

# RANUAN JÄÄHALLIN ILMANVAIHTO JA ENERGIATEHOKKUUS

Eetu Raappana

Jesse Maunu

Opinnäytetyö

Tekniikka ja liikenne

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Insinööri (AMK)

Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Eetu Raappana, Jesse Maunu	<b>Vuosi</b>	2016
<b>Ohjaaja</b>	Kai Ryyänen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Ranuan kunta		
<b>Työn nimi</b>	Ranuan jäähallin ilmanvaihto ja energiatehokkuus		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	39 + 11		

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä yleisesti jäähallien suunnitteluun, rakentamiseen ja energiatehokkuuteen. Tavoitteena oli löytää korjausratkaisu Ranuan jäähallin huonosti toimivaan ilmanvaihtojärjestelmään. Tarkoitus oli myös tutkia ja laskea, kuinka paljon halli tuottaa lauhde-energiaa ja millä investoinneilla se saataisiin hyödynnettyä parhaiten.

Työtä tehdessä konsultoitiin useaa eri tahoa, joilta saatiin paljon neuvoja ja asiantietoa. Ranuan jäähallissa lauhdelämmön hyödyntäminen on tällä hetkellä vähäistä, joten työssä tutkitaan sen kannattavuutta. Jäähallista muodostuvalla lauhdelämmöllä voitaisiin lämmittää hallin lämpimiä tiloja, sekä käyttövetä. Tämä tekisi hallista huomattavasti energiatehokkaamman, koska sähkölämmitystä ei tarvittaisi enää lainkaan. Nykyään energiatehokkuus on erittäin tärkeä osa rakentamista, joten lauhdelämmön hyödyntämistä voitaisiin tulevaisuudessa käyttää enemmänkin rakentamisessa.

Työssä esitetään korjausratkaisu ilmanvaihtojärjestelmään. Tämä muutосkorjaus on Suomen Tekojää Oy:n ammattilaisten suunnittelema. Työssä selvitettiin myös, kuinka paljon Ranuan jäähalli tuottaa lauhdelämpöä ja miten se kannattaisi hyödyntää, sekä tehtiin suunnitelma uusista laitteista ja niistä muodostuvista kustannuksista.

Avainsanat                      jäähalli, energiatehokkuus, lauhdelämpö, ilmanvaihto, kylmätekniikka

Technology, Communication and  
Transport  
Degree Programme in Civil  
Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Eetu Raappana, Jesse Maunu	<b>Year</b>	2016
<b>Supervisor</b>	Kai Ryyänen		
<b>Commissioned by</b>	Municipality of Ranua		
<b>Subject of thesis</b>	Air Conditioning and Energy Efficiency of Ranua's indoor ice rink		
<b>Number of pages</b>	39 + 11		

---

The main objective of this thesis was to orientate into planning, building and searching the solution for better energy efficiency of an indoor ice rinks. The objective was to find a solution for a major structural issue in municipality of Ranua's ice rink which is caused by its air conditioner. An intention was to search and calculate how much Ranua's ice rink produces condensation heat and which investments would give the best benefit.

While working on this project various different agencies were consulted who provided plenty of tips and advice. Ranua's ice rink is barely making use of the condensation heat at the moment so this thesis researched if making use of it would be worthwhile. The condensation heat which the rink is currently producing could be used for hot water and to warm heated rooms such as the locker rooms and the cafeteria. This would make the rink considerably more energy efficient because electric heating would be no longer needed. Currently energy efficiency is an extremely important part of the building. Exploiting the condensation heat could be used even more in the future.

This thesis introduced the solution to fix the problem regarding the ice rink's air conditioner. The solution was designed and implemented by the professionals from Suomen Tekojää Oy. In this thesis, it was also studied how much condensation heat the ice rink produced and how this heat should be utilized. Expenses were also calculated regarding new appliances which were needed.

**Key words** ice rink, energy efficiency, condensation heat,  
air condition, refrigeration

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 JÄÄHALLIT .....	8
2.1 Jäähallien suunnittelu ja rakentaminen .....	8
2.2 Jäähallin ilmanvaihto .....	9
2.3 Kosteustekniikka .....	10
2.4 Jäähallin energiatehokkuus .....	11
2.5 Jäähallien lauhde-energia ja sen hyötykäyttö .....	11
2.6 Jäähallin lämpö- ja laitetekniikka .....	13
2.7 Jäähallin energiankäyttö .....	14
2.8 Jäähallien ympäristövaikutukset .....	15
2.9 Jäähallin huolto ja kunnossapito .....	16
3 RANUAN JÄÄHALLI .....	18
4 RANUAN JÄÄHALLI ILMANVAIHTO .....	19
4.1 Ranuan ilmanvaihtojärjestelmän ongelma .....	19
4.2 Ongelman ratkaisu .....	21
5 RANUAN JÄÄHALLI LAUHDELÄMPÖ .....	23
5.1 Lauhdelämmön hyödyntäminen .....	23
5.2 Lauhdelämmön hyödyntämisen ratkaisu .....	24
5.3 Kylmätekniikan laitteisto .....	25
5.4 Lauhdelämmön hyödyntämisen laitteisto ja kytkennät .....	29
5.5 Lauhdelämmön hyödyntämisen kustannukset .....	32
6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	36
LÄHTEET .....	38
LIITTEET .....	40

## ALKUSANAT

Kiitämme opinnäytetyön aiheesta Ranuan kuntaa ja mukana olleita työntekijöitä. Lisäksi Suomen Tekojää Oy:n Jussi Keränen ansaitsee kiitosta asiantuntevista kommentteista ja avusta.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

LTO	lämmöntalteenottolaite, jonka avulla lämpöenergiaa otetaan talteen ja käytetään hyödyksi lämmityksessä
kylmäliuos	aineiden seos, joka on muodostettu jäätymisen estämiseksi, esimerkiksi etyleeniglykoli-vesi-seos
kylmäaine	nesteytetty kaasu, jota käytetään lämmönsiirtämisen väliaineena kylmäkoneissa
IV	ilmanvaihto
glykoli	liuos, joka on muodostettu jäätymisen estämiseksi
jäänhoitovesi	jääkentän huoltotoimenpiteisiin käytettävä vesi
kylmähalli	jäähalli, jonka lämpötila on käytön aikana koko ajan alle 0 °C
lauhdelämpö	jäähallin jäähdytyskoneiston käytön seurauksena syntyvä lämpöenergia

## 1 JOHDANTO

Valitsimme opinnäytetyön aiheeksi tutustua Ranuan jäähallin ilmanvaihtojärjestelmään ja energiatehokkuuteen. Kiinnostuimme aiheesta, koska laitteiden ja rakennusten energiatehokkuus korostuu rakentamisessa koko ajan enemmän. Siitä voi siis olla hyötyä alallamme tulevaisuudessa. Perehdymme työssämme erityisesti Ranuan jäähallin ilmanvaihtojärjestelmässä ilmenneeseen ongelmaan, sekä tutkimme voiko kylmäkoneista muodostuvaa lauhde-energiaa hyödyntää jollakin keinolla lämmitykseen. Lauhdelämmön riittävällä hyödyntämisellä jäähallista voitaisiin saada huomattavasti energiatehokkaampi. Tarkastelemme työssämme myös yleisesti jäähallien suunnittelua, rakentamista ja niiden toimintaa.

Ensimmäisessä palaverissa Ranualla selvisi, että kyseisen jäähallin ilmanvaihtojärjestelmä ei toimi niin kuin pitäisi. Ilmeisesti ilmanvaihtojärjestelmää suunniteltaessa oli tapahtunut virhe, jossa Ranua ja Rauma olivat menneet sekaisin. Järjestelmä oli siis suunniteltu paljon eteläisempiin olosuhteisiin, mitä Ranuan olosuhteet ovat. Pakkaset ja lumen määrä ovat iso vaikuttava tekijä suunnittelussa. Kävi myös ilmi, ettei suunnittelussa ole otettu huomioon, että halli on ns. kylmähalli, eli sen sisälämpötila on koko ajan pakkasen puolella. Ranuan jäähallin sisälämpötila on siis koko ajan noin -4°C. Ainoastaan pukuhuoneet ja kahvio ovat sähkölämmitteiset lämpimät tilat.

Tutkimme siis työssämme näiden alkutietojen mukaan voisiko hallista saada energiatehokkaamman ja miten tämä onnistuisi käytännössä. Tämän selvittääksemme tulee tietää paljonko halli tuottaa hukkaan menevää lauhdelämpöä vuoden aikana ja olisiko sitä niin paljon, että se voitaisiin esimerkiksi kaukolämpöverkon avulla hyödyntää muihinkin lähirakennuksiin.

