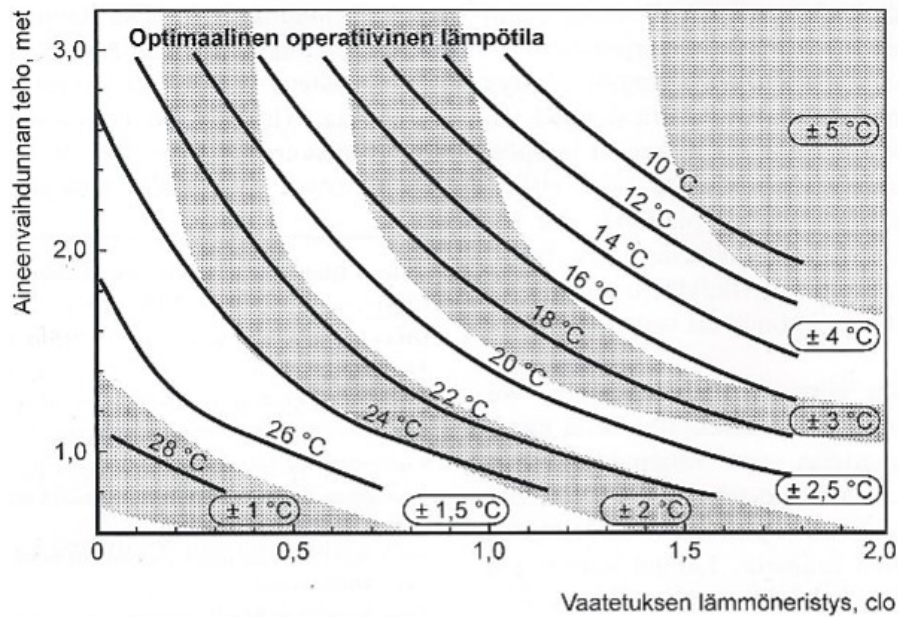
ratiivinen lämpötila tarkoittaa lämpötilaa, johon vaikuttaa konvektio ja säteily. Tässä tapauksessa konvektiolla tarkoitetaan ilman lämpötilaa ja säteilyllä huoneen pintojen lämpötilaa. /3, s. 5; 1, s. 2./

### TAULUKKO 2. Aineenvaihdunnan lämmöntuotto erilaisissa tilanteissa /1, s. 3/

Toiminta	Aineenvaihdunnan lämmöntuotto(met)
Nukkuminen	0,8
Rauhallinen istuminen	1,0
Lukeminen ja kirjoittaminen	1,0
Konekirjoitus	1,1
Työpöydän järjestely	1,2
Toimistotyö	1,2
Seisominen	1,2
Kevyt seisomatyö	1,6
•laboratoriotyö	
•myymälässä asiointi	
Normaali seisomatyö	2,0
•kotitaloustyö	
Ruuanlaitto	1,6-2,0
Autokorjaamotyö	2,0-3,0

### TAULUKKO 3. Erilaisten vaatevarustusten lämmöneristävyksiä /1, s. 3/

Vaateetus	Vaateuksen lämmöneristävyys	
	clo	m <sup>2</sup> K/W
Naisten alushousut, shortsit, T-paita, ohuet sukat ja sandaalit	0,30	0,050
Alushame, sukkahousut, hihallinen kesäleninki ja sandaalit	0,45	0,070
Alushousut (lyhyet), lyhythihainen paita, ohuet housut ja sukat, kengät	0,50	0,080
Alushame, sukkahousut, sandaalit, hame, lyhyt-hihainen paita	0,55	0,085
Alushousut, paita, housut ja kengät	0,70	0,110
Alushousut, verryttelypuku, pitkät sukat ja lenkkikengät	0,75	0,115
Pikkuhousut, alushame, hame, paita, paksut polvisukat ja kengät	0,80	0,120
Alushousut, paita, hame, takki, liivit ja kengät	1,00	0,155
Alushousut, paita, housut, takki ja kengät	1,00	0,155



**KUVA 3. Optimaalinen operatiivinen lämpötila met- ja clo-funktiona suhteellisen kosteuden ollessa 50 % ja ilman keskinopeuden ollessa enintään 0,1 m/s /1, s. 2/**

Met- ja clo-arvojen funktiona voidaan laskea lämpötilan optimiarvo myös kaavalla 1, kun suhteellinen kosteus on 50 % ja ilman keskinopeus on enintään 0,1 m/s /1, s. 3/.

$$T_o = 33,5I_{cl} - (4,65 + 2,91I_{cl})M \quad (1)$$

jossa

$T_o$  = optimaalinen operatiivinen lämpötila, °C

$M$  = kehon aineenvaihdunnan teho, met

$I_{cl}$  = vaatetuksen lämmöneristävyys, clo

### 3.3.1 Ilmanjakotapa

Sairaaloissa ja hammasklinikoissa käytetään yleisesti laminaarista tai sekoittavaa ilmanjakotapaa. Sekoittavan ilmanjaon periaatteena on sekoittaa käsitelty tuloilma huoneilmaan mahdollisimman tehokkaasti. Jotta tuloilma saadaan sekoittumaan tehokkaasti huoneilmaan, puhalletaan tuloilmaa suurella nopeudella välittömästi tuloilma-



elimen jälkeen. Tällä tavoin saadaan tuloilmasuihku tunkeutumaan syvälle huoneilmaan, jolloin tuloilma ja huoneilma sekoittuvat tehokkaasti keskenään. Tällöin koko huonetilassa on tasaiset olosuhteet. Sekoittavan ilmanjakotavan toimivuuden edellytyksenä ovat oikeat laitevalinnat ja niiden sijoittelu ja lukumäärä huonetilassa. /1, s. 139; 2, s. 153./

Laminaarisen ilmanjaon periaatteena on johtaa ilmaa mäntävirtauksella joko pysty- tai vaakasuunnassa tilaan. Laminaarista ilmanjakoa käytetään tiloihin, joissa pyritään tarkkoihin lämpöolosuhteisiin ja erityisen puhtaaseen sisäilmaan. Laminaarisella ilmanjaolla saavutetaan suuria ilmavirtauksia ilman vedon tunnetta. /2, s. 154./

Laminaarista ilmanjakoa käytetään puhdastiloissa, kuten leikkaussaleissa. Moduulihammasklinikan tiloja ei luokitella puhdastiloiksi, joten klinikkaan soveltuu hyvin sekoittava ilmanjakotapa.

### 3.3.2 Vaatimukset sisäilmastolle

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa sääoloissa ja käytännötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto.” /4, s. 4/.

Esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 sekä sisäilmastoluokitus 2008 antavat suomalaiselle iv-suunnittelulle vaatimukset, tavoitteet sekä määräykset. Hammashoitohuonetta ei luokitella puhdastilaksi, vaan se voidaan mitoittaa esimerkiksi sairaalan toimenpidehuoneen mukaisesti.

Sisäilmastoluokitus 2008 on tarkoitettu rakennus- ja taloteknisen suunnittelun tueksi. Luokitusta käytetään uudisrakentamiseen, että saneeraukseen. Sisäilmastoluokitus jakaa sisäilmaston tavoitearvot kolmeen luokkaan: S1, S2 ja S3. Luokitus S3 vastaa Suomen rakentamismääräyskokoelma D2:n mukaisia arvoja. /5, s. 1./ Sisäilmastoluokituksen tavoitearvot ja laatuluokitusten selitykset ovat tarkasteltavissa liitteestä 4.

Vaadittavan sisäilmastoluokituksen toteuttamisen edellytyksenä on rakennusaikainen puhtauden ylläpito, jota kutsutaan puhtausluokitukseksi. Ratkaisevia tekijöitä ovat pöly, kosteus ja vesi. Tehdasolosuhteissa vallitsee tasaiset rakennusolosuhteet, joten työn jäljen kontrollointi helpottuu verrattuna perinteiseen rakentamiseen ulkoilmassa. Puhtausluokituksen tavoitteena on ehkäistä rakennusaikaisten epäpuhtauksien pääsy tiloihin ja ilmanvaihtokanavistoon, jotta rakennuksen käytönaikana ei esiinny epäpuhtauksia sisäilmastossa tai tiloissa. /5, s. 10-11; 6, s. 24./

Hammasklinikka toteutetaan puhtausluokitukseen P1. Rakennusaikainen suojaaminen on pääedellytyksenä luokituksen savuttamiselle. Sisätiloihin ja rakenteisiin sijoitettavat rakennustarvikkeet ja osat tulee suojata siten, etteivät ne pääse kastumaan tai likaantumaan asentamisen tai varastoimisen aikana. Suojausvaihtoehdoksi käy rakennustarvikkeiden peittäminen ja esimerkiksi avoimien ilmanvaihtokanavapäiden tulppaaminen. /5, s. 11-12./

### 3.3.3 Suodatus

Hammasklinikkaan toteutetaan tulo- ja poistoilmasuodatusluokka EU7 (Eurovent). Suodatusluokan valitsemiseen vaikuttavat suodatettavan ilman epäpuhtaus ja tiloille asetetut laatuvaatimukset. Merkintä EU7 tarkoittaa hienosuodatinta, jolle on todettu vähimmäiserotusasteeksi 85 %. /2, s. 275./

Erotusasteen toteamiseksi käytetään pölytäplämenetelmää. Pölytäpläerotusaste eli ”Dust Spot Efficiency” on paljon käytetty suodattimien testausmenetelmä. Menetelmä perustuu tavallisen ulkoilman käyttöön tai ulkoilman käyttöön, johon on sekoitettu synteettistä pölyä. Testissä ulkoilmaa johdetaan suodattimen läpi, kun suodattimen eteen ja taakse on sijoitettu suodatinpaperit. Suodatuksen tehokkuutta tarkastellaan suodatuspaperin valonläpäisevyyden muutoksen perusteella. /2, s. 267./

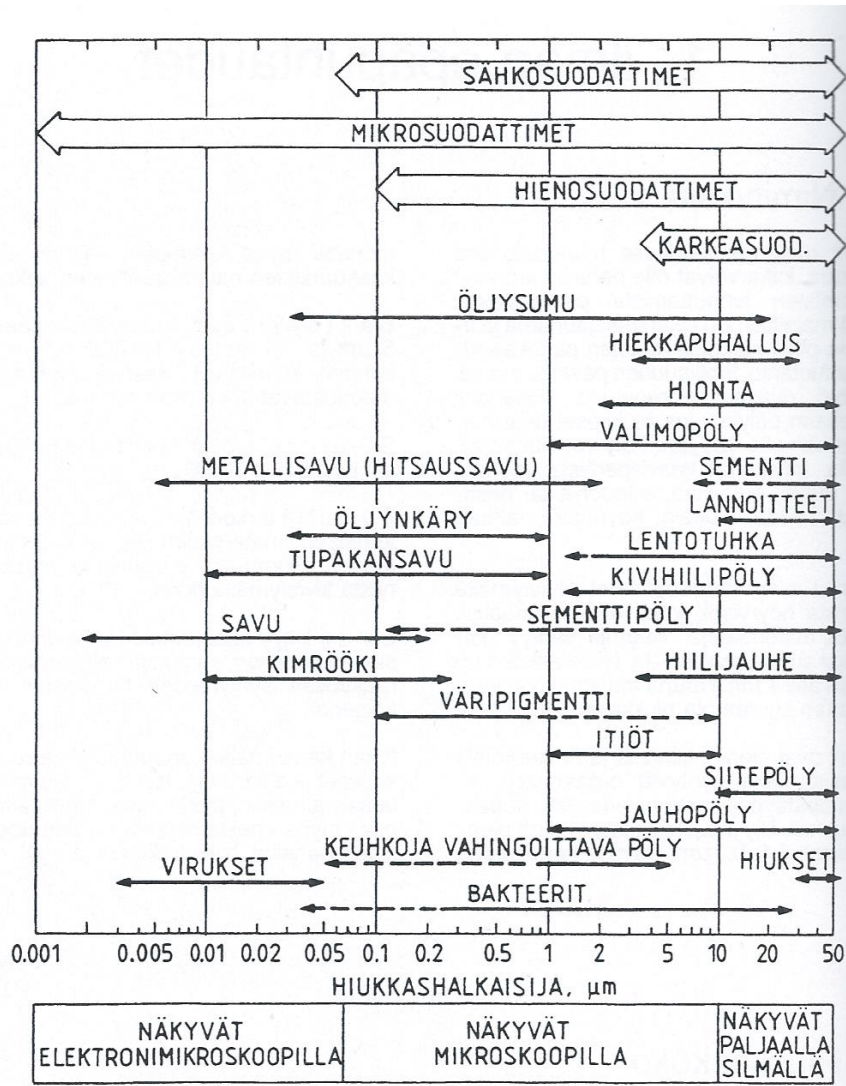
EU7-suodattimen erotusominaisuuksia:

- täydellinen siitepölyn erotus
- hiili- ja öljysavun tehokas erotus
- erittäin tehokas bakteereille

- erottaa vähintään 80 % yli 1  $\mu\text{m}$  hiukkasista
- erottaa vähintään 50 % yli 0,4  $\mu\text{m}$  hiukkasista.