## 2 JÄÄHALLIT

### 2.1 Jäähallien suunnittelu ja rakentaminen

Jäähallin suunnittelu ja rakentaminen on useiden eri toimialojen yhteistyön tulos. Jäähalli on iso rakennushanke sekä teknisesti, että taloudellisesti. Suunnittelussa jäähallin sijainnin valitseminen on erityisen tärkeää. Jäähalli tulee aina rakentaa sellaiselle paikalle, mikä palvelee käyttäjäkuntaa parhaiten ja missä sen tavoitettavuus on hyvä. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 81.) Esimerkiksi kuvion 1 Kankaanpäässä sijaitseva halli on ihanteellinen paikka jäähallille, koska se on koulujen lähellä, sekä kaikki urheilukeskukset sijaitsevat sen läheisyydessä. Tällöisessä tapauksessa lauhdelämmön hyödyntäminen muihin rakennuksiin, esimerkiksi uimahalliin olisi mahdollista ja järkevää toteuttaa.



Kuvio 1. Kankaanpään jäähallin sijainti (Suomen Jääkiekkoliitto 2012, 2)

Paikan valitsemiseen vaikuttaa myös hallin käyttöön liittyvät asiat, eli onko halli ympärivuotisessa vai osavuotisessa käytössä. Myös aluekohtaiset erot tulee huomioida varsinkin pohjoisessa Suomessa. Paikan tulisi olla mahdollisimman kuiva sekä routimaton. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 81.)

Jäähallin rakentaminen ei ole täysin tavallista rakentamista, koska rakentamishankkeessa on otettava huomioon useita poikkeavia seikkoja. Siksi



jäähallin rakentamista voidaankin kutsua erikoisrakentamiseksi. Työn tilaaja voi vaikuttaa kuluihin eniten tilojen suunnitteluvaiheessa ja tehdessään päätöksiä hankinnoista. Vanha teknologia kuluttaa energiaa uuteen verrattuna jopa kaksi kertaa enemmän. (Lehto & Luoma 2005, 73.)

Suunnittelussa olisi löydettävä energiatehokkaita kokonaisratkaisuja, joissa hyödynnetään monipuolisesti lämmön talteenottoa ja tarvittaessa varastoidaan sekä kierrätetään energiaa. Huolellisen ja täsmällisen suunnittelun avulla ennakoidaan tulevaisuuden käyttäjien tarpeita ja hallitaan rakennuksen käyttö- ja ylläpitokustannuksia pitkällä tähtäimellä. Jäähallia rakennettaessa ja suunniteltaessa on siis tarkoitus löytää käytännöllisimmät ja tarkoituksenmukaisimmat ratkaisut tiloja, rakennetta ja laitteita ajatellen.

Jäähallia suunnitellessa täytyy myös ottaa huomioon, että tilaa voidaan käyttää muihinkin tarkoituksiin kuin urheilukäyttöön, kuten esimerkiksi konsertteihin ja messuihin. Halliin tulee mitoittaa toimivimmat laitetekniset ratkaisut. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 6.)

## 2.2 Jäähallin ilmanvaihto

Jäähallin ilmanvaihtoa suunnitellessa tulee ottaa huomioon aina hallin kokonaisuus, siten että hallin jokainen tila saavuttaa kaikissa käyttötilanteissa terveellisen ja viihtyisän sisäilman. Kokonaisuuteen kuuluvat hallin koko, lämpötila, jossa halli halutaan pitää, sekä hallin käyttäjien määrä. Tärkeimpiä kriteerejä jäähallin ilmalle ovat miellyttävä sisäilma, oikea jäänlaatu sekä se, että pyritään välttämään kondenssin muodostumista kuivainten avulla. Hallin toimiva ilmanvaihto takaa hyvät kenttäolosuhteet, terveellisen sisäilman sekä laitteiden ja rakenteiden kestävyys. (D2) Väärin mitoitettu ilmanvaihto ei toimi hallissa kunnolla ja sisäilman laatu kärsii. Jäähallien ilmanvaihto mitoitetaan tapauskohtaisesti jäähallin suurimman sallitun henkilömäärän mukaan. Energiatehokkuuden kannalta tilakohtainen ilmanvaihdon säätäminen ja ohjaus on suositeltavaa. Usein lämpimät tilat ja puolilämpimät tilat jaetaan eri ilmanvaihtotiloiksi. Tällöin eri ilmanvaihtokoneet hoitavat omat tilansa. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 9.)

Ilman kuivaustarvetta esiintyy etenkin ulkoilman ollessa lämmintä, koska ilman kosteussisältö on silloin korkea. Kuivauksessa yleisimpiä menetelmiä ovat jäähdytyskuivaus ja sorptiokuivaus. Jäähdytyskuivausta voidaan toteuttaa radan jäähdytysjärjestelmästä saatavalla jäähdytysenergialla tai käyttämällä erillistä lämpöpumppukuivainta. Kuivausjärjestelmä voi olla hallin ilmastointijärjestelmään liitetty tai kokonaan erillinen laitteisto. (Jäähallit ja tekojääkentät 1999, 117.) Jäähallin ilmanvaihdon ja ilmankuivauksen ylläpito kuluttaa sähköenergiaa. Jäähallin kokonaisenergian kulutuksesta tämä on kuitenkin varsin pieni osuus. Tähänkin energiankulutukseen voidaan vaikuttaa oikeilla laitevalinnoilla ja säädöillä. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 9.)

### 2.3 Kosteustekniikka

Jäähallin kosteustekniikkaa suunnitellessa tulee olla tarkka hallin rakenteista, eristyksestä ja niiden ilmanpitävyydestä. Jäähallissa tulee kiinnittää erityistä huomiota myös rakenteiden saumoihin ja liitoskohtiin. Höyrinsulun tulisi olla erityisen tiivis, jotta saadaan täysin ilmanpitävä kerros. Toimivalla ilmanvaihdolla on keskeinen merkitys, jotta kosteuspitoisuus saadaan pidettyä riittävän alhaisena. Pukuhuoneiden ja peseytymistilojen riittävä kuivatus on tärkeää, ettei kosteutta pääse muodostumaan. Hallin kosteuden poistuminen kokonaisuudessaan tulisi olla suurempaa kuin kosteuden kertyminen. Kosteudenhallinta hallissa on sitä tehokkaampaa, mitä ilmanpitävämpi koko hallin vaippa on. (Jäähallit ja tekojääkentät 1999, 93–94.)

Kosteutta muodostuu jäähalleissa useilla eri tavoilla, kuten jäästä, jäähoidossa käytettävästä vedestä, ilmanvaihdon kautta ulkoa tulevasta tuloilmasta, sekä myös hallissa olevista käyttäjistä. Väärin mitoitettu ilmanvaihto aiheuttaa ylimääräistä kosteutta hallin sisällä. Kosteuden muodostumista tulee pyrkiä välttämään, koska kosteuden kondensoituessa jäähän tuleva kosteus heikentää jään laatua huomattavasti. Kosteus voi myös tiivistyä rakenteiden pinnoille ja sitä kautta myös rakenteiden sisälle, mikä aiheuttaa rakenneaurioita kuten kosteus- ja homeaurioita. Kosteusvauriolla tarkoitetaan rakenteen tai pinnan liian korkeaa

kosteuspitoisuutta. Homevauriolla tarkoitetaan materiaalin tai pinnan kohonnutta mikrobipitoisuutta. (Jäähallit ja tekojäähallit 1999, 117–118.)

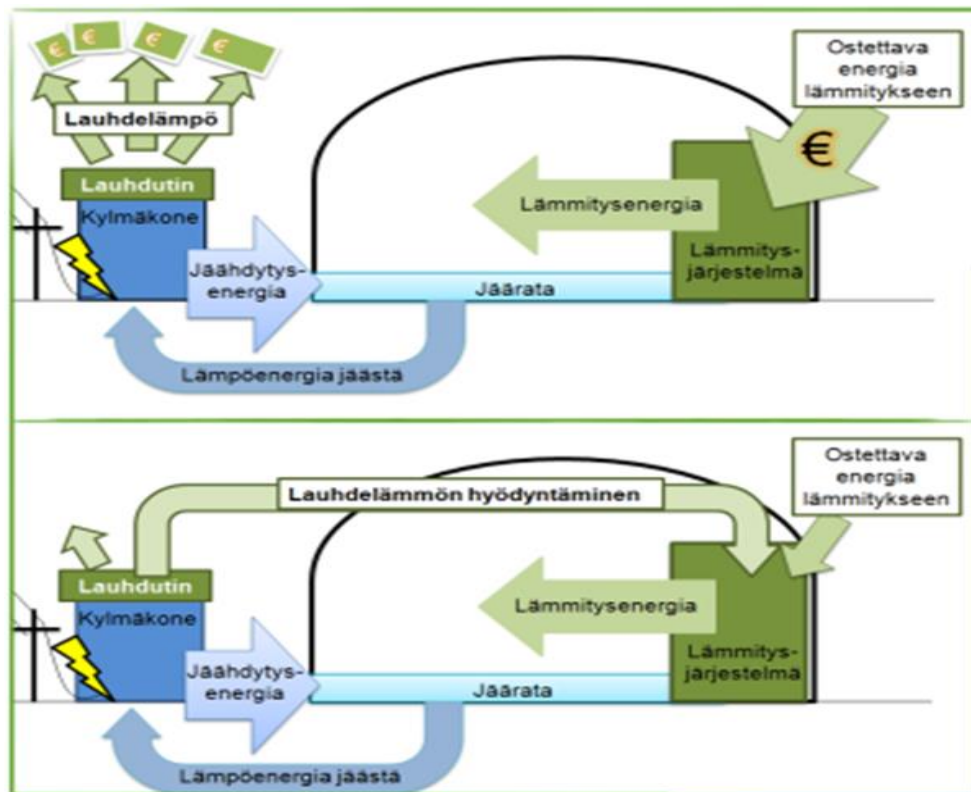
## 2.4 Jäähallin energiatehokkuus

Energiatehokkuutta voidaan mitata jäähallin energiankäytön hyötysuhteella ulkoa ostettuun energiaan. Eli mitä energiatehokkaampi rakennus on, sitä pienemmällä energiamäärällä rakennus pystyy suorittamaan tavanomaiset toiminnot. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 43.)