Taulukosta 4 voidaan tarkastella erilaisia hiukkaskokoja.

**TAULUKKO 4. Erilaisten aineiden hiukkaskokoja /2, s. 260/**



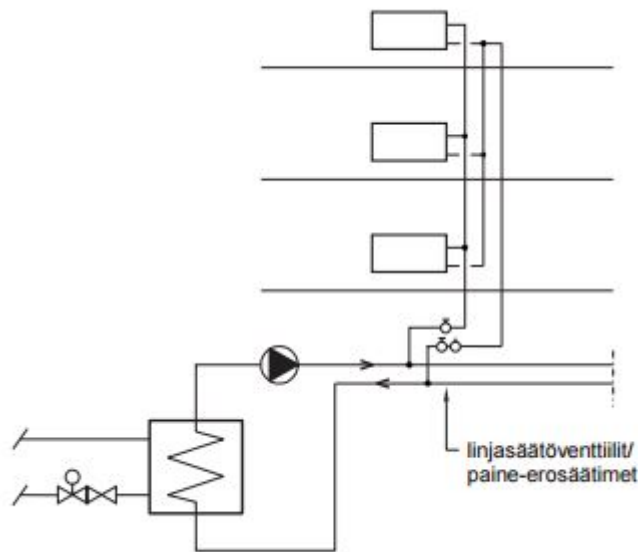
### 3.4 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien teoria

Rakennuksen lämmönlähteenä toimii maalämpöpumppu ja lämmönluovuttimina toimivat patterit. Patteriverkoston lämmönjakotapana käytetään käännetyn paluun periaatetta. Käännetty paluu tarkoittaa sitä, että saman kiertopiirin pattereiden virtauspiirit (meno- ja paluujohto) tulevat suunnilleen yhden mittaisiksi. Tämän seurauksena vir-

tauspiirien painehäviöt ovat miltei yhtä suuret, joten kiertopiirien pattereiden välistä tasapainotusta ei yleensä tarvita. /17, s. 2./

Rakennuksen lämmitystehontarpeen laskennassa käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 mukaisia ohjeita ja määräyksiä.

Käännetyn paluun periaate on havainnollistettu kuvassa 4.

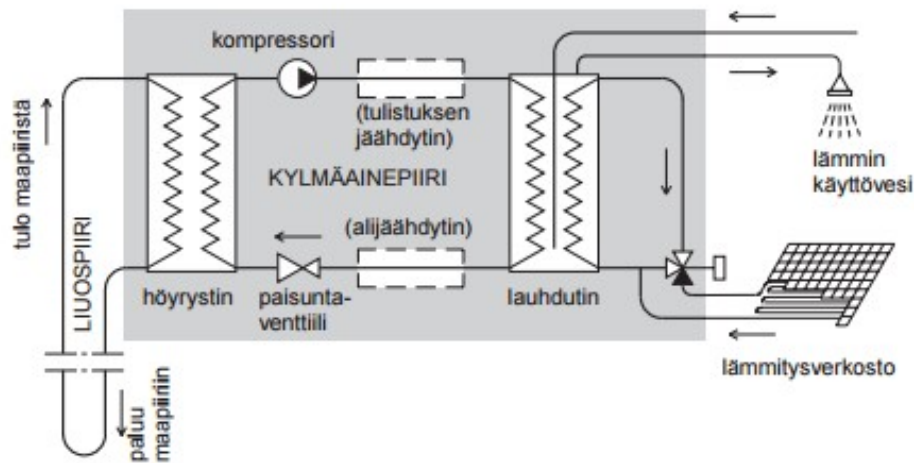


**KUVA 4. Käännetyn paluun toimintaperiaate tarkasteltaessa yhtä kiertopiiriä kaksiputkijärjestelmässä /17, s. 3/**

### 3.4.1 Maalämpö ja maalämpöpumppu

Maalämpö on peräisin auringon säteilemästä energiasta, joka on varastoitunut maa- ja kallioperän pintaosiin, sekä vesistöihin. Suomessa maa- ja kallioperän vuotuinen keskilämpötila pintaosissa on noin kaksi astetta korkeampi kuin ilman vuotuinen keskilämpötila. Vuotuinen keskilämpötila vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaisesti. Havaittavissa on myös paikallista vaihtelua. Paikallisella vaihtelulla tarkoitetaan vuotuisen keskilämpötilan vaihtelua rakennetun ja luonnon metsän välillä. Rakennetulla alueella vuotuinen keskilämpötila voi olla jopa useita asteita korkeampi kuin luonnon-tilaisessa metsässä. /18, s. 7./

Maalämpöpumpun päätehtävät ovat rakennuksen lämmitysenergian tuotto ja käyttöveden lämmitys. Kuvassa 5 on esitettyä maalämpöpumpun osat ja toimintaperiaate.



**KUVA 5. Maalämpöpumpun toimintaperiaate ja osat /19, s. 2/**

Seuraavassa on esiteltyä maalämpöpumpun eri osat määritelmien /19, s. 2/:

- Liuospiiri** Liuospiiri on höyrystimen toisiopiiri. Liuospiirin tehtävänä on kerätä esimerkiksi lämpökaivosta saatava maalämpö ja siirtää se höyrystimessä luovutettavaksi kylmäaineeseen. Liuospiirin neste on yleensä alkoholin ja veden seos, kuten kaliumformiaattiliuos tai betaiinipohjainen seos
- Höyrystin** Höyrystin on kylmäainepiirin toinen lämmönsiirtimistä. Höyrystimessä paisuntaventtiilin jälkeinen neste höyrystyy lämpöenergian avulla, jonka se saa toisiopiiristä sekä ilmasta
- Paisuntaventtiili** Paisuntaventtiili on kylmäainepiirissä oleva paineenalennusventtiili, jossa kompressoripaineen alainen kylmäaineen annetaan laskea painetta kompressorin imupuolen paineeseen
- Kylmäainepiiri** Kylmäainepiirissä kiertää neste tai kaasu. Kylmäaine muuttuu höyryksi hyvin alhaisessa lämpötilassa kuten  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja

muuttuu takaisin nesteeksi korkeassa paineessa vaikka lämpötila olisikin korkea esim. +50 °C. *Lämpöpumppuprosessi perustuu oleellisesti kylmäaineen olomuodon muutokseen. Kylmäaineen olomuodon muutos kaasuksi sitoo lämpöä, kun vastaavasti olomuodon muutos kaasusta nesteeksi luovuttaa lämpöä.* Kylmäainepiirin kuuluu höyrystin, lauhdutin, paisuntaventtiili, kompressorin sekä kylmäaineputkisto.

### **Kompressorin**

Kompressorin tehtävänä on ylläpitää kylmäaineen kiertoa prosessissa. Ennen kompressorin kylmäaine on kaasumaisessa olomuodossa. Kompressorin puristaessa kylmäainetta siirtyy kompressorin työenergia kylmäaineeseen ja se tulistuu.

### **Lauhdutin**

Lauhdutin on kylmäainepiirin toinen lämmönsiirtimistä. Lauhduttimessa kompressorin jälkeinen kaasu nesteytyy ja luovuttaa energiaa toisiopiirissä kulkevaan aineeseen. Toisiopiirillä tarkoitetaan esimerkiksi lämmitysverkostoa, jonka nesteeseen kylmäaineen energia siirtyy lauhduttimen avulla. Lauhduttimen jälkeen kylmäaine tiivistyy nesteeksi.

Hammasklinikan jäähdytys toteutetaan Split-järjestelmänä. Järjestelmällä tarkoitetaan ilma-/vesilämpöpumppumallia, jossa on jokaista moduulia kohden oma ulkoyksikkö ja tarvittava määrä sisäyksiköitä. Ilma-/vesilämpöpumpun toimintaperiaate vastaa paljon edellä mainitun maalämpöpumpun toimintaperiaatetta. Prosessi perustuu kylmäaineen olosuhdemuutokseen, jotka tapahtuvat ulkoyksikössä sijaitsevan kompressorin avulla. Jäähdytystilanteessa prosessi toimii käänteisesti, eli sisäyksikkö toimii höyrystimenä ja ulkoyksikkö lauhduttimena. Yksi ulkoyksikkö voi palvella useaa sisäyksikköä kerralla. Tämä mahdollistetaan sillä, että ulkoyksikköön sijoitetaan tarpeellinen määrä kompressoripiirejä. Yhden kompressoripiirin voi tarvittaessa myös jakaa kahdeksi piiriksi. Split-järjestelmän ansiosta jäähdytysjärjestelmää voidaan testata jo tehdasolosuhteissa. Järjestelmä sopii mainiosti ”avaimet käteen” -periaatteeseen. /28, s. 1-5./

## 4 MODUULIRAKENTAMINEN

Moduulirakentamisella tarkoitetaan rakentamistapaa, joka perustuu systemaattiseen mitoitukseen ja esivalmistettuihin rakennusosiin. Tämän päivän rakentamisen haasteina on kestävä rakentamisen kokonaisvaltainen toteuttaminen. Kestävällä rakentamisella tavoitellaan energiatehokkaita sekä pitkäikäisiä rakennuksia ja rakenteita. Kestävä rakentaminen ottaa myös huomioon rakennuksen ekologiset ja taloudelliset näkökulmat. Modulaarisen rakentamisen kehittäminen on tämän tavoitteen saavuttamisen kannalta merkittävää. /6, s. 6-8./

### 4.1 Yleistä moduulirakentamisesta

Moduulirakentamisessa tuotetaan rakennuksen osat eli moduulit tehdasolosuhteissa. Prosessina moduulirakentaminen tapahtuu yksinkertaisuudessaan niin, että valmis moduuli rakennetaan tehtaalla, jonka jälkeen se kuljetetaan sijoituspaikalle. Valmis moduuli kattaa yleensä LVIS-tekniikan ja muun käyttötarkoituksen mukaisen tekniikan. Moduuli liitetään rakennukseen tai rakenneosaan ja kytketään mahdollinen LVIS-tekniikka. /6, s. 16-17./

Teollisella moduulirakentamisella saavutetaan taloudellisempaa ja nopeampaa rakentamista verrattuna perinteiseen rakentamiseen. Tehdasolosuhteet mahdollistavat suuremman tuotettavuuden, tehokkuuden ja laadun, sillä rakentaminen tapahtuu tasaisissa olosuhteissa. Tämä kaikki saavutetaan, jos rakennuksen suunnitteluvaiheesta lähtien noudatetaan modulaarisen rakentamisen ajattelutapaa, sillä myöhäiset muutokset ovat epäekonomisia rakennushanketta ajatellen. /6, s. 16./

Edellä mainitut seikat vaikuttavat positiivisesti rakennuksen elinkaarikustannuksiin. Moduulirakenteet ovat mahdollisesti myös huokeampia korjauskustannuksiltaan ja moduulit mahdollistavat uudelleen käytön. Uudelleen käyttö on modulaarisella rakennustavalla huomattavasti helpompaa, kuin paikallaan rakennettavaan rakennukseen. Etuna moduulirakenteiseen rakennukseen on sen muuntojoustettavuus. Moduulirakenteisen rakennuksen laajentaminen, siirtäminen tai purkaminen on helpompaa, kuin paikallaan rakennettavan rakennuksen. Moduulien siirtämisen haasteena on kuitenkin moduulien kuljetettavuus yleisillä maanteillä, joten moduulin koko määräytyy kulje-

tukseen liittyvien rajoitusten mukaan, joita ovat siltojen alitukset ja teiden leveydet. Yhden moduulin elinkaari voi olla pitempi kuin yhden rakennuksen elinkaari. /6, s. 18./

#### **4.2 Moduulirakentamisen vaikutus LVI-suunnitteluun**

LVI-suunnittelijan tulee miettiä tarkoin LVI-tekniikan kuljetusreitit ja sitä, kuinka tekniikka tullaan liittämään moduulista toiseen kokoonpanovaiheessa. Hammaskliniikassa yksi moduuli koostuu käytävästä ja sen molemmin puolin sijoittuvista tiloista. Tällä tavoin mahdollistetaan pääosin LVIA-järjestelmien asennus ja testaus tehtaalla.

Modulaarisen rakennuksen skaalattavuus tuo lisää pohdittavaa LVI-järjestelmien mitoittamiseen. Tässä tapauksessa suunnitelmat piirretään pohjakuvaan, jossa on 3 moduulia.

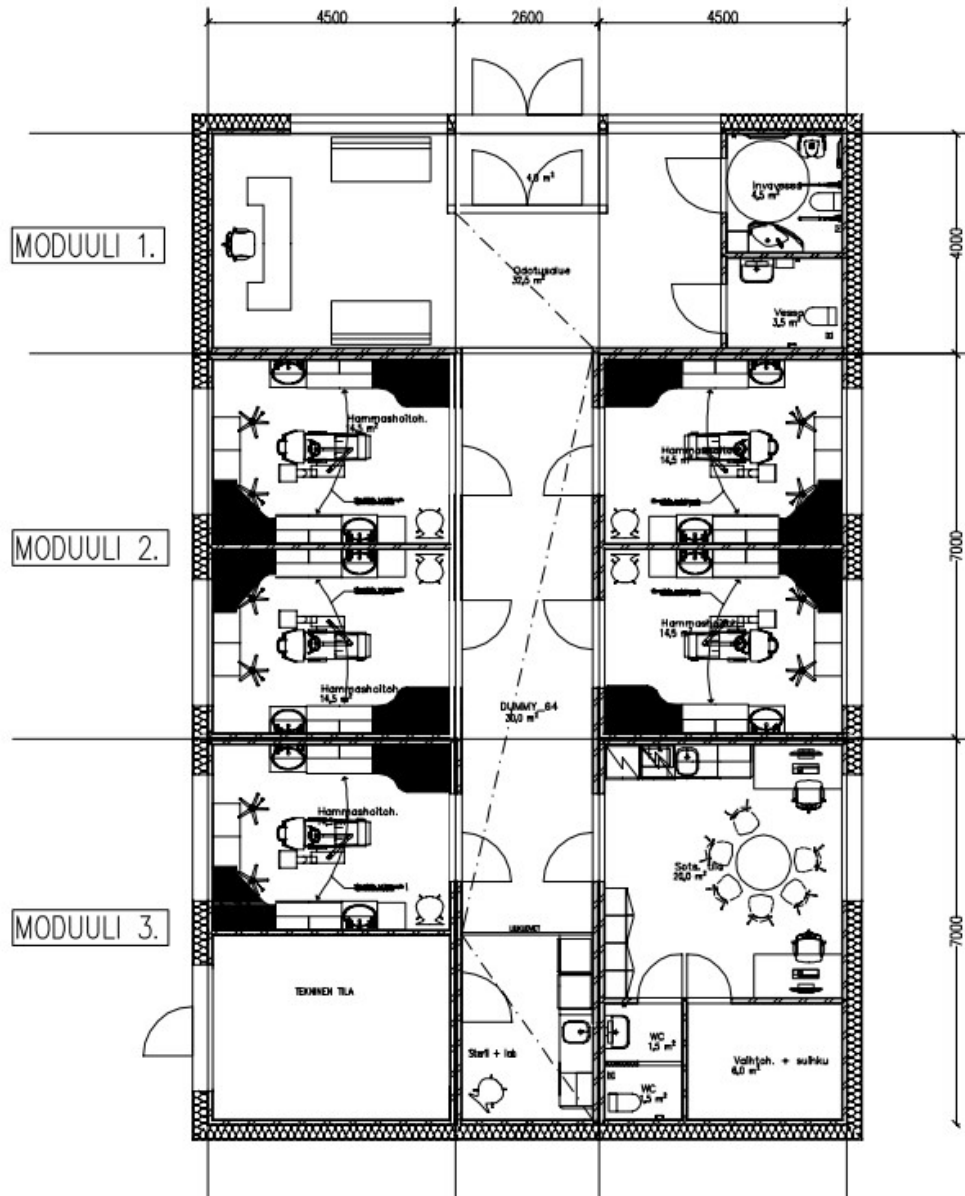
Moduuli 1. Eteinen, odotusaula, vastaanotto, wc ja inva-wc.

Moduuli 2. Käytävä ja 4 kpl hoituhuoneita

Moduuli 3. Hoituhuone, tekninen tila, henkilökunnan taukotila, suihku/pukuhuone, steril+lab, wc ja käytävä

Suunnittelun periaatteena on, että moduulit 1 ja 3 toimivat rakennuksen päätymoduuleina ja moduulia 2 voidaan skaalata (lisätä moduuleja) tarpeen mukaan. Kuvassa 6 on rakennuksen pohjapiirros, jossa on havainnollistettu rakennuksen moduulien jakautumista.





**KUVA 6. Hammasklinikan moduulit ja niiden sisältö**

LVI-järjestelmien ylläpitämisen mahdollistaminen kuuluu LVI-suunnittelijan tehtäviin. Puhdistamiseen ja huoltamiseen liittyvät yhteydet ja osat tulee sijoittaa sellaisiin paikkoihin, että ne mahdollistavat laitteiden huollon myös silloin, kun moduulien määrä muuttuu.

Rakennukseen tuleva kunnallistekniikka ei aina tule samasta ilmansuunnasta kuin luonnosmallia suunniteltaessa. Kyseinen seikka vaikuttaa oleellisesti etenkin viemäröinnin suunnittelussa. Tuuletusviemärit on sijoitettava moduuleihin 1 ja 3, jotta kunnallistekniikan tulosuunnalla ei ole vaikutusta viemäröinnin tuulettamiseen.

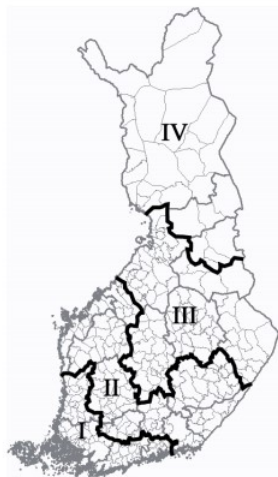
## 5 MODUULIHAMMASKLINIKAN SUUNNITELMAT JA RATKAISUT

Tässä kappaleessa käydään läpi suunnitelmat sekä laitevalinnat ja se, kuinka kyseisiin ratkaisuihin on päädytty. Tärkeänä asianhaarana voidaan pitää kollegoiden, työn ohjaajien sekä muiden projektissa työskentelevien ammattilaisten neuvojen anto projektin edetessä.

### 5.1 Mitoituksen lähtökohdat

Rakentamiseen liittyvänä pääajatuksena on saada moduulit rakennettua mahdollisimman pitkälle valmiiksi jo tehtaalla. Rakennusta suunnitellaan Jyväskylään, jolloin mitoittavina kriteereinä voidaan pitää Suomen rakentamismääräyskokoelmien määräyksiä ja ohjeita. Rakennus kuitenkin suunnitellaan aina sillä perusteella, mihin rakennus tullaan todellisuudessa sijoittamaan. Ilmanvaihdon osalta mitoittavana kriteerinä on sisäilmastoluokitus 2008.

Rakennus suuntautuu todennäköisesti vientituotteeksi. Suunnittelun osalta vesi- ja viemärisuunnittelu ja iv-suunnittelu pysyvät samanlaisina rakennuksen sijoittamisesta riippumatta. Eri säävyöhykkeiden tuomat lämpötilaerot taas vaikuttavat olennaisesti rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystehontarpeeseen. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien suunnittelussa on pidetty pohjatietona Jyväskylän sekä Saudi-Arabian Riyadhin säädataa. Jyväskylä sijoittuu säävyöhykkeelle 3. Kuvassa 7 on nähtävissä eri säävyöhykkeet Suomen kartalla ja taulukossa 5 on vastaavasti säävyöhykkeitä vastaavat mitoittavat ja keskimääräiset ulkolämpötilat.



KUVA 7. Säävyöhykkeet ja niiden rajat Suomen kartalla /20, s. 29/

**TAULUKKO 5. Mitoittavat ulkoilman lämpötilat sekä vuoden keskimääräiset ulkolämpötilat /20, s. 29/**

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

Rakennuksen mitoittamisessa tulee ottaa myös huomioon rakennuksen skaalattavuus. Nykyinen suunnitelma palvelee 5 kpl hoitohuonetta, mutta rakennus täytyy olla mahdollista skaalata myös niin, että se kattaa esimerkiksi 12 kpl hoitohuonetta. LVI-järjestelmien mitoittaminen tehdään tapauskohtaisesti.

## 5.2 Ilmanvaihtoratkaisu

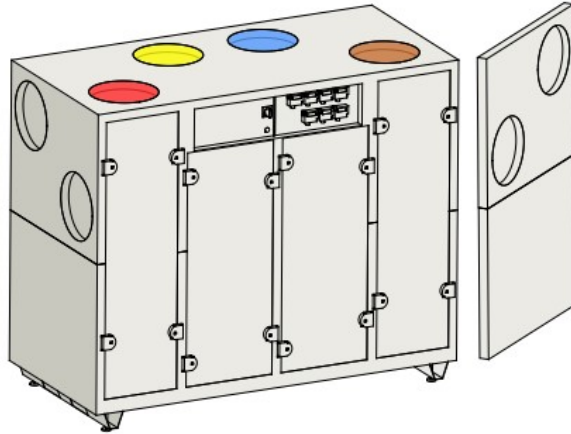
Hammasklinikka varustetaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Likaisista tiloista, kuten wc:t ja suihku, poistoilmanvaihto toteutetaan erillispoistoina. Hoitohuoneiden ja yleisten tilojen poistoilmanvaihto tulee iv-koneen kautta. Tuloilmaventtiileinä käytetään vapaasti asennettavia tuloilmahajottajia ja poistoilmaventtiileinä yhteiskanavaventtiilejä.

Aloitettaessa ilmanvaihdon suunnittelua kartoitetaan hammasklinikan vaatimukset sisäilmalle. Iv-järjestelmää suunnitellaan lähtökohtaisesti S2-luokitukseen. Rakennuksen ilmanvaihtolaitteiden toimituksesta vastaa Halton Oy. Seuraavassa on esitettyinä projektissa käytetyt laitevalinnat. Ilmanvaihtosuunnitelma on kokonaisuudessaan liitteessä 1.

### 5.2.1 IV-kone ja päätelaitteet

Ilmanvaihtokonetta valittaessa keskeisiä asioita on käytettävissä oleva tila iv-koneelle, ekosuunnitteludirektiivi, koneen hygienia-asiat (LTO) ja koneen käyttökapasiteetti. Kuten yleensäkin teknisessä tilassa joudutaan miettimään laitteiden sijoittelua, jotta kaikki tekniikka saadaan mahtumaan tilaan siten, että laitteiden käyttäminen ja huoltaminen on mahdollista. Valitsemalla sellainen iv-kone, jossa kanavalähdöt ovat koneen päältä, säästetään arvokasta lattiapinta-alaa teknisessä tilassa. LTO-valintana on

vastavirtakenno. Vastavirtakennessa tulo- ja poistoilma eivät pääse sekoittumaan, jolloin poistoilman epäpuhtaudet eivät pääse tuloilman sekaan. Nykyaikaisilla vastavirtakennoilla saavutetaan myös ekosuunnitteludirektiivin mukainen LTO:n lämpötilahyötysuhde. Kuvassa 8 on esitettyä iv-kone, jossa kanavalähdöt koneen päältä.



**Värien selitykset:**

- Tulo
- Ulko
- Jäte
- Poisto

**KUVA 8. Kair Ecocounter 3285-EC-R:n kanavalähdöt koneen päältä /24/**

Haltonin DRV-päätelaite sopii hammasklinikkaan hyvin, sillä se on ns. vapaasti asennettava päätelaite. Hammashoituhuoneissa ei ole alakattoa. Haltonin DRV-päätelaite esitellään kuvassa 9.



**KUVA 9. Haltonin DRV-tuloilman päätelaite /22/**

Poistoilmaventtiileinä toimivat Haltonin URH:t. Haltonin URH-poistoilmaventtiili nähdään kuvassa 10.