Jäähallit pyritään tekemään mahdollisimman energiatehokkaiksi, koska tällöin lämpö, sähkö ja käyttöveden määrä saadaan optimoitua mahdollisimman vähäiseksi. Tämä tarkoittaa sitä, että energiatehokkailla ratkaisulla yritetään pienentää ostettavan energian määrää. Jäähallin energiatehokkuutta voidaan parantaa laitteistojen oikeilla valinnoilla, sekä uusilla teknisillä muutoksilla. Myös kiinteistön tehokas käyttö ajallisesti parantaa hallin energiatehokkuutta. Esimerkiksi öiden ajaksi jäähallin lämpimien tilojen lämpötilaa voidaan laskea ja valaistus katkaistaan. Eli jos jäähallin käyttövuorot ovat järjestetty päivittäin tiiviiksi, energiaa ei kuluteta turhaan kun hallia ei käytetä. Jäähalleille asetetaan tavoitearvoja ilman laadun, ilman kosteuden, lämpötilan ja jopa valaistuksen mukaan, mihin on päästävä. Energiatehokas jäähalli toteuttaa kaikki edellä mainitut arvot mahdollisimman vähäisellä ostoenergialla. (Rantala 2015, 15.)

## 2.5 Jäähallien lauhde-energia ja sen hyötykäyttö

Vielä 1990-luvulla jäähallit käyttivät hyvin vähän hyödyksi jääkoneiden sivutuotteena syntyvää lauhdelämpöä, vaikka sillä voisi säästää huomattavasti lämmityskuluissa. Yleensä jäähallit lämmitettiin ulkoa ostetulla lämmitysenergialla, esimerkiksi sähköllä. Lauhdelämmön hyödyntäminen on yleistynyt varsinkin uusissa jäähallirakennuksissa, mutta vielä nykyäänkin hyvin harva jäähalli hyödyntää kaiken mahdollisen lauhdelämmön. Sen hyväksikäyttöä ei tunneta yleisesti erityisen hyvin, mutta aihe on koko ajan kovassa nousussa. (Jäähallin lauhde-energia ja sen hyväksikäyttö 1984, 1.)



Kuvio 2. Lauhdelämmön hyödyntämisen periaate (Rantala 2015, 33)

Lauhde-energiaa muodostuu jään tekoon ja sen ylläpitoon vaadittavan kylmäprosessin seurauksena. Tätä energiaa voidaan käytännössä pitää ilmaisenergiana ja tällä voidaan vähentää lämmitykseen ostettavaa energiaa (kuvio 2). Lauhde-energiaa voidaan käyttää hyödyksi pääsääntöisesti kolmella eri tavalla: huonetilojen, esimerkiksi pukuhuoneiden lämmitykseen, lämpimän käyttöveden lämmitykseen, sekä ilmanvaihtoon. Lauhde-energiaa voidaan myös hyödyntää muihin lähellä oleviin rakennuksiin, esimerkiksi liikuntahalleihin tai uimahalleihin kaukolämpöverkkoa hyödyntäen. Tämä edellyttää, että ne sijaitsevat jäähallin läheisyydessä. Tämän takia on hyvä, että useat eri liikuntahallit rakennetaan lähelle toisiaan. Tämä tarkoittaisi sitä, että kaukolämpöverkossa lämpöä siirretään verkossa kiertävän kuumen veden avulla, joka sitten voidaan hyödyntää tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen, sekä kaikkiin muihin lämmitystarpeisiin. (Jäähallin lauhde-energia ja sen hyväksikäyttö 1984, 7.)

Nykyaikaiset lämmönvaihdinlaitteet ovat niin kehittyneitä, että niillä voidaan hyödyntää kylmälaitteiden lauhdelämpöä erittäin helposti. Jos lauhdelämpöä päätetäänkin hyödyntää, se vaatii tarkan suunnittelun ja kustannusarvion

tekemisen, koska investoinnin kannattavuudesta on tehtävä selvitys laskelmilla. Laskelmilla pyritään selvittämään investointien takaisinmaksuaikaa. Jos lauhdelämpöä hyödynnetään käyttöön riittävän tehokkaasti, sillä saavutettaisiin kunnalle huomattavaa energiansäästöä. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 2, 6, 45.)

## 2.6 Jäähallin lämpö- ja laitetekniikka

Jäähallin lämpötekniinen suunnittelu sisältää kylmäkoneiston, lämmitysjärjestelmän, ilmanvaihto- ja kuivatuslaitteiston sekä valaistuksen suunnittelun. Näillä kaikilla on vaikutusta jäähallin energiatehokkuuteen. Tavoitteena on aina, että jokainen laite suunnitellaan niille määriteltujen tavoitteiden mukaan. Kun suunnittelu on tehty, valitaan laitteisto ja laitteiden toimittaja energiatehokkuutta silmällä pitäen. Jäähallin laiteteknisen kokonaishallinnan ja energiatalouden parantamiseksi kannattaa valita avoin automaatiojärjestelmä, jolloin laitteet voidaan yhdistää yhdeksi järjestelmäratkaisuksi. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 53–54.)

Jäähallin automaatiojärjestelmä muodostuu monenlaisista säätö-, ohjaus-, valvonta- ja hälytystoiminnoista. Laittejärjestelmiä voidaan käyttää säätö- ja ohjausyksiköillä jäähallin toimintojen asettamien tarpeiden mukaan. Tämän takia jo suunnittelussa tulee kiinnittää tarkasti huomiota asetusarvoihin eri käyttötilanteissa. Toimivilla valvontayksiköillä voidaan tarkastella rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisiä käyttäytymisiä sekä hallin energian kulutusta. Hälytystoiminnot kertovat nopeasti mahdollisista järjestelmän häiriöistä ja rikkoutumisista. Tämän vuoksi olisi hyvä suunnitella myös selkeät ohjeet käyttäjille eri häiriötilanteissa. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 53–54.)

Jäähallin kylmälaitteisto on tärkein osa hallin laitteistoissa. Se sisältää kylmäkoneiston, siirtoputkiston, rata-alueiden putkiston, sekä tarvittavat apulaitteet. Jäähallin kylmäkoneistoon kuuluu aina vähintään kaksi kompressoria, jotka ovat rinnakkain kytkettyinä. Tämä tuo käyttövarmuutta ja mahdollistaa tehohuippujen tasaamisen molemmille kompressoreille. Koska

kylmäkoneisto on yksi jäähallin suurimpia energiankuluttajia, tulee kompressoreiden valintaan kiinnittää huomiota. Yleisesti jäähallissa käytetään joko mäntäkompressoreita tai ruuvikompressoreita. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 53–54.)

Kylmälaitteisto tuottaa lauhde-energiaa huomattavasti. Energiateknisen suunnittelun lähtökohtana tulisi hyödyntää lauhde-energiaa mahdollisimman paljon. Useimmissa jäähalleissa lauhde-energiaa muodostuu enemmän kuin hallissa tarvitaan lämmitysenergiaa. Tämän vuoksi energiaa voidaan hyödyntää hallin lämpimien tilojen käyttöön. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 53–54.)

## 2.7 Jäähallin energiankäyttö

Hyvä energiankäytön suunnittelu tähtää mahdollisimman hyvään energia-talouteen rakenne- ja laiteteknisten ratkaisujen muodostaman kokonaisuuden avulla. Energiankäytölle laaditaan suunnitelma jäähallin energiamuotojen ja lämmitysjärjestelmän valinnan kannalta. Sen avulla voidaan tehdä myös tarkastelua erilaisista tarpeista, kuten rakennuksen ilmanvaihdesta ja vaipan lämpöhäviöistä vuoden aikana. Myös lämpimän veden lämmitysenergiaa pystytään tarkastelemaan sitä kautta. Jäähallit kuluttavat huomattavasti energiaa vuoden aikana. Energiankulutuksen kannalta merkittävimpiä ovat jäähallin erilaiset toiminnot, kuten jään tekeminen ja sen ylläpitäminen. Jäähallit on suunniteltava energiatehokkaiksi rakenteiden ja koneiden osalta, koska energiaa kuluu paljon jäähallin ylläpitoon. Tämä on tärkeää, koska etenkin tulevaisuudessa energian hinta tulee todennäköisesti nousemaan kuten tähänkin asti. Yleensä koneiden ja laitteiden tekninen käyttöikä on noin 10–20 vuotta. Sen aikana laitetekniikka ehtii kehittyä huomattavasti eteenpäin. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 43.)

Suomessa harjoitusjäähallien keskimääräiset kustannukset energiankäytön osalta ovat noin 2000–9000 euroa kuukaudessa. Kohtalaisen suuret erot kuukausihinnan osalta johtuvat päivittäisestä käyttöasteesta, energian hinnasta, hallin sekä jään lämpötilasta, hallin kylmäkoneista, sisäilman

kosteusolosuhteista, lauhdelämmön hyödyntämisestä, käytön osaamisesta ja vaipparakenteiden ominaisuuksista. (SP Elementit, Jäähallin rakentaminen)

Vaipparakenteilla on huomattava osuus jäähallin energiankulutukseen. Vaipparakenne on eristävä rakennekerros, joka erottaa ulkoilman sisäilmasta. Vaipan tehtävänä on tehdä rakenne tiiviiksi ja vähentää lämpösäteilyn heijastusta, eikä pelkästään eristää lämpöä. Vaipan on oltava tiivis, koska sen läpi hallitsemattomasti kulkeva ulkoilma joudutaan joko lämmittämään tai jäähdyttämään lämpötilasta riippuen. Lämpimän kauden aikana ulkoilman sisältämä liiallinen vesihöyry joudutaan kuivaamaan aina koneellisesti ja tämä kuluttaa ylimääräistä energiaa. Lämpösäteily taas tapahtuu hallin vaipan sisäpinnan ja jään välillä. Pintojen välisten lämpötilaerojen tulisi olla mahdollisimman pieni, ettei säteilyä tapahtuisi niin paljon. Eristyksen taso ja pinnan ominaisuudet vaikuttavat siis merkittävästi vaipan pintalämpötilaan. (Liljeström & Salonen 2010, 8.)

Jäähallien suurin yksittäinen energiankuluttaja on kylmäkoneisto, joka pitää jääradan riittävän kylmänä. Kaikilla kylmäkoneilla on samalainen toimintaperiaate. Esimerkkinä jääkaappi, joka jäähdyttää jääkapin sisätilaa siirtämällä lämpöä jääkaapista huonetilaan. Jäähallin kylmäkoneisto puolestaan siirtää lämpöä pois jääradasta. Tämän seurauksena syntyy lauhdelämpöä jäädästä pois siirretyn lämpöenergian ja kompressorin käyttämän sähköenergian suuruinen määrä. Syntyneen lauhdelämmön tehokas hyödyntäminen onkin erittäin oleellinen osa jäähallin energiatehokkuutta. Lauhdelämmön hyödyntämistä rajoittaa kuitenkin hiukan sen matala lämpötila, mutta sitä voidaan kuitenkin hyödyntää esimerkiksi routasuojausliuoksen lämmittämiseen, hallin lämpimien tilojen lämmitykseen, ilmanvaihdon lämmitykseen, sekä jäädytysveden tekoon. (Liljeström & Salonen 2010, 5.)

## 2.8 Jäähallien ympäristövaikutukset

Jäähallin suunnitteluratkaisulla pystytään vaikuttamaan suuresti jäähallien ympäristövaikutuksiin. Hallin sijainti on siis hyvä olla mahdollisimman keskeisellä paikalla ja hyvien liikenneyhteyksien varrella, jotta matka sinne olisi

mahdollisimman lyhyt ja helppokulkuinen. Ympäristön kannalta olisi myös suositeltavaa käyttää rakennusmateriaalina uusiutuvia energialähteitä, kuten esimerkiksi puuta. Jäähallien kylmäkoneistojen tuottama lauhdelämpö on hyvä ottaa hyötykäyttöön hallin lämmityksessä. Tällä voidaan pienentää sähkönkulutusta lämmityksessä huomattavasti. (Saari, Sekki & Sinivuori 2007, 41–43.)

Jäähallin tilojen ja laitteiden mitoitus on tehtävä niin, että käyntiajat ovat tarpeen mukaisia. Ilmanvaihtoon on otettava korkean hyötysuhteen omaava lämmön talteenotto. Jäähalli sisältää paljon valaistusta ja myös tähän on saatavissa energian säästöä. Hallin valaistus kannattaisi päivittää nykytekniikkaan eli energiansäästölamppuihin tai LED-valoihin ja laittaa niille mahdollinen ohjaus käyttötarpeiden mukaan. Suomen jääkiekkoliiton tekemän selvityksen mukaan kyseisellä toimenpiteellä on saatu säästöjä energiankulutuksessa. Energiansäästölamput sopivat erityisesti paikkoihin, joita valaistaan pitkäjaksoisesti. (Energiakolmio 2015.) Kentän jäädytysveden lämpötilan pudottamisella olisi myös isoja taloudellisia vaikutuksia pitkällä tähtäimellä, koska lämmin käyttövesi on noin kolme kertaa kalliimpaa kuin kylmä vesi. Lämpimien tilojen lämpötilaan voitaisiin harkita 1 lämpöasteen pienentäminen, koska silloin saavutetaan 5 % säästö lämmityskuluissa. Järjestelmällinen jäähallin jätehuolto ja käytetyn materiaalin kierrätys vaikuttavat myös ympäristövaikutuksiin. Pysäköintialueiden ja hallialueen puhtaanapito kuuluu hyvään ympäristöohjelmaan. (Lehto & Luoma 2005, 73.)

## 2.9 Jäähallin huolto ja kunnossapito

Jäähallin huollon ja kunnossapidon tavoitteena on tarjota mahdollisimman laadukkaat ja viihtyisät tilat käyttäjilleen. Näillä toimilla liikuntapaikka säilyttää tarkoituksenmukaisuutensa koko sen elinkaaren ajan. Jäähallin hoidon ja kunnossapidon kannalta tärkeimpiä tekijöitä on osaava henkilökunta. Henkilökunta vastaa hallin käytöstä sekä hallin hoitamisesta. Näillä hoito- ja huoltotoimilla voidaan pidentää hallin käyttöikää sekä hallissa olevien laitteiden käyttöikää. Tyypillisimpinä laiteteknisinä korjauksina joudutaan usein uusimaan kylmäkoneisto, ilmanvaihtolaitteisto ja lauhdelämmön talteenotto. Jäähalleihin



olisi hyvä tehdä aina kausittainen hoitosuunnitelmaa riippuen kauden käytöstä sekä budjetista. (Jäähallit ja tekojääkentät 1999, 154–155.)

### 3 RANUAN JÄÄHALLI

Ranuan jäähalli on otettu käyttöön vuonna 1999 ja tämän jälkeen halliin on jouduttu tekemään lukuisia korjauksia suunnitteluvirheiden takia. Hallin kattoa on jouduttu muun muassa vahvistamaan, koska se on painunut lumikuormasta johtuen. Tämän vuoksi etenkin pohjoiseen Suomeen suunniteltavissa halleissa tulee huomioida suuret lumikuormat ja kylmä ilma. Myöskään Ranuan jäähallin laitetekniset valinnat eivät ole onnistuneet, koska ilmanvaihto ei toimi kuten on toivottu. Ylimääräiset korjauskustannukset tulevat kunnalle erittäin kalliiksi, joten olisi tärkeää, että suunnittelu ja rakentaminen tehdään alusta alkaen huolellisesti.

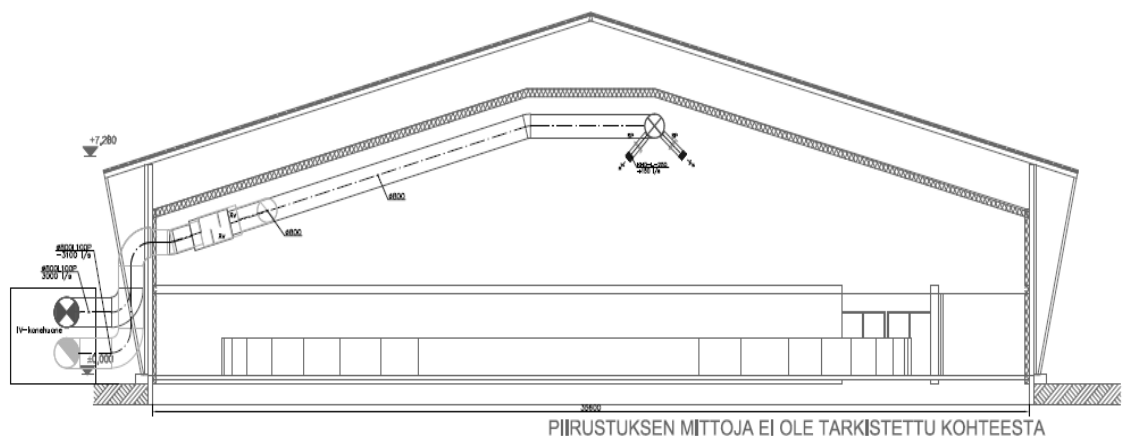
Ranuan jäähalli on suunniteltu ja tehty ns. harjoitushalliksi. Halli on kylmä pukuhuoneita ja kahviota lukuun ottamatta. Halli on suunniteltu niin, että ensimmäisessä kerroksessa on pukuhuoneet ja toisessa kerroksessa pukuhuoneiden päällä kahviotila. Liitteestä 1 näkyy ensimmäisen kerroksen pohjapiirustus ja pukuhuoneiden sijainti. Liitteessä 1 näkyy myös hallin pinta-alat, perustiedot sekä seinien ja katon elementtikaavio. Pelaajille on siis tehty lämpimät tilat varusteiden vaihtoon ja peseytymiseen. Katsomo on suunniteltu kävijämäärien mukaisesti eli Ranuan jäähallissa noin 200 henkilön mukaan. Katsomon alla on hyvät säilytysvarastot esimerkiksi koululaisten urheiluvälineille. Halli on käytössä vain syksystä kevääseen. Tältä osin suunnittelu on selvästi onnistuttu tekemään käyttäjien tarpeiden mukaan, vaikka puutteita löytyykin rakenteiden ja laitteiden puolesta.