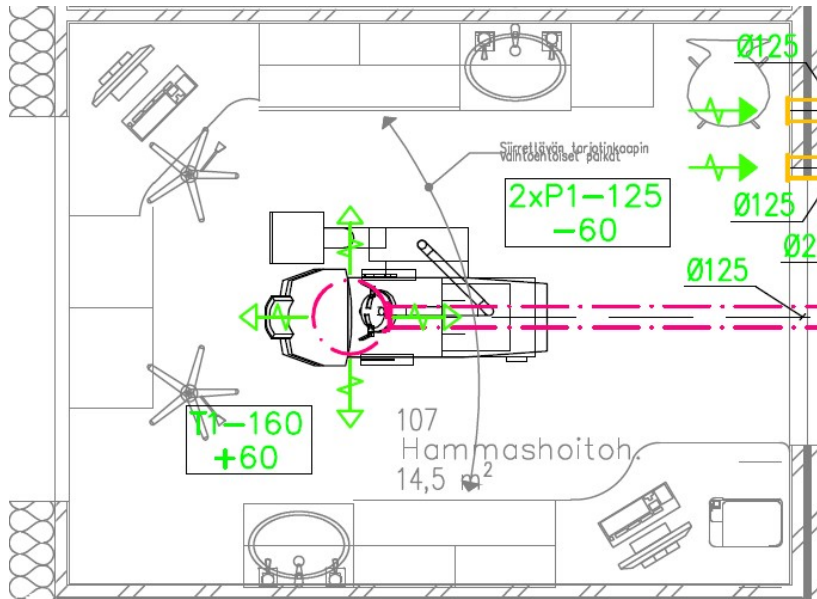


**KUVA 10. Haltonin URH-poistoilmaventtiili /22/**

Käytävällä käytettävät tuloilmaventtiilit ovat mallia Halton ULC. Päätelaitte on esitettyä kuvassa 11.

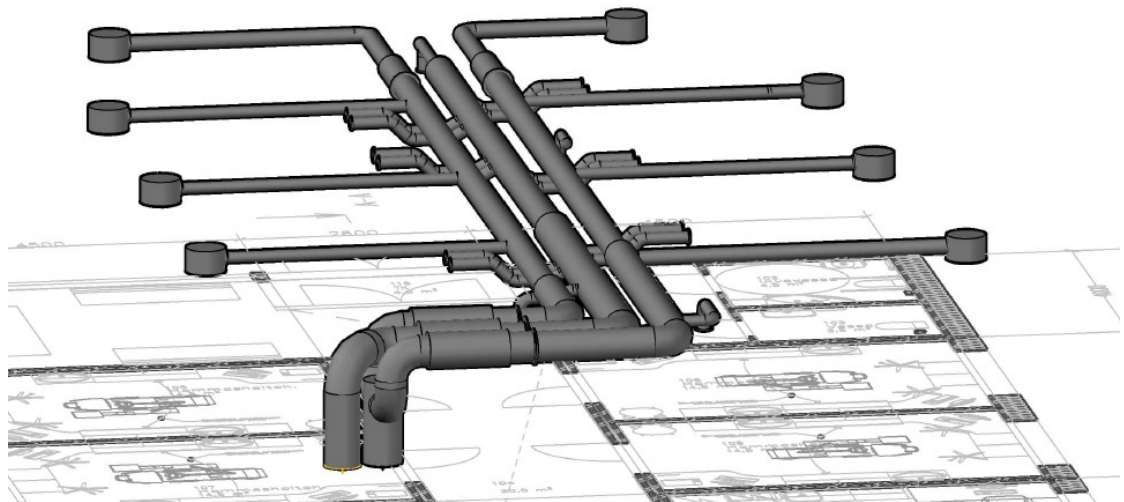


**KUVA 11. Haltonin ULC-tuloilmaventtiili /22/**



**KUVA 12. Hammashoituhuoneen 107 päätelaitteiden sijoittelu sekä ilmavirrat; päätelaitteiden sijoittelu periaate on sama kaikissa hoituhuoneissa**

Hammashoituhuoneessa tuloilmanpäätelaitte sijoitetaan hammashoitotuolin yläpuolelle, ja poistoilmaventtiilit sijoitetaan vierekkäin käytävän vastaiselle seinustalle (kuva 12). Runkokanavisto asennetaan käytävän alakattoon. Kanaviston suunnittelussa on päädytty ratkaisuun, jossa tuloilma toteutetaan kahdella runkokanavalla ja poistoilma yhdellä suurella kanavalla. Tuloilmakanava jaetaan kahdeksi kanavaksi, jotta kanaviston sijoittaminen alakattoon onnistuu. Jaettaessa yksi tuloilmakanava kahdeksi kanavaksi kanavakoko pienenee ja kanaviston sijoittaminen alakattoon on mahdollista. Kuvassa 13 on esitetty tulo- ja poistoilmakanavien suunnittelua.



**KUVA 13. Tulo- ja poistoilmakanaviston sijoittelu**

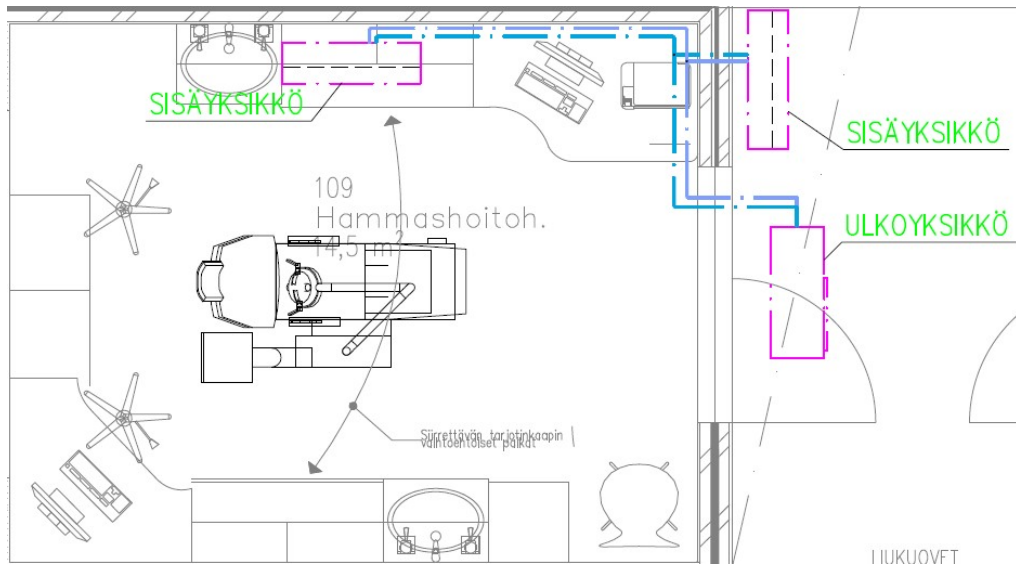
### 5.3 Lämmitys- ja jäähdytysratkaisut

Hammasklinikkaan valitaan lämmönlähteeksi maalämpöpumppu. Valintaperusteena on maalämpöpumpun parempi energiatehokkuus verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin ja sen monipuoliset käyttömahdollisuudet rakennuksen sijainnista riippumatta. Maalämpöpumpun fyysinen koko mahdollistaa sen sijoittamisen tekniseen tilaan suhteellisen helposti. Maalämpöpumppu mitoitetaan osatehomitoituksena, eli suurin osa lämpöenergiasta tuotetaan maalämpöpumpulla ja loput sähkövastuksin. Lämmitysjärjestelmän lämpötilat: meno 55 °C ja paluu 35 °C. Lämmitysputkien materiaalina käytetään esimerkiksi Geberitin Mapress-putkea, jossa on sinkkipinta. Putkimateriaalin valinta perustuu nopeaan asentukseen ja siistiin lopputulokseen. Kuvassa 14 esimerkkinä laitevalmistaja Niben F1255 -maalämpöpumppu.



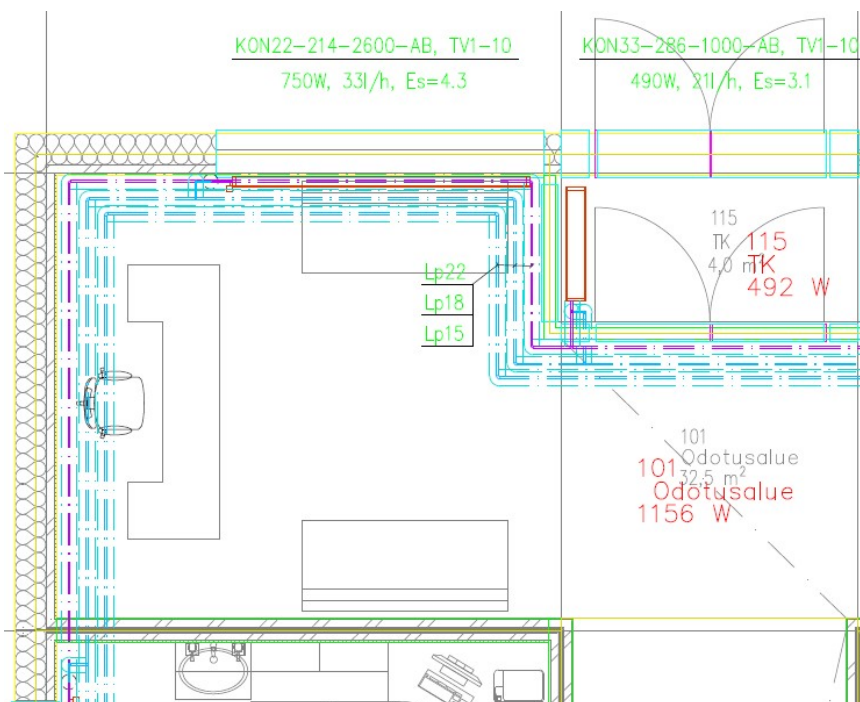
**KUVA 14. Nibe F1255 -maalämpöpumppu, jossa sisäinen lämminvesivaraaja**

Jäähdytys toteutetaan split-järjestelmänä. Split-järjestelmä mahdollistaa jäähdytysjärjestelmän testauksen jo tehtaalla. Split-järjestelmän toteuttaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että jokaista moduulia kohden on yksi ulkoyksikkö ja tarpeellinen määrä sisäyksiköitä jäähdytettäviin tiloihin. Kuvassa 15 periaate split-järjestelmän asentamisesta.



**KUVA 15. Periaatekuva jäähdytyksen toteuttamisesta moduulissa 3, jossa ulko-  
yksikkö sijoitetaan rakennuksen vesikatolle ja sisäyksiköt hoituhuoneeseen ja  
käytävälle**

Lämmitysjärjestelmä kokonaisuutena toteutetaan käännetynpaluun periaatteella, ja runkolinjat asennetaan rakennuksen ulkoseinustalle. Lämmitysjärjestelmä asennetaan mahdollisimman valmiiksi jo tehtaalla, jotta työmaalla suoritettavaksi jää putkistojen yhdistämiset moduulien välillä. Kuvassa 16 on runkolinjojen ja patterien sijoittamisen periaate. Lämmityssuunnittelu nähtävissä kokonaan liitteessä 3.



**KUVA 16. Runkolinjojen sijoittaminen ulkoseinustalle odotusalueella**



Patterit ovat joko paneeliradiaattoreja tai konvektoreja. Konvektorit sijoitetaan odotusalueelle ja tuulikaappiin. Odotusalueen ja tuulikaapin ikkunat ovat kooltaan suuria ja rajoittuvat aina miltei lattiapintaan saakka, siksi valintana jaluksilla lepäävät konvektorit. Kuvassa 17 on esitetty edellä mainitut patterivaihtoehdot.