Jäähallin sijainti on keskeisessä osassa suunnittelua toteutettaessa, koska Etelä- ja Pohjois-Suomen lämpötilaerot ulkona voivat olla kohtalaisen suuret. Tutkittu halli sijaitsee Ranualla eli ilmanvaihtoa suunnitellessa tulisi ottaa huomioon kylmä ilma talvella. Ranuan jäähalli on kylmähalli, joten tärkeintä on pitää halli tasaisesti sopivassa lämpötilassa eli  $-4^{\circ}\text{C}$  asteessa. Ranuan jäähallissa on automaatioilmanvaihtojärjestelmä. Liitteessä 2 on ilmanvaihtokoneen käyttäjän manuaali, jossa on kuva prosessista, sekä automaatiojärjestelmän yleiset tiedot.

## 4 RANUAN JÄÄHALLI ILMANVAIHTO

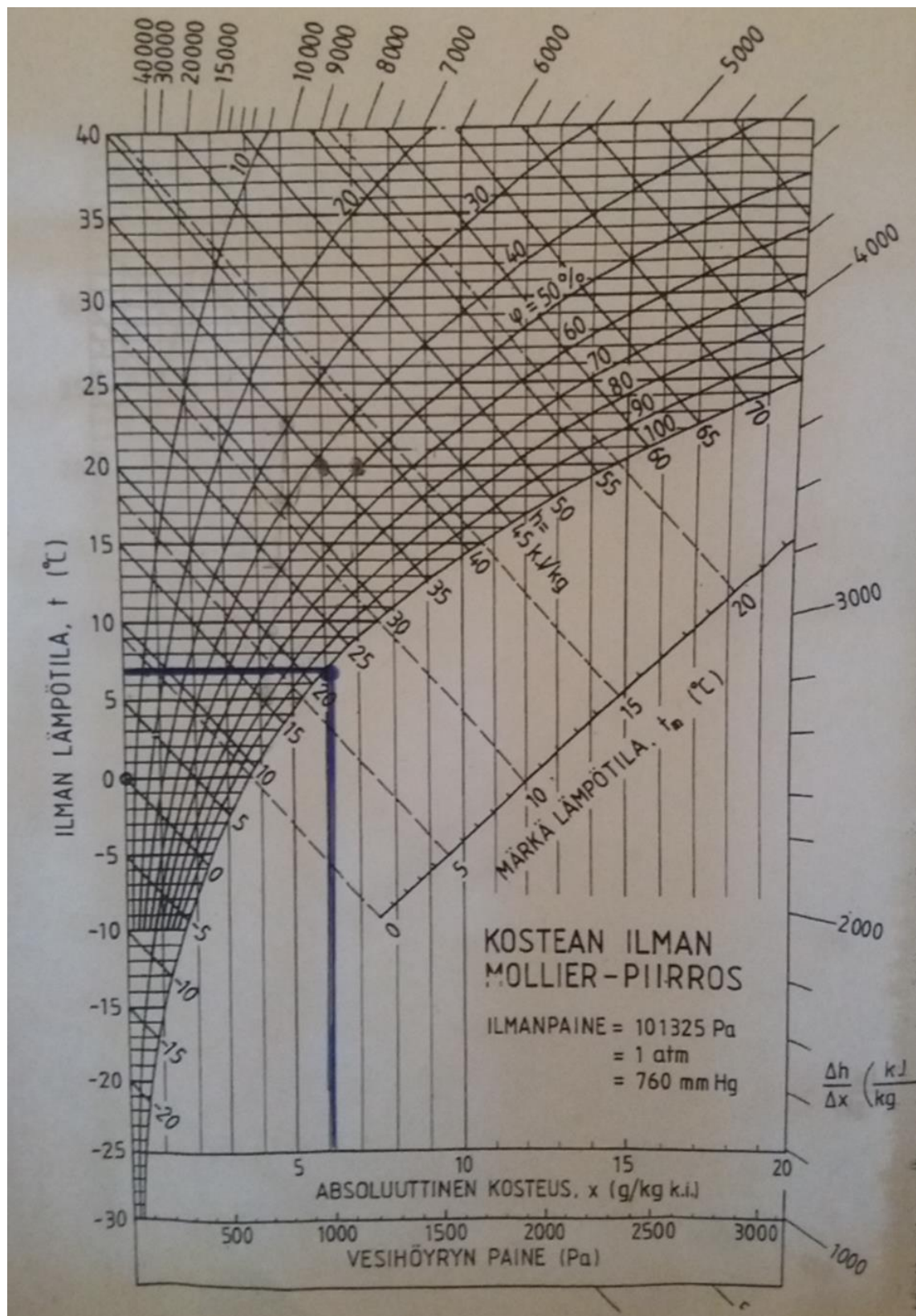
### 4.1 Ranuan ilmanvaihtojärjestelmän ongelma

Ranuan jäähallissa on Suomen Tekojää Oy:n suunnittelema ja toteuttama ilmanvaihtojärjestelmä. Kuviosta 3 näkee, miten ulos on rakennettu oma kontti IV-laitteistolle, sekä kuvasta näkee myös, miten kanavisto kulkee hallin katossa. Liitteessä 3 on valokuvia hallin IV-kanavistosta, kontissa olevista laitteista, sekä konekortti. Vaikka laitteisto on vasta asennettu vuonna 2015, on siinä ilmennyt jo ongelmia. Laitteiston ongelmana on ollut että LTO-kenno huurtuu ja sitä ei saada sulatettua, koska hallin ilma ja ulkoilma ovat pakkasen puolella. Eli käytännössä laitteisto on suunniteltu lämpimälle jäähallille.



Kuvio 3. Ranuan ilmanvaihtokanavisto (Ranuan jäähalli)

Koska ongelmana on huurtuminen, täytyy tilannetta lähteä tarkastelemaan joko laitteistojen toiminta-arvoja muuttamalla, tai tekemällä järjestelmään tarvittavia muutoksia jotka lämmittävät kennoa. Huurtuminen on fysikaalinen ilmiö, joka syntyy kun kennon läheisyydessä oleva ilma jäähtyy kastepisteen alapuolelle. Silloin vesihöyry tiivistyy vedeksi kennon pintaan. Kylmissä olosuhteissa tiivistynyt vesi jäätyy ja järjestelmä ei toimi oikein.

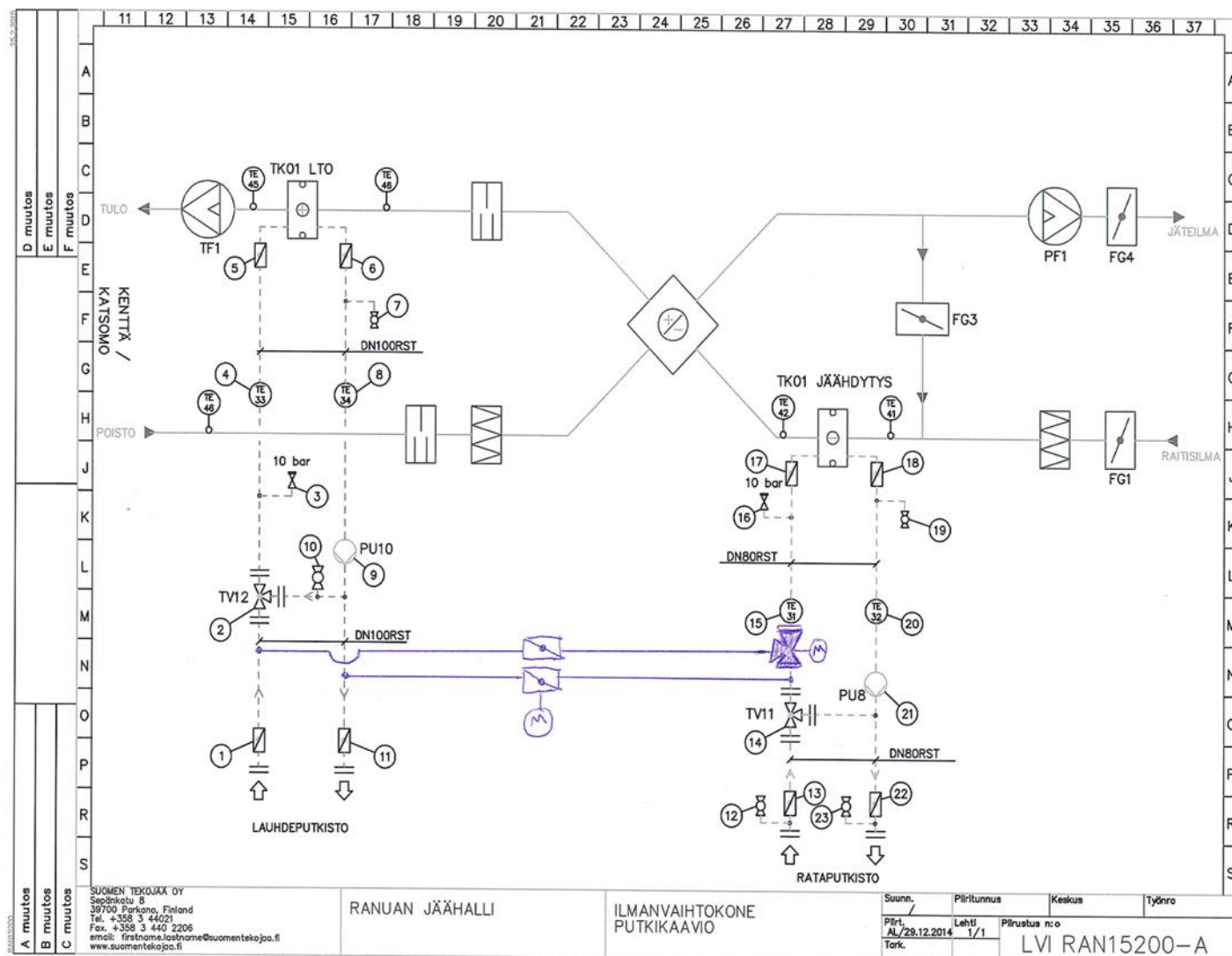


Kuvio 4. Ranuan jäähallin kastepiste (Maunu 2016)

## 4.2 Ongelman ratkaisu

Ongelma voidaan ratkaista esimerkiksi ohittamalla jäätymisenestohälytykset, sekä käyttämällä kuivaimen kennoja ja lämmitystä vain syksyllä ilman kuivaamiseen. Lisäksi koneeseen pitäisi rakentaa kennojen sulatustoiminto, jolloin jäätyvät kennot voidaan välillä sulattaa. Eli käytännössä kone vaihtaa ilmaa vain tarvittaessa, ja ilmanvaihdon asetuksilla pyritään hallin lämpötila pitämään esimerkiksi -4 °C paikkeilla. Eli kylmäkoneilla lauhoilla keleillä, ja ilmanvaihdolla silloin, kun ulkona on enemmän kuin -4 °C pakkasta. (Risto Niemelä) Mikäli koneeseen asennetaan oma sulatustoiminto, on otettava huomioon energiankulutuksen nousu, koska ylimääräinen jään sulattaminen kuluttaa energiaa. Mikäli tämä ratkaisu olisi toimiva, täytyy muistaa ettei se poista alkuperäistä ongelman aiheuttajaa, vaan ainoastaan ongelman seurauksen eli jään kerääntymisen kennoon.

Toisena ratkaisuvaihtoehtona järjestelmään tehtäisiin putkimuutos. Jäähdytyspatterilla kiertää sama glykoli kuin jääradassa. Lämmityspatterilla kiertää myös glykoli. Lämmityspatterille tulee yleisesti jääratakompressoreiden hukkalämpö. Putkimuutoksen avulla pystytään jäähdytyspatterille ajamaan kompressoreiden hukkalämpö ja sulattamaan LTO-kennosto huurtumistilanteessa. Toki myös jäähdytyspatterin sulatus onnistuu samalla periaatteella. Seuraavalla sivulla olevassa kuviossa 5 on piirrettynä kyseinen putkimuutos IV-kytkentäkaavioon. (Suomen Tekojää Oy)



Kuvio 5. Järjestelmään tuleva putkimuutos (Suomen Tekojää Oy 2016)

## 5 RANUAN JÄÄHALLI LAUHDELÄMPÖ

### 5.1 Lauhdelämmön hyödyntäminen

Ranuan jäähallissa muodostuu paljon lauhdelämpöä, jota voidaan hyödyntää kylmähallissa mm. pukuhuoneiden ja kahvioiden lämmitykseen, sekä lämpimään käyttöveteen. Jäähallissa on sähkölämmitys, joilla edellä mainittuja tiloja lämmitetään. Tarkoitus on selvittää, olisiko kannattavaa hyödyntää hukkaan menevä lämpö. Energiatehokkuus voisi olla huomattava, jos hukkaan menevä lämpö saataisiin talteen. Koska Ranuan jäähallissa lämmitettäviä kohteita on vähän, lauhdelämpöä olisi mahdollista hyödyntää muissa lähialueen kohteissa, kuten ulkojäiden pukukopeissa. Tämä toimenpide vaatisi jäähallin liittämisen kaukolämpöverkkoon. Työssä laskettiin kuinka paljon jäähalli tuottaa lauhdelämpöä ja selvitettiin, kuinka paljon energiaa kuluu nykyisin tilojen lämmitykseen ja lämpimän veden tuottoon, ja kuinka ne voitaisiin korvata lauhdelämmön talteenotolla. Jos talteenotto todetaan kannattavaksi, työssä selvitetäisiin mikä olisi sopivin laitteisto järjestelmään. Lauhde-energian tehokkaalle hyödyntämiselle tarvittaisiin oma tilavaraus lämpövaraajille. Ranuan jäähallissa on erillinen kontti kylmäkoneistolle hallin ulkopuolella ja lämpövaraajat eivät mahtuisi siihen.

Tällä hetkellä hallissa lauhde-energiaa käytetään hyväksi ainoastaan silloin, kun ilmaa kuivatetaan, ja ilmaa lämmitetään ennen halliin menoa. Toimenpiteellä vähennetään jäähdytyspatteriin tiivistynyttä vettä ja ilman kuivatus hallissa tehostuu. Systeemi on käytössä vain silloin, kun jäätä aletaan tehdä ja hallin lämpötila on vielä plussan puolella. Käyttöaikana hallin lämpötila ja ulkoilma on pakkasen puolella, joten ilman kuivatus ja lämmitys eivät onnistu. Lauhdelämpöä voitaisiin käyttää myös ilman kuivauksen ja mahdollisen lämmityksen lisäksi käyttö- ja jäänhoitoveden esilämmityksessä sekä routasuojajärjestelmässä.

Ranuan jäähallin liittäminen kaukolämpöverkkoon alan yrityksen mukaan maksaisi karkeasti arvioiden noin 20 000 €. Tähän ei ole kuitenkaan laskettu laitehankintojen kustannuksia. Kaukolämpöverkkoon liittäminen on järkevää siinä tapauksessa, jos lauhdelämpöä jää vielä yli hallin omista lämmityskustannuksista. Tällöin ylimääräinen lauhdelämpö voidaan

kaukolämpöverkon kautta siirtää lähellä oleviin muihin kohteisiin. Lauhdelämmön talteenottolaitteiden kustannukset riippuvat monesta asiasta, esimerkiksi siitä, kuinka paljon lauhdelämpöä muodostuu, mikä on lauhteen lämpötila, sekä voidaanko sitä käyttää sellaisenaan vai tarvitaanko erillinen lämpöpumppu.

Suomessa lauhdelämmön talteenottoa hyödynnetään melko vähän. Suurin osa lauhdelämmöstä menee siis hukkaan. Mutta koko ajan ollaan siirtymässä energiatehokkaampiin ratkaisuihin kuten esimerkiksi Ylivieskan jäähallissa. Ylivieskan jäähalli tuottaa lauhdelämpöä, jota käytetään hyväksi vieressä sijaitsevan liikuntakeskuksen tarpeisiin. Lauhdelämpöä siirretään lämpöpumpun avulla uimahallin ilmastointikoneelle ja käyttöveden lämmittämiseen. Ylivieskan ratkaisu on energiatehokas ja se tuo kunnalle merkittäviä säästöjä. Tästä aiheesta on tehty opinnäytetyö ja siinä laskettiin investointien kustannuksiksi 202 300 €, ja näillä investoinneilla saavutetaan 57 231 € vuotuiset säästöt. Eli takaisinmaksuaika investoinneille olisi 3,5 vuotta. (Kamula 2015, 56.)