**KUVA 17. Purmon paneeliradiaattori ja konvektori /23/**

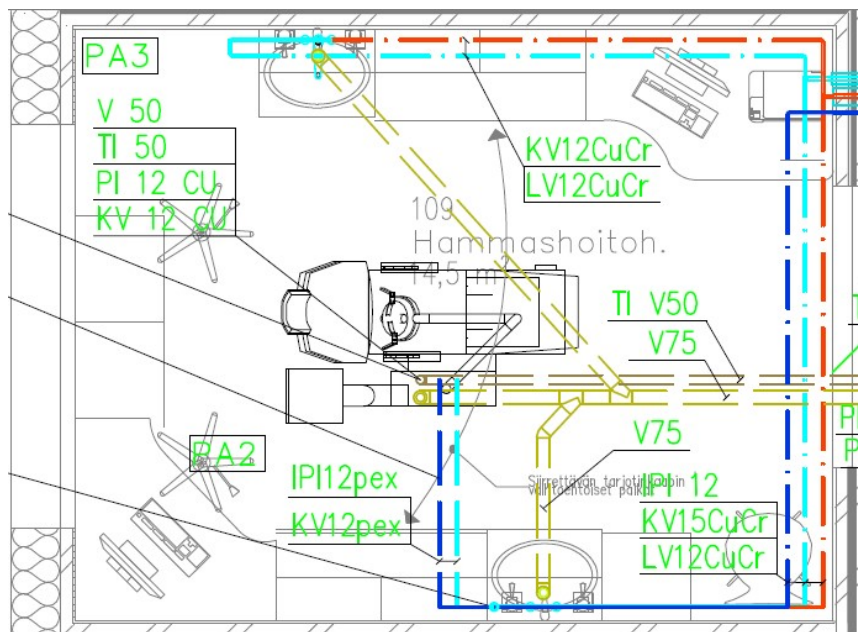
#### **5.4 Vesi- ja viemäri- ja paineilma- ja imujärjestelmien ratkaisut**

Vesijohtomateriaalina käytetään pääsääntöisesti komposiittiputkea, näkyville osuuksille asennetaan kromikuparia. Paineilman putkimateriaalina käytetään kupariputkea, ja näkyville osuuksille asennetaan kromikuparia. Viemärimateriaalina käytetään muoviviemäriä sekä perusviemäroinnissä että tehoimussa. Tuuletusviemärit sijoitetaan rakennuksen etelä- ja pohjoispuolelle, koska kunnallistekniikan tulosuunnasta ei ole tietoa. Runkoviemäri asennetaan vasta työmaalla. Vesikalusteet tulevat Oras-laittevalmistajalta. Vesikalusteiden valinnassa on pyritty huomioimaan hygieenisuus. Käytetään pääsääntöisesti valokennohanoja tai normaaleja hanoja, jossa on pitkä vipu. Pitkä vipu mahdollistaa hanan käytön esimerkiksi kyynärpäällä. Jokaisessa hoituhuoneessa on sekä valokennohana että normaalihana pitkällä vivulla.

Hammashoitotuoli tarvitsee paineilman, tehoimun, normaalin viemäroinnin sekä kylmänveden. Paineilma- ja imujärjestelmien suunnittelussa ja mitoittamisessa on käytetty Dürr Dentalin suunnitteluohjeita. Kuvassa 18 on hoituhuoneissa käytettävä hammashoitotuoli.



**KUVA 18. Planmeca compact i -hammashoitotuoli /26/**



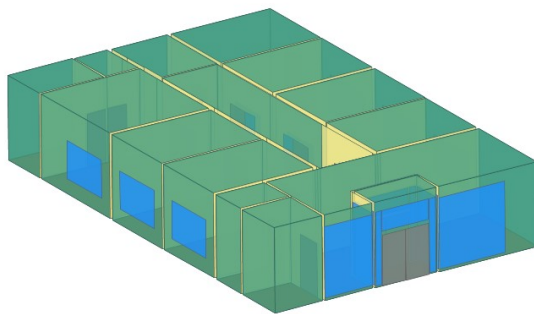
**KUVA 19. Hammashoitotuolille tuleva LVI-tekniikka**

Kuvassa 19 on esitetty hoitotuolille tuleva LVI-tekniikka. Perusviemäri ja tehoimu asennetaan eri korkoon, jotta viemäreiden risteily mahdollistetaan. Lattiassa kulkevis-  
sa osuiksissa käytetään PEX-putkea (suojaputkessa), jotta putket olisivat vaihdetta-  
vissa. Vesi- ja viemärisuunnittelu nähtävissä kokonaisuudessaan liitteessä 2.

## 6 ENERGIA- JA OLOSUHDESIMULOINTI RIUSKA-OHJELMISTOLLA

Granlundin Riuska-ohjelmistoa hyödynnettiin rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystehontarpeiden selvittämiseksi, sekä ohjelmistolla havainnoitiin rakennuksen vuotuista energiantarvetta. Rakennuksen malli on nähtävissä kuvassa 20. Granlundin Riuska-ohjelmalla voidaan käyttää seuraaviin tehtäviin:

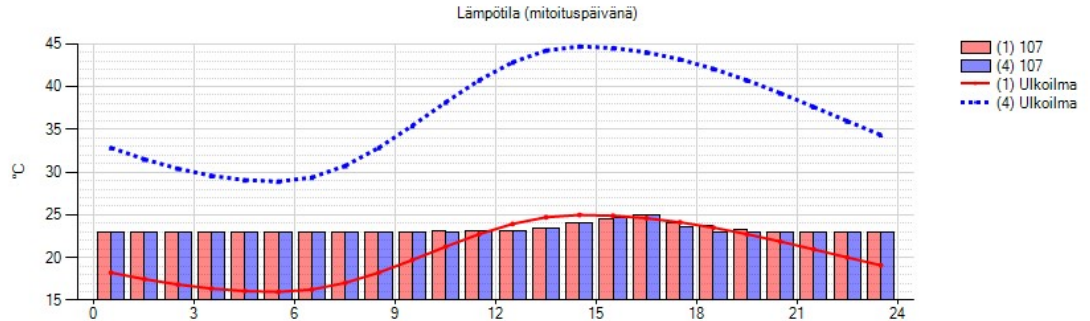
- Tavoitteenmukaisuuden varmistus
- Tilojen lämpötilat eri vuodenaikoina
- Sisäilmaston laatutasojen vertailu
- Arkkitehtiratkaisujen vertailu (Ikkunat, ikkunasuoja, julkisivuratkaisut)
- Järjestelmien vertailu ja mitoitus
- Ongelmatilojen analysointi
- Rakennuksen ja taloteknisten järjestelmien energiakulutus
- Rakennuksen E-luvun laskenta ja energiatodistuksen teko
- Ylläpidon tavoitekulutus /16/.



**KUVA 20. Hammasklinikan malli Riuska-ohjelmistossa, malli luodaan MagiCAD:in Room-sovelluksella**

Seuraavassa on esitetty ohjelmistolla tuotettuja laskelmia ja kuvaajia hoituhuoneessa 107. Koska hammasklinikka tulee olemaan pääsääntöisesti vientituote, simulointeja suoritetaan Suomen Jyväskylään sekä Saudi-Arabian Riyadhiin. Varsinaisen toimituksen yhteydessä simulointeja tehdään kohteen säätietojen mukaisesti. Kuvasta 21 voidaan tarkastella mitoituspäivän ylimpiä ja alimpia lämpötiloja kaupungeittain. Kuvas-

sa sinisellä esitetty katkoviiva (numerolla 4) kuvastaa Riyadhin ulkoilmaa ja punainen yhtenäinen viiva esittää Jyväskylän ulkoilmaa (numerolla 1). Pylväät merkitsevät yhden hoituhuoneen 107 sisälämpötilaa eri kellonaikoina.



**KUVA 21. Riyadhin ja Jyväskylän lämpötilat mitoituspäivänä heinäkuussa, lämpötila ajan funktiona (hoituhuone 107)**

### 6.1 Jäähdytystehontarpeen vertailu Jyväskylä – Riyadh

Riuska-ohjelmisto mahdollistaa simulointeja erilaisille ilmastoille. Kuvasta 5 voidaan huomata lämpötilojen suuren eroavaisuuden kaupunkien välillä, joten voidaan olettaa jäähdytystehontarpeen olevan suurempi Riyadhissa. Jäähdytys toteutetaan odotusalueelle, käytävään, hammashoituhuoneisiin ja taukotilaan. Seuraavassa on vertailua Jyväskylän ja Riyadhin jäähdytystehontarpeista. Laskennat on suoritettu pääsääntöisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisilla arvoilla. Rakentamismääräyskokoelmasta poikkeavat arvot ovat ilmoitettu.

Normaalitilanteen u-arvot:

- US 0,17 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- YP 0,09 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- AP 0,16 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- IKKUNAT 0,7 W/(m<sup>2</sup>\*K) (3-kerros lasit, sälekaihtimet)
- OVET 1,0 W/(m<sup>2</sup>\*K)

U-arvolla (lämmönläpäisykertoimella) tarkoitetaan:

”lämmönläpäisykertoimella U lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään  $W/(m^2K)$ .” /27, s. 1./

Huoneiden lämpökuormat ovat laskettu Plandentiltä saatujen laitteiden käyttöprofiilien ja tehojen mukaisesti. Taulukossa 6 esimerkkinä hoituhuoneen 105 lämpökuormat.

### TAULUKKO 6. Hoituhuoneen 105 lämpökuormat

Lämpökuormat	Tila	W	W/m <sup>2</sup>	hlö/m <sup>2</sup>	Päiväaikataulu (mitoituspäivänä)	Vuosaikataulu
Ihmiset	105	225,000	15,625	0,208	[9,0 h, 0/100 %] 08-17 (100%)	[1377 h, 0...80 %] ma-pe 08-17 (toimisto max 80% / ka. 61%)
Laitteet	105	350,000	24,306		[9,0 h, 0/100 %] 08-17 (100%)	[1377 h, 0...80 %] ma-pe 08-17 (toimisto max 80% / ka. 61%)
Työvalaistus	105	60,000	4,167		[4,5 h, 0/50 %] 08-17 (50%)	[1174 h, 0/50 %] ma-pe 08-17 (50%)
Yleisvalaistus, yleiset tilat	105	216,000	15,000		[9,0 h, 0/100 %] 08-17 (100%)	[2254 h, 0...100 %] ma-pe 08-17 (100% / lommat 50%)

Taulukoissa 7 ja 8 on esitetty jäähdytystehontarpeet normaalitilanteessa Jyväskylässä ja Riyadhissa.

### TAULUKKO 7. Jyväskylän normaalitilanne

Tilan tunnus	Tilan nimi	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	max dm <sup>3</sup> / s	min dm <sup>3</sup> / s	max dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )	min dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )	W	W/m <sup>2</sup>
101	Odotusalue	32	106	95	95	3	3	1133	36
104	Käytävä	25	85	25	25	1	1	367	15
105	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	206	14
106	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	584	41
107	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	638	44
108	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	584	41
109	Hammashoitoh.	15	49	58	58	4	4	637	44
								<b>4148</b>	

**TAULUKKO 8. Riyadh normaalitilanne**

Tilan tunnus	Tilan nimi	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	max dm <sup>3</sup> /s	min dm <sup>3</sup> /s	max dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )	min dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )	W	W/m <sup>2</sup>
101	Odotusalue	32	106	95	95	3	3	2631	83
104	Käytävä	25	85	25	25	1	1	719	28
105	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	695	48
106	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	1087	76
107	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	1145	80
108	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	1086	75
109	Hammashoitoh.	15	49	58	58	4	4	1150	79
110	Sots. tila	20	66	59	59	3	3	523	26
								<b>9037</b>	

Verrattaessa Jyväskylän ja Riyadhin jäähdytystehontarpeita normaalitilanteessa huomataan jäähdytystehontarpeen olevan yli tuplasti suurempi Riyadhissa kuin Jyväskylässä. Riyadhissa jäähdytystä tarvitaan myös sosiaaliseen tilaan, johon Jyväskylän laskennassa ei kertynyt jäähdytystehontarvetta.

Saudiarabialaisessa rakennustapaan tuskin kuuluu yhtä paksujen seinärakenteiden rakentaminen kuin Suomessa. Seuraavassa simuloinnissa on pyritty tavoittelemaan saudiarabialaista rakennustapaa. Seinien leveyttä ja eristystä on vähennetty, sekä ikkunoiden lämmönläpäisykerrointa on heikennetty. Muunnetun tilanteen jäähdytystehontarpeet ovat taulukossa 9.