## 5.2 Lauhdelämmön hyödyntämisen ratkaisu

Ranuan tapauksessa jäähallia ei kannata lähteä liittämään kaukolämpöverkkoon, koska se ei olisi kustannustehokasta. Taloudellisin ratkaisu olisi siirtää hallin hukkalämpö vain hallin omaan käyttöön. Tällöin jäähallin lämmittämiseen ei tarvittaisi ulkopuolista energiaa.

On laskettu, että keskikokoinen harjoitushalli kuluttaa sähköenergiaa 500 MWh yhdeksän kuukauden aikana. Tänä aikana syntyy lauhde-energiaa noin 1500 MWh. Se on enemmän kuin hallin tarvitseman lämmitysenergian tarve noin 1200 MWh. (Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka 2007, 97.) Tämä laskenta on rinnastettavissa Ranuan tapaukseen, koska Ranuan pieni jäähalli on lähes samanlainen kuin harjoitusjäähallit yleensä, eli kylmähalli. Tarkemmin tutkittuna Ranuan jäähalli kuluttaa kokonaisuudessaan 200–230 MWh sähköä käyttökauden aikana ja jäähalli tuottaa tänä aikana 700 MWh lauhdelämpöä. Ranuan jäähallissa lämmitettäviä tiloja on niin vähän, että lauhde-energia riittää kattamaan näin ollen hallin lämmitysenergian tarpeen, sekä ylimääräisellä

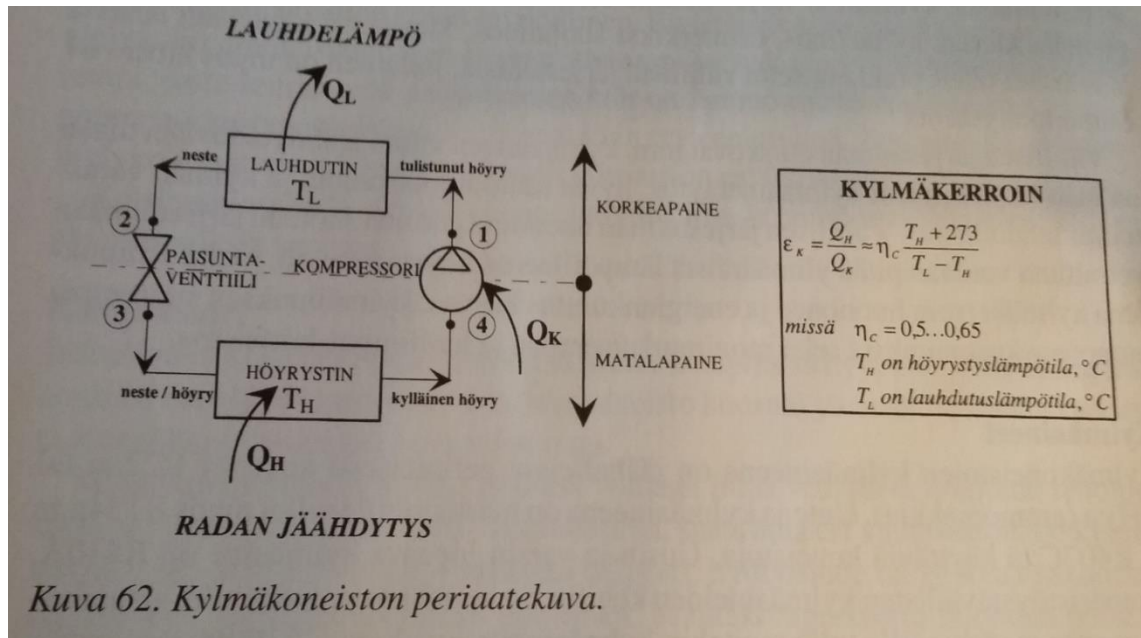


lauhdelämmöllä lämmitettäisiin reilusti myös hallin lämmintä käyttö- ja jäädytysvettä. Tässä työssä tultiin siihen tulokseen, että lauhdelämpö kannattaa hyödyntää suoraan jäähallin omiin lämmitystarpeisiin. Tämän seurauksena hallia ei tarvitsisi lämmittää enää sähköllä ollenkaan. Lauhdelämpöä riittäisi myös muiden kohteiden lämmittämiseen, mutta Ranualla ei ole riittävän lähellä esimerkiksi uimahallia jonka veden lämmitykseen lauhdetta voitaisiin käyttää. Tämä edellyttäisi kuitenkin kaukolämpöverkkoon liittymistä, jotta lämmön siirtäminen muihin kohteisiin onnistuisi. Ranuan tapauksessa tämä ei kuitenkaan ole järkevää. Työssä selvitettiin mitä laitemuutoksia tämä operaatio vaatisi, ja mitkä sen kustannukset olisivat. Teollisen hukkalämmön hyödyntämiseen keskittyvä yritys teki kustannusarvion kohteeseen. Laitehankinnat asennuksineen tulisi maksamaan noin 35 000 euroa. Järjestelmällä saataisiin yhteensä noin 5500 euron vuotuinen säästö, joten hankinta olisi tuottoisa 6-7 käyttövuoden jälkeen.

### 5.3 Kylmätekniikan laitteisto

Mikäli lauhdelämpö voitaisiin hyödyntää tehokkaasti, on syytä tutustua Ranuan jäähallin kylmäkoneistoon ja sen laitteisiin. Kylmäkoneisto on jäähallien suurin sähkönkuluttaja ja Ranuan tapauksessa se kuluttaa sähköstä reilusti yli puolet. Ranuan kylmälaitteisto koostuu kahdesta kompressorista, siirtoputkistosta, rataputkistoista, ilmalauhduttimesta, höyrystimestä ja muista apulaitteista, kuten pumpuista ja erilaisista venttiileistä. Kylmäkoneen jäähdytysperiaate (kuvio 6) on kylmäaineen paineen nostaminen kompressorilla, jonka seurauksena kylmäainekaasun lämpötila nousee. Seuraavaksi kylmäainekaasu kulkeutuu lauhduttimeen, missä se jäähdytetään ja kaasu tiivistyy nesteeksi. Lauhduttimen ja höyrystimen välissä on paisuntaventtiili, missä kylmäaineen paine laskee höyrystimen paineeseen. Paisuntaventtiilin jälkeen tulee höyrystin, missä kylmäaine höyrystyy nesteestä höyryksi. (Jäähallit ja tekojääkentät 1999, 113–114.) Ranuan kylmäkoneisto toimii myös samalla periaatteella, minkä voi nähdä liitteessä 4 olevasta kytkentäkaaviosta. Kaaviossa ja toteutuksessa on kuitenkin pieniä eroavaisuuksia, mikä tuli ilmi paikanpäällä tutustuttaessa laitteistoon. Kaavioon ei ole merkitty ennen lauhdutinta olevaa lämmönvaihdinta, jota käytetään hallin ilmanvaihdossa tuloilman kuivatukseen. Ranuan jäähallin

kylmäkoneisto on toteutettu hallin ulkopuolelle olevaan kylmäkonekonttiin, ja siellä on käytössä suoralauhdutteinen jäähdytysjärjestelmä. Seuraavassa kappaleessa esitellään Ranuan kylmäkoneiston laitetyyppejä ja niiden toimintaa. Tärkeimmät laitetyypit näkyvät myös konekortissa liitteessä 5.



Kuva 62. Kylmäkoneiston periaatekuva.

Kuvio 6. Kylmäkoneiston periaate (Jäähallit ja tekojäähdytys 1999, 113)

Jäähalleissa on yleisesti kahdenlaisia kompressorityyppejä, nämä ovat mäntä- ja ruuvikompressoreita. Ranualla on käytössä Bockin valmistamia, kuvion 7 mukaisia puolihiermeettisiä 6-sylinterisiä mäntäkompressoreita kaksi kappaletta. Kuvassa näkyy myös iskutilavuus, sekä kylmäteho R404A kylmäaineelle, jota Ranuallakin käytetään. Nämä kompressorit on kytketty rinnakkain parhaan mahdollisen tehon irti saamiseksi. Mäntäkompressoreiden valinnassa on paljon valinnanvaraa. Niitä on saatavana useille eri kylmäaineille ja niiden hankintahinta on edullinen verrattuna ruuvikompressoriin. Näitä voidaan pitää mäntäkompressorin hyvinä puolina. Huonoja puolia taas ovat hintavat huoltokustannukset. (Jäähallit ja tekojäähdytys 1999, 115.)

Ranuan kylmäkoneistossa on kaksi pumppua. Rataliuospumppu, joka pumppaa kylmäainetta, ja täyttöpumppu, joka on kastelupumppu. Kuviossa 8 on samanlainen täyttöpumppu kuin Ranualla. Seuraavalla sivulla kuviossa 9 on Ranualla oleva Kolmeksin valmistama rataliuospumppu.