U-arvot (muunnettu tilanne)

- US 0,25 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- YP 0,16 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- AP 0,16 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- IKKUNAT 1,16 W/(m<sup>2</sup>\*K) (2-kerros lasit, sälekaihtimet)
- OVET 1,0 W/(m<sup>2</sup>\*K)

**TAULUKKO 9. Riyadh muunnettu tilanne**

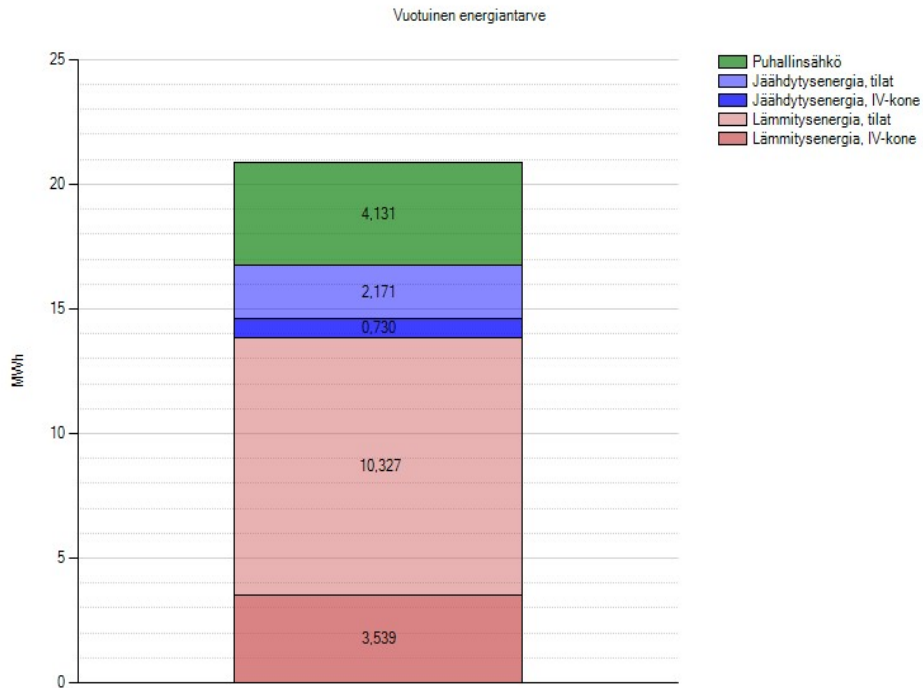
Tilan tunnus	Tilan nimi	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	max dm <sup>3</sup> /s	min dm <sup>3</sup> /s	max dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )	min dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )	W	W/m <sup>2</sup>
101	Odotusalue	32	106	95	95	3	3	2889	91
104	Käytävä	25	85	25	25	1	1	788	31
105	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	899	62
106	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	1267	88
107	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	1341	93
108	Hammashoitoh.	14	48	58	58	4	4	1266	88
109	Hammashoitoh.	15	49	58	58	4	4	1343	93
110	Sots. tila	20	66	59	59	3	3	730	37
								<b>10522</b>	

Simuloinnista voidaan huomata, että todellinen jäähdytystehontarve Riyadhissa olisi noin 10,5 kW. Split-jäähdytysjärjestelmällä pystytään kattamaan kyseinen jäähdytystehontarve.

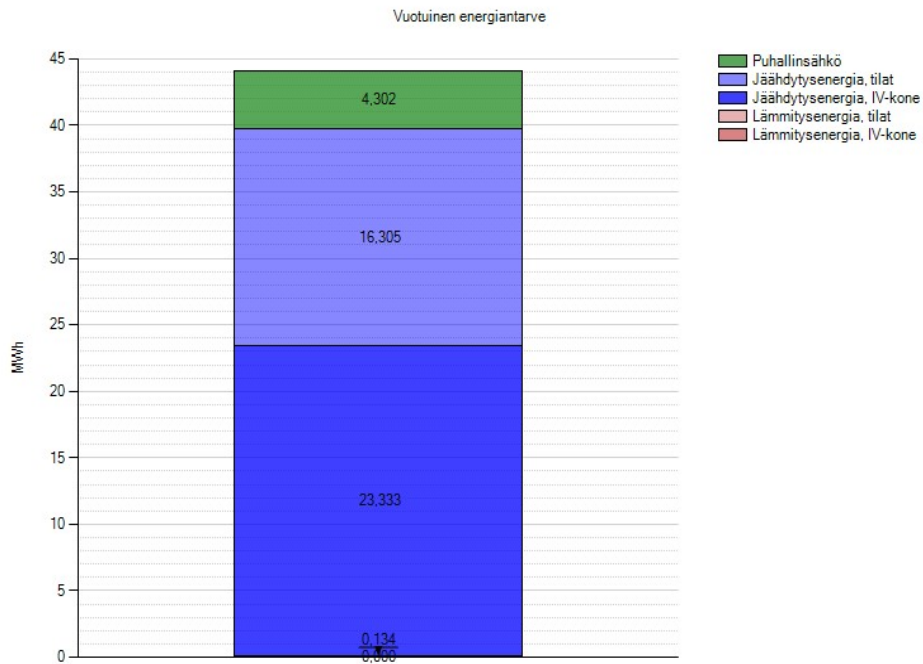
## 6.2 Energiantarpeen vertailu Jyväskylä - Riyadh

Tässä osiossa vertaillaan vuotuista energiantarvetta Jyväskylän ja Riyadhin välillä. Taulukoissa 10 ja 11 on RIUSKA-ohjelmalla simuloitujen vuotuiset energiantarpeet. Taulukoiden diagrammeista on eritelty energiantarpeet seuraavasti: puhallinsähkö, jäähdytysenergia (tilat), jäähdytysenergia (iv-kone), lämmitysenergia (tilat) ja lämmitysenergia (iv-kone) osalta. Lämpimän käyttöveden osuutta ei ole huomioitu.

**TAULUKKO 10. Vuotuinen energiantarve Jyväskylässä**



**TAULUKKO 11. Vuotuinen energiantarve Riyadhissa**



Riyadhissa lämmitysenergiantarve on käytännössä mitätön ja jäähdytysenergiaa tarvitaan taas huomattavasti enemmän. Tilanne on päinvastainen Jyväskylässä.



## 7 POHDINTA

Lähdettäessä suunnittelemaan moduulihammasklinikkaan LVI-suunnitelmia työ alkoi perehtymällä uusiin aihepiireihin ja suunnittelua koskeviin määräyksiin. Aiheeseen liittyvän kirjallisuuden ja teorian ollessa vähäistä turvauduttiin haastattelemaan eri alojen ammattilaisia ja ratkotaan yhdessä eteen tulevia haasteita. Tämä asia on suunnittelutyötä tehdessä erittäin tärkeää. LVI-suunnittelu on osana suurta kokonaisuutta, ja projektissa on mukana useita eri alojen suunnittelijoita. Viestinnän ja tiedottamisen on oltava mutkatonta ja jouhevaa. Kun tavoitteena on tehdä tasokkaat suunnitelmat, se vaatii asioihin perehtymistä ja oikeaoppista tekniikan valintaa ja sijoittamista.

Opinnäytetyön aiheen oltua kehitysprojektiin liittyvä suunnittelutyö, joka kattoi koko projektin LVI-suunnittelun järjestelmäkaavioita myöten, oli aiheeseen liittyvää kirjallisuutta tarjolla runsaasti. Opinnäytetyön erikoisuuksina ja mielenkiintoisimpina perehtymisen kohteina pidin erikoisjärjestelmien suunnittelua, kuten imu- ja paineilmajärjestelmiä sekä modulaarisen rakennustavan tuomaa eroavaisuutta perinteisestä rakentamisesta suunnittelutyöhön. Moduulirakentamiseen liittyvää kirjallisuutta oli kuitenkin tarjolla kohtalaisesti, mutta näissä teoksissa ei sivuttu juurikaan LVI-tekniikkaa.

Paineilma- ja imujärjestelmien suunnittelu tuli työssä uutena aluevaltauksena. Aiheeseen liittyvää teoriaa lähdettiin hakemaan jo hyvissä ajoin optimistisin ajatuksin. Teoriaa aiheesta löytyi lopulta melko niukasti. Pääsääntöisesti aiheeseen liittyvät kirjallisuudet ovat lähinnä laitevalmistajien tekemiä suunnitteluoppaita.

Opinnäytetyön erikoisjärjestelmien suunnitteluun liittyvää teoriaa oli siis tarjolla hyvin vähäisesti, ja suoranaisesti aiheeseen liittyvää teoriaa ei käytännössä ole tarjolla. Granlund Oy:ltä löytyi kuitenkin yksi ”Hammaslääkärin vastaanottotilojen suunnittelu” -teos. Kirjan aiheena oli tutustuttaa eri alojen suunnittelijat hammaslääkärin vastaanottotilojen suunnitteluun. LVI-suunnittelijan näkökulmasta kirjasta ei ollut suurempaa hyötyä.

Hammasklinikan LVI-suunnittelussa pätevät Suomen rakentamismääräyskokoelmien ja hammastekniikan laitetoimittajien määräykset ja ohjeet. Hammasteknisten laitteiden mitoittaminen ja niitä koskevat vaatimukset määrittää laitetoimittaja.

Yksi käsite tulee pitää työn aikana kirkkaana mielessä: modulaarisuus. Kuinka suunnitella esimerkiksi viemäri- ja vesijohtoreittejä niin, että kaikki voitaisiin tehdä tehtaalla jo mahdollisimman valmiiksi. Moduulihammasklinikka on ajatuksena ”avaimet käteen” -ratkaisu, eli rakennuksen käyttöönotto tapahtuu paikan päällä nopeasti. Moduulit kuljetetaan maantiellä kotimaassa, ja sen jälkeen ne jatkavat matkaansa esimerkiksi laivarahdilla. Moduulit tulee suunnitella niin, että muuntojoustavuus säilyy, eli rakennusta voidaan laajentaa ja siirtää tarvittaessa. Rakenteiden suunnittelulla on merkittävä vaikutus siihen, kuinka muuntojoustavuus ja ”avaimet käteen” -periaatetta pystytään ylläpitämään. Alakattoratkaisut näyttelevät tässä projektissa merkittävää osaa, koska LVIA- ja sähkötekniikka kulkevat pääsääntöisesti alakatossa.

Hammasklinikassa palvelee päivittäin potilaita sekä henkilökuntaa. Hammasklinikan hyvä sisäilmasto on tärkeää ihmisten hyvinvoinnin kannalta. Klinikan käyttöaste on siis suuri, ja tämä on otettu huomioon suunnittelussa. Ihmiset ja laitteet tuovat operaatiossa aikana lämpökuormia hoituhuoneisiin, joihin reagoidaan hyvällä ilmanvaihdolla ja jäähdytyksellä. Simuloitaessa hoituhuoneita jäähdytystehontarve tulee laskea realististen laitteiden käyttöprofiilien ja niiden aiheuttamien lämpökuormien kautta.

Opinnäytetyö on opettanut tekijälleen paljon LVI-suunnittelusta sekä projektin läpikäymisestä. Luonnossuunnitelmien valmistuminen on vienyt paljon aikaa raportin kirjoittamisen ohessa. Suunnitteluohjelmien tuntemus on parantunut rutkasti, ja kokonaan uutena ohjelmistona perehdyin Granlundin RIUSKA-simulointiohjelmaan.

Moduulihammasklinikan LVI-suunnittelu opinnäytetyönä on kehitysprojektissa vasta alkua. Projekti etenee jatkuvasti ja tulee etenemään myös tulevaisuudessa. Rakennuksen pohjapiirustus tulee päivittymään, ja huoneiden sijoittelu voi muuttua.

Projekti etenee tällä hetkellä kustannuslaskelmissa. LVI-suunnittelun ollessa osana insinööriötä, tältä osalta Granlund on projektissa jo suunnitteluasteella. Tämänhetkiset LVI-suunnitelmat ovat vasta alkua kehitysprojektin läpikäymiseen. Osuuteni pro-

jektissa ei suinkaan pääty ainoastaan opinnäytetyön suorittamiseen. Suunnitelmat ovat käytännössä luonnostasolla ja suunnittelua viedään eteenpäin jatkuvasti.

Vesi- ja viemärisuunnittelun osalta viemärien sijoittelussa on vielä puutteita. Viemärien asennuspaikkoja ja korkoja tullaan käsittelemään projektin edetessä. Hammaskliinikkaa kehitetään jatkuvasti projektin muiden osapuolien kanssa. Uusia ideoita ja ajatuksia satelee projektin edetessä. Kehitysprojektiin liittyy paljon pohdintaa ja eri ratkaisujen vertailuja. Näin asian kuuluukin olla, kun tavoitteena on luoda tasokkaat ja pätevät suunnitelmat.

## LÄHTEET

1. Seppänen, Olli. Ilmastoinnin suunnittelu. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy. 2004.
2. Seppänen, Olli. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: Kirjapaino kiitorata Oy. 1996.
3. Attila, Tuomas. Modulaarisen leikkaussalin ilmanvaihtoratkaisujen kehittäminen. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Talotekniikka. Opinnäytetyö. 2014.
4. Ympäristöministeriö. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012. PDF-dokumentti. [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf). Luettu 12.1.2016. 2011.
5. Rakennustieto Oy. LVI-ohjekortti LVI 05-10440 Sisäilmastoluokitus 2008. PDF-dokumentti. Luettu 20.1.2016. 2008.
6. Kotilainen, Sini. Moduulirakentaminen. Ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Raportti. 2013.
7. Hammaslääkärin vastaanottotilojen suunnittelu. Orimattilan seudun ktt:n kuntayhtymä. Hammashuolto. 2005.
8. Ympäristöministeriö. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet 2007. PDF-dokumentti. [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf). Luettu 12.1.2016.
9. Duodecim. Pitääkö amalgaamipaikat vaihtaa? Lääketieteen aikakauskirja. 14/1995. Verkkoartikkeli. [http://duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p\\_p\\_id=Article\\_WAR\\_DL6\\_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo50325&dlehtihaku\\_view\\_article\\_WAR\\_dlehtihaku\\_p\\_auth=](http://duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo50325&dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth=). Luettu 20.1.2016.

10. Sosiaali- ja terveysministeriö. Asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000). Asetus. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>. Luettu 20.1.2016.

11. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Legionella, mikä on legionella? Artikkel. <https://www.thl.fi/web/infektiotaudit/taudit-ja-mikrobit/bakteeritaudit/legionella>. Luettu 16.2.2016. Päivämäärä 8.12.2015.

12. Duodecim. Legioonalaistauti (legionelloosi). Terveyskirjasto. Verkkoartikkeli. [http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk00580](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00580). Julkaistu 14.11.2014. Luettu 16.2.2016.

13. Kompressorit Oy. Paineilman suodatus ja kuivaus. Esite. [http://www.compressor.fi/media/EsitePDF/Suodatus\\_ja\\_kuivaus.pdf](http://www.compressor.fi/media/EsitePDF/Suodatus_ja_kuivaus.pdf). Luettu 16.2.2016.

14. Ilmatieteenlaitos. Ilman kosteus. WWW-sivut. <http://ilmatieteenlaitos.fi/ilman-kosteus>. Päivitetty 4.4.2016. Luettu 4.4.2016.

15. Dürr Dental. Planning information Compressed air. Esite. [http://www.duerrdental.com/fileadmin/assets/epaper/eng/130228\\_epaper-Planning\\_Information\\_Compressed-Air-EN/index.html#/0](http://www.duerrdental.com/fileadmin/assets/epaper/eng/130228_epaper-Planning_Information_Compressed-Air-EN/index.html#/0). Luettu 17.2.2016. 2011.

16. Granlund Oy. RIUSKA. Esite. <http://www.granlund.fi/ohjelmistot/riuska/>. Päivitetty 4.4.2015. Luettu 4.4.2016. 2016.

17. Rakennustieto Oy. LVI-ohjekortti LVI 12-10343. Vesikiertoinen patterilämmitys. PDF-dokumentti. Luettu 18.2.2016. 2002.

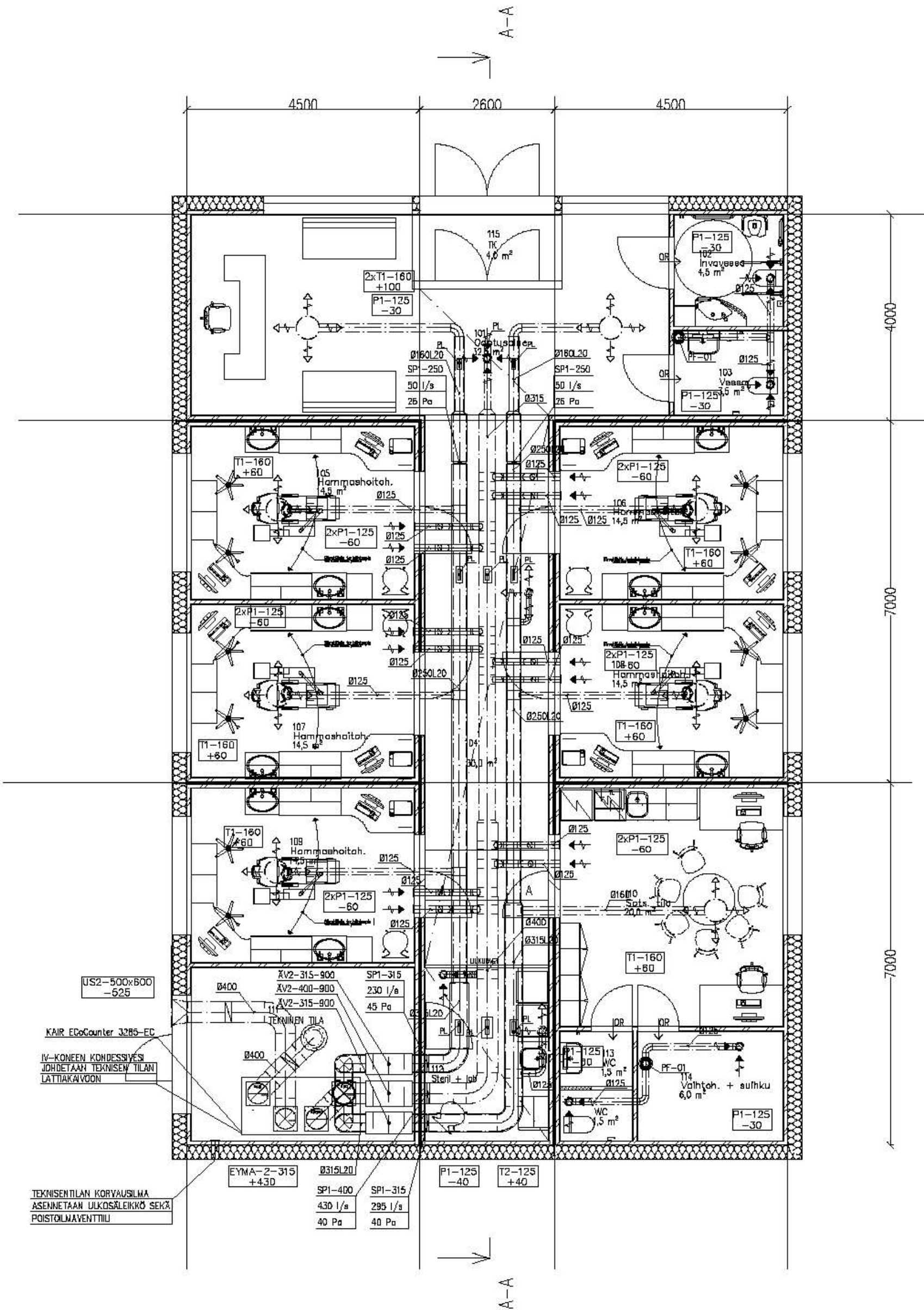
18. Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 2013, Energiakaivo. PDF-dokumentti. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO\\_2013.pdf?sequence=4](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4). Luettu 18.2.2016. 2013.

19. Rakennustieto Oy. Ohjekortti LVI 11-10332 Lämpöpumput. PDF-dokumentti. Luettu 18.2.2016. 2002.
20. Ympäristöministeriö. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012. PDF-dokumentti. [http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf). Luettu 25.2.2016. 2011.
21. Ympäristöministeriö. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, määräykset ja ohjeet 2012. PDF-dokumentti. [http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/rakentamismaarayskokoelma](http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/rakentamismaarayskokoelma). Luettu 25.2.2016. 2013.
22. Halton Oy. Tuotetietoesitteet. WWW-sivut. [http://www.halton.com/fi\\_FI/downloads#group=categories&atsba=sbahalton&attype=datasheet&atlanguge=fi\\_FI](http://www.halton.com/fi_FI/downloads#group=categories&atsba=sbahalton&attype=datasheet&atlanguge=fi_FI). Päivitetty 15.03.2016. Luettu 15.03.2016.
23. Purmo Oy. Tuote-esitteet. WWW-sivut. <http://www.purmo.com/fi/tuotteet/>. Päivitetty 4.4.2016. Luettu 4.4.2016.
24. Oy Pamon Ab. Tuote-esite. PDF-dokumentti. <http://www.kair.fi/fi/lvi-suunnittelijalle/valintaohjelma/kanavavalinta/1/?tuotekoodi=3285-EC>. Luettu 17.3.2016.
25. Nibe Oy. Tuote-esite. www.sivut. <http://www.nibe.fi/tuotteet/maalampopumput/nibe-f1255/?tabid=4>. Päivitetty 4.4.2016. Luettu 4.4.2016.
26. Planmeca Oy. Tuote-esite. www.sivut. <http://www.planmeca.com/fi/Hammashoitokoneet/Planmeca-Compact-i/Planmeca-Compact-i-Touch/>. Päivitetty 17.3.2016. Luettu 17.03.2016.
27. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, Rakennuksen lämmöneristys. Määräykset 2010. PDF-dokumentti. <http://www.ym.fi/fi->

fi/maankaytto\_ja\_rakentaminen/lainsaadanto\_ja\_ohjeet/rakentamismaarayskokoelma.  
Luettu 16.3.2016. 2008.

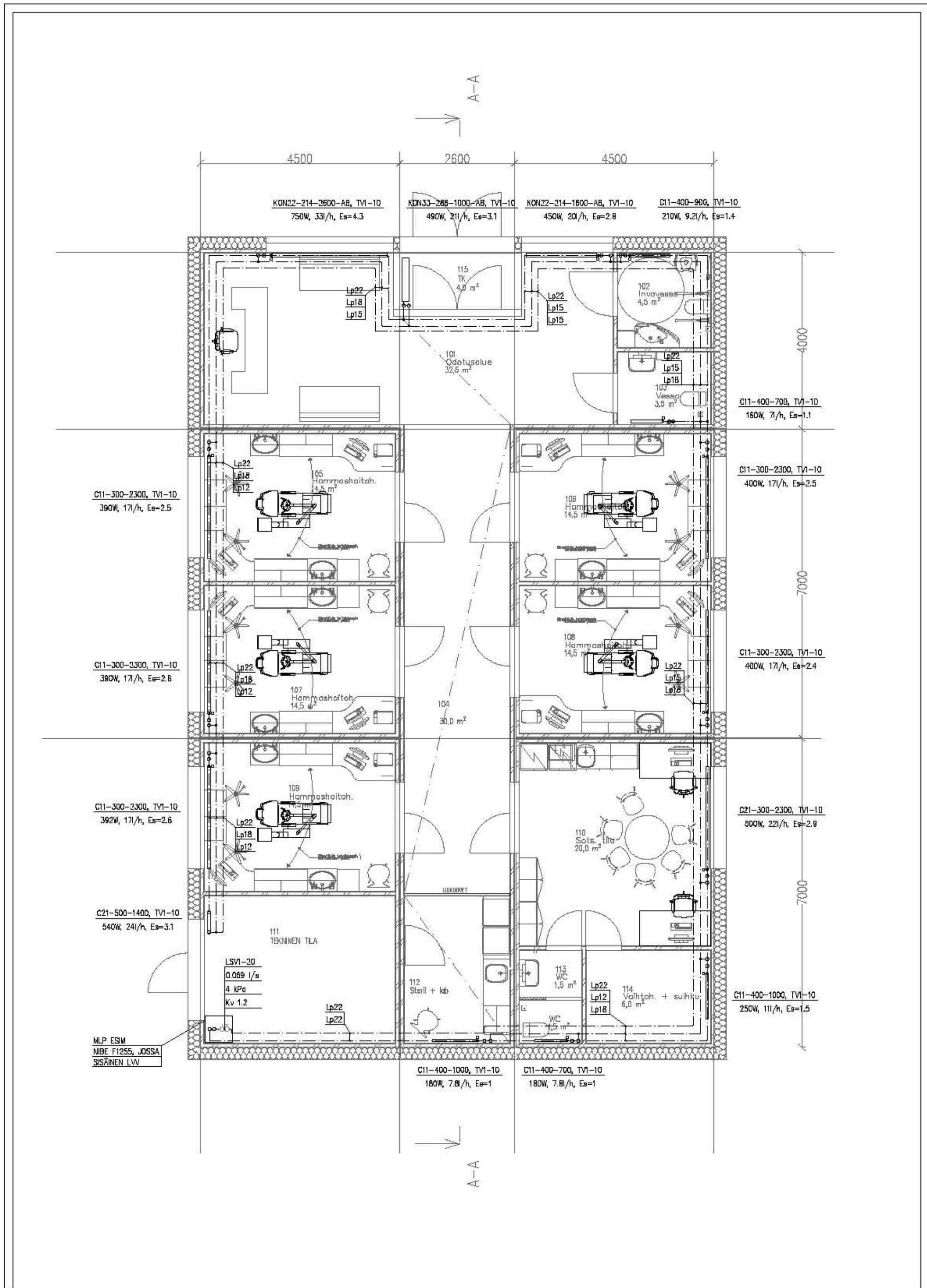
28. Kylmäkeskus Oy. Multisplit-järjestelmät. PDF-dokumentti.

[http://www.kylmakonekeskus.fi/pdf/PROS\\_38GLM\\_F3.pdf](http://www.kylmakonekeskus.fi/pdf/PROS_38GLM_F3.pdf). Luettu 16.3.2016.









## Sisäilmaluokituksen tavoitearvot /5/

**Taulukko 2.4.3. Ulkoilmavirtojen normaalin käyttötilanteen mitoitusarvot tiloissa, jotka täyttävät erittäin vähäpäästöisen rakennuksen kriteerit. Huonelämpötilan hallinta tai varautuminen muuntojoustoon saattavat edellyttää suurempia ilmavirtoja.**

Tila	Lattia-ala m <sup>2</sup> /hlö	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka/D2	
		dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö
Toimitila, normaali tilatehokkuus	12	16	1,5	13	1,5		1,5
Toimitila, suuri tilatehokkuus	8	14	2,0	11	1,5		1,5
Neuvotteluhuone	3	12	4,0	9	4,0	8	4,0
Taukotila, kahvio	1,5	11	7,0	8	5,0		5,0
Hotellihuone	10	15	1,5	12	1,0	10	1,0
Käytävä ja porrashuone			1		0,5		0,5
Hissikoulu			8		8		8
Luokkahuone	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Luentosali	1	11	10,5	8	7,5	6	6,0
Käytävä, aula koulussa	2	11	5,5	8	4,0		4,0
Aula	6	13	2,0	10	2,0		2,0
Päiväkoti	3	12	4,0	9	2,5	6	2,5
Päiväkodin märkäeteinen (poisto)			5		5		5
Ruokala ja kahvila	2	11	6...8	8	5...6	6	5,0
Kuumennus- ja jakelukeittiö <sup>1)</sup>			10		10		10
Valmistuskeittiö <sup>1)</sup>			15...40		15...40		15
Astianpesuhuone <sup>1)</sup>			12...20		10...15		
Liiketila <sup>1)</sup>	6	13	2,5	10	2,0		2,0
Näyttelytila			4		4		4
Kirjasto			3		2	8	2
Salit (konsertti, teatteri, elokuva, koulun sali)		10		8		8	
Lämpö			5		5	0	5
Kuntosali			6,0		6,0		6,0
Liikuntasali			5,5		4,0		4,0
Liikunta- ja uimahalli, urheilijat			2,5		2		2
Liikunta- ja uimahalli, katsojat		10		8		8	
Lääkäriasema			3...4		2...3		
Sairaala (ei koske erikoistiloja) <sup>2)</sup>			3...6		2...3		
Potilashuone		15	2,0	15	1,5	10	1,5
Leikkaussali <sup>1)</sup>			15...20		15...20		
Laboratorio <sup>1)</sup>			2...5		2...5		
Varasto, artkisto (poisto)			0,5		0,5		0,5
Kopiointi-, tulostushuone (poisto)			4		4		4
Työtilojen WC (poisto)		20		20		20	
Pesuhuone (poisto)			5		5		5
Pukuhuone			5		5		5
Löylyhuone			3		2		2
Siivoustila (poisto)			4		4		4
Jätehuone (poisto)			5...10		5...10		5

<sup>1)</sup> Prosessien aiheuttama ilmanvaihdon tarve tai yllämmön poistaminen tulee suunnitella tapauskohtaisesti.

<sup>2)</sup> Sairaalatilojen sisäilmaston suunnittelusta ja ilmavirroista on tietoja raportissa *Sairaala ilmanvaihdon suunnitteluohjeita (Ryynänen 2007)*.



**SmartClinics hanke**

**Moduulihammasklinikka**

**LVIÄ-TEKNIIKAN JÄRJESTELMÄKUVAUS**

<b>Asiakirja nro</b>	<b>LVI 0001</b>
Projekti n:o	K02134
Viimeisin muutos	5.4.2016
Laadittu	5.4.2016
Laatija	MVp
Tark./Hyv.	JV

**GRANLUND OY**

Matti Vepsäläinen

**SISÄLLYSLUETTELO**

1	RAKENNUS.....	1
2	LVIA-JÄRJESTELMÄT .....	1
2.1	Yleistä.....	1
2.2	Lämmitysjärjestelmät .....	1
2.3	Vesi ja viemärijärjestelmät .....	2
2.4	Ilmanvaihtojärjestelmät .....	2
2.5	Jäähdytysjärjestelmä.....	3
2.6	Paineilmajärjestelmä.....	3
2.7	Imujärjestelmä .....	3
2.8	Hammaslääkärituolien suodatettu kylmävesi .....	3
2.9	Rakennusautomaatiojärjestelmä .....	4

## 1 RAKENNUS

Rakennus on moduulirakenteinen tehdasolosuhteissa rakennettava ja paikalla moduuleista koottava yksikerroksinen rakennus, jonka bruttopinta-ala on 200 m<sup>2</sup>.

Tässä tapauksessa rakennuksen käyttötarkoitus on hammasklinikka jossa on seuraavat tilat:

Tilatyyppe	Määrä	pinta-ala
• tuulikaappi	1 kpl	4,0 m <sup>2</sup>
• odotustila	1 kpl	22,5,0 m <sup>2</sup>
• invaWC	1 kpl	4,5 m <sup>2</sup>
• WC	1 kpl	2,5 m <sup>2</sup>
• käytävä	1 kpl	20,0 m <sup>2</sup>
• hoituhuone	5 kpl	14,5 m <sup>2</sup>
• taukotila	1 kpl	20,0 m <sup>2</sup>
• WC-tila	1 kpl	3,0 m <sup>2</sup>
• pukuhuonetila	1 kpl	6,0 m <sup>2</sup>
• huoltohuone	1 kpl	14,5 m <sup>2</sup>
• tekninen tila	1 kpl	4,0 m <sup>2</sup>

LVIA-tekniiset ratkaisut on tässä järjestelmäkuvauksessa ratkaistu siitä lähtökohdasta, että rakennus toteutetaan moduuleissa jotka sisältävät käytävän ja sen molemmin puolin sijoittuvat huonetilat. Tämä modulointiratkaisu mahdollistaa sen, että pääosa tilojen LVIA-järjestelmistä voidaan asentaa ja testata valmiiksi tehtaalla ja kokonpanovaiheessa modulien tekniikat liitetään. Liitokset tapahtuvat käytävätilan alakatossa ja käytävän lattian alla (viemärit). Tällä ratkaisulla lyhennetään käyttöönottoa. Kiinteistö muodostaa yhden palo-osaston.

## 2 LVIA-JÄRJESTELMÄT

### 2.1 Yleistä

Toteutettavasta kohteesta laaditaan suunnitelmapiiirustukset rakentamista varten, ne täydennetään asennus- ja loppupiiirustuksiksi rakentamisen aikana.

### 2.2 Lämmitysjärjestelmä

Kiinteistön lämmönlähteenä on maalämpö. Lämpöpumppu asennetaan tekniseen tilaan.

Kiinteistö varustetaan patterilämmityksellä. Aulaan asennetaan konvektorit ja muihin tiloihin paneeliradiaattorit.

Putkimateriaalina käytetään Mapress-putkea, jossa sinkkipinta. Liitokset puristusliitoksiin.

Runkolinjat asennetaan ns. ulkoseinustalle, josta kytkentäjohdot alas pattereille. Verkosto toteutetaan käännetyn paluun periaatteella.

Kiinteistössä lämmitysjärjestelmä ovat tehdasasenteinen niin, että työmaalla suoritetaan putkistojen yhdistämiset modulien rajapinnoissa.

### 2.3 Vesi ja viemärijärjestelmät

Kiinteistö liitetään paikalliseen vesijohto- ja viemäriverkostoihin.

Kiinteistön päävesimittari sijoitetaan tekniseen tilaan ja varustetaan etäluenta ominaisuudella.

Kattovedet johdetaan ulkopuolisilla sadevesiputkilla.

Piiloon asennettavat vesijohdot tehdään komposiittiputkesta ja näkyvät vesijohdot kromatusta kuparista.

Viemärit muoviviemäriputkea.

Alkusammutuskalustona pikapaloposti.

Teknisen ulkotilan seinään asennetaan kasteluposti.

Kalusteet pääosin peruskalusteita saniteettiposliinista. Teknisissä yms tiloissa käytetään RST-altaita. Kalustevalinnoissa tulee huomioida tilan käyttötarkoitus.

Yleisön WC-tiloissa käytetään kosketusvapaita valokennohanoja.

Lattiakaivot RST-kansin.

Kiinteistön vesijärjestelmät ovat tehdasenteisia lukuunottamatta sitä, että modulien rajapinnoissa vesijohdot liitetään työmaalla.

Viemärijärjestelmän runkoviemäri käytävän alla tehdään työmaalla. Huonetilasta tulevat tehdasasenteiset viemärit liitetään runkoviemäriin työmaalla.

### 2.4 Ilmanvaihtojärjestelmät

Kiinteistö varustetaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla.

Ilmanvaihtokoneet on tulo-/ poistoilmakoje sekä WC yms tilojen erillispoistojärjestelmä.

Tulo-/ poistoilmakojella suoritetaan suodatus (EU7), lämmöntalteenotto, jälkilämmitys.

Tuloilmaventtiileinä käytetään pääosin vapaasti asennettavia hajottajia ja poistoilmaventtiileinä yhteiskanavaventtiilejä.

Laittevalinnoissa on huomioitava voimassa olevat määräykset ja suositukset.

Ilmanvaihtoa ohjataan valvontajärjestelmästä.

Teknisessä tilassa luonnollinen ilmanvaihto.

Ilmanvaihtojärjestelmät tehdään tehdasasenteisina lukuunottamatta modulien rajapintoja, joissa kanavaliitännät suoritetaan työmaalla.

Runkokanavisto asennetaan käytänä alakattoon, josta kytkentäkanavat huonetiloihin. Runkokanavisto toteutetaan kahdella(2) tuuloilmakanavalla ja yhdellä poistoilmakanavalla.

## **2.5 Jäähdytysjärjestelmä**

Kiinteistön jäähdytys toteutetaan split-järjestelmänä. Ulkoyksikkö sijoitetaan vesikatolle ja sisäyksiköt odotustilaan, hoituhuoneisiin, taukotilaan.

Split-järjestelmät voidaan toteuttaa modulikohtaisina, jolloin kylmäainetäytöt ja koeajot suoritetaan tehtaalla.

Sisäyksiköiden kondenssiviemärit johdetaan viemäröntirenkään kautta viemäripisteen vesilukkoon.

## **2.6 Paineilmajärjestelmä**

Paineilmakompressori sijoitetaan tekniseentilaan.

Runkojohto asennetaan käytävän alakattoon, josta kytkentäjohdot hoituhuoneisiin.

Putkimateriaalina kupariputki.

## **2.7 Imujärjestelmä**

Imuyksikkö sijoitetaan tekniseentilaan.

Imuputkiston materiaalina muovi.

Imuputkisto ja viemäriputkisto asennetaan eri korkoihin, joka mahdollistaa putkien risteilyn.

## **2.8 Hammaslääkärituolien suodatettu kylmävesi**

Hammaslääkärituolille tarvitaan suodatettu kylmävesi. Kylmävesiliitos voidaan haaroittaa hoituhuoneen pesualtaalle tulevasta kylmävesijohdosta.

Liitoksen jälkeen pesukoneventtiili ja suodatin (esim Cuno CT101)

Putkimateriaali kupariputkea, lukuunottamatta osuutta, jossa putki on asennettuna roiloon. Tällöin materiaalina muovi



## 2.9 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennuksen LVIS-tekniisten laitteiden toimintoja ohjaa, valvoo ja säätää rakennusautomaatiojärjestelmä.

Rakennusautomaatiojärjestelmän alakeskus sijoitetaan tekniseen-tilaan, josta se liitetään valvomoon. Alakeskukseen liitetään tarvittavat kiinteistön LVIS-laitteet.