- Iskutilavuus: 183.6 m<sup>3</sup>/h
- Kylmäteho R404A: 27.6 kW

Kuvio 7. Bock HGX 7 Puolihermeettinen kompressor (Ahlseil)



- Tekniset tiedot
- 800 W moottori
  - V230 ~ 50 Hz
  - Q-max. 60 l/min
  - H-max. 42 m
  - Max imukorkeus 8 m
  - Pumpussa 1 juoksupyörä
  - Suojaluokka IP44

Kuvio 8. ONN/80Pa kastelupumppu (Onninen)



Kuvio 9. Rataliuospumppu Ranualla (Raappana 2016)

Ranualla on höyrystimenä Alfa Lavalin valmistama juotettu levylämmönvaihdin (kuvio 10). Höyrystimen päätehtävä on jäähdyttää jääkentässä kiertävää kylmäliuosta, joka on Ranualla glykolivesiliuos.



Kuvio 10. Höyrystin (Alfa Laval)

Kuviossa 11 näkyy Ranualla oleva ulkoilmalauhdutin, joka sijaitsee kylmäkonekontin katolla. Tällä hetkellä lauhduttimen kautta kulkeutuvaa lauhde-energiaa ei hyödynnetä hallin lämmityksessä, vaan lauhdutin puhalttaa sen ulkoilmaan. Tavoitteena olisi ottaa lämpö talteen ennen lauhdutinta ja hyödyntää sitä hallin lämmityksessä.



Kuvio 11. Ilmalauhdutin Ranualla kylmäkonekontin katolla (Raappana 2016)

#### 5.4 Lauhdelämmön hyödyntämisen laitteisto ja kytkennät

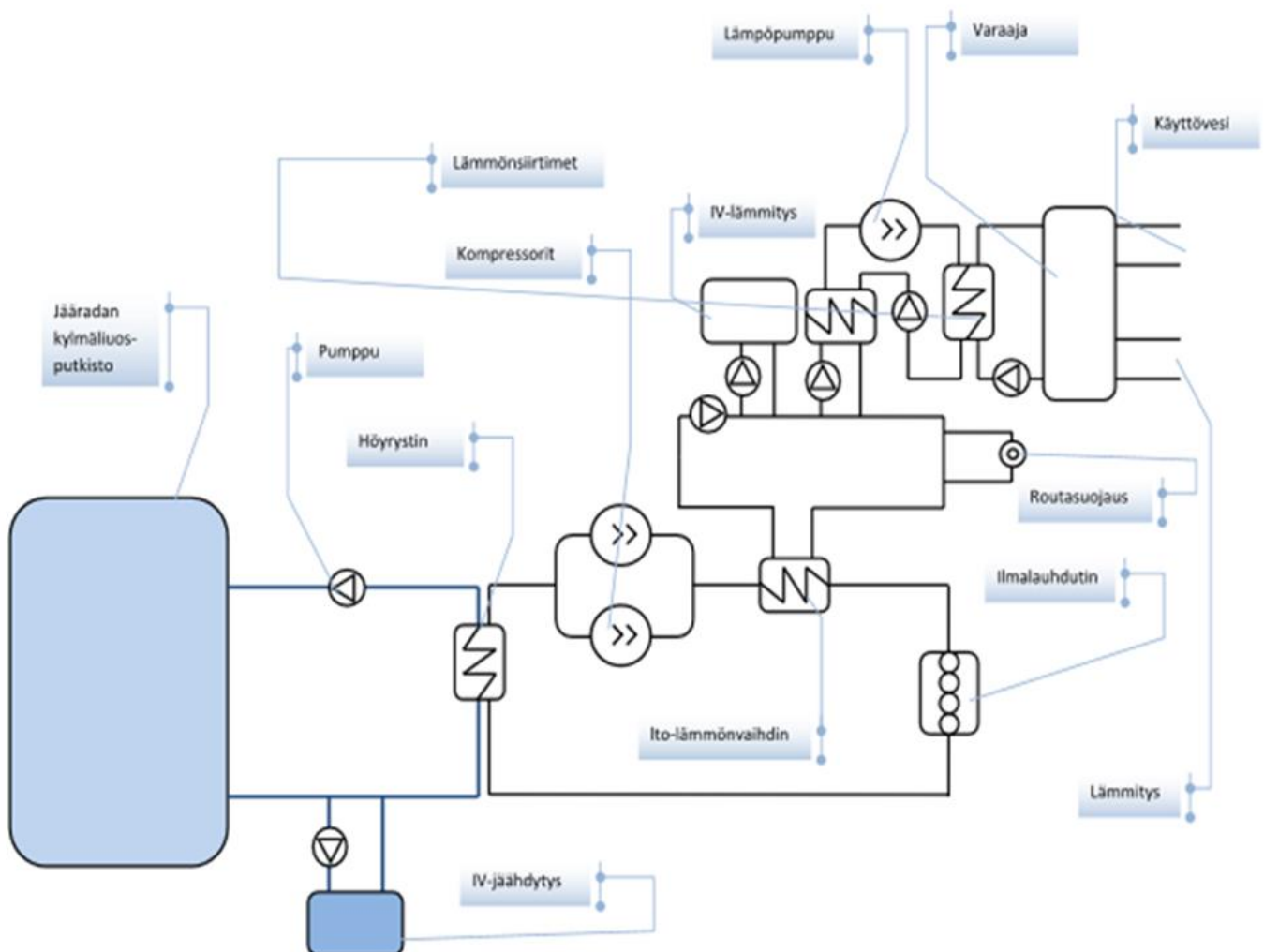
Vanhat jäähallit ovat usein energiatehokkuudeltaan huonoja, koska vanhoilla laitteilla lauhdelämmön hyödyntäminen ei ole yhtä tehokasta tai edes mahdollista ollenkaan.

Kirjassa Jäähallit ja Tekojääkentät esitetään suunnitelma jäähallin kompressoreiden lauhdelämmön talteenoton toteutuksesta muuttamalla putkikytkentöjä, sekä lisäämällä järjestelmään lämmönsiirtimet kylmäaine- ja lämmöntalteenottopiirien väliin. Järjestelmään lisätään samalla myös vesivaraaja tai vesivaraajat, jotta saataisiin lämminvesi riittämään kulutuspiikkienkin aikana. Lauhdelämpöä voitaisiin käyttää ilmanvaihdon lämmityksessä vesivaraajan kautta, tai siirtämällä lauhdelämpö tuloilman lämmittämisen ohii vesivaraajaan. Varaajasta lauhdelämpö voidaan hyödyntää jäänhoitoveteen ja lämpimän

käyttöveden lämmittämiseen. Lisälämmitys energia voidaan tässä tapauksessa tuottaa kaukolämmöllä, jolla tasataan lämmönkulutus. (Jäähallit ja tekojäähallit 1999, 179.)

Ranuan kylmälaitteisto on kymmenen vuotta vanha, ja sen aikana tekniikka on ehtinyt jo kehittyä. Silloin kun se on suunniteltu, tarkoitus ei ole ollut hyödyntää lauhdelämpöä juuri lainkaan. Ranualla joudutaan tekemään pieniä muutoksia ja investointeja hyödyntämisen tehostamiseksi. Osa muutoksista pystytään tekemään pienemmilläkin muutoksilla ja investoinneilla. Lauhdelämmön täydellinen hyödyntäminen vaatisi suurempia investointeja ja laajempaa muutostyötä. Yksi mahdollisuus olisi esimerkiksi, että samalla kun kylmälaitteisto uusitaan, niin se suunnitellaan energiatehokkaammin ja lauhdelämmön paremman talteenoton kannalta. Työssä tehtiin suunnitelma lauhdelämmön täydellisen hyödyntämisen kannalta, ja tässä olisi yksi varteenotettava ratkaisu lauhdelämmön täydelliseen hyödyntämiseen Ranuan jäähallissa.

Lauhdelämpö pystytään hyödyntämään sellaisenaan routasuojaukseen ja hallin IV:n lämmitykseen, koska ne eivät tarvitse lämpötilan nostoa. Lauhdelämmön tehokkaampaan hyödyntämiseen Ranualla tarvitaan lämpöpumppu, joka korottaa lauhdelämmön lämpötilaa noin 30 °C:sta 60 °C:een. Lämpöpumpulta lämpö ajetaan varaajaan. Varaajasta tehdään lähdöt käyttövedeen sekä lämmitykseen. Lämmityksessä voidaan käyttää esimerkiksi vesikiertoisia pattereita. Lämmitysverkostoon pitää laittaa normaalit säätöventtiilit lämpötilan säätöön. Nämä muutokset tehostavat lämmön talteenottoa, joten LTO-lämmönvaihdin täytyy vaihtaa suurempaan. Lisäksi järjestelmään tulee lisäinvestointina viisi vesipumppua sekä kaksi lämmönsiirrintä. Nämä lisät kuluttavat itsessään sähköä, mutta näiden käytöllä saadaan merkittävät säästöt lämmityskustannuksissa. Työssä tehtiin suunnitelma (kuvio 12) asiantuntijan opastuksella havainnollistamaan, miten teoriassa Ranualla lauhdelämmön hyödyntäminen voitaisiin parhaiten toteuttaa. (Suomen Tekojää Oy)



Kuvio 12. Lauhdelämmön hyödyntämisen kytkentäkaavio (Raappana 2016)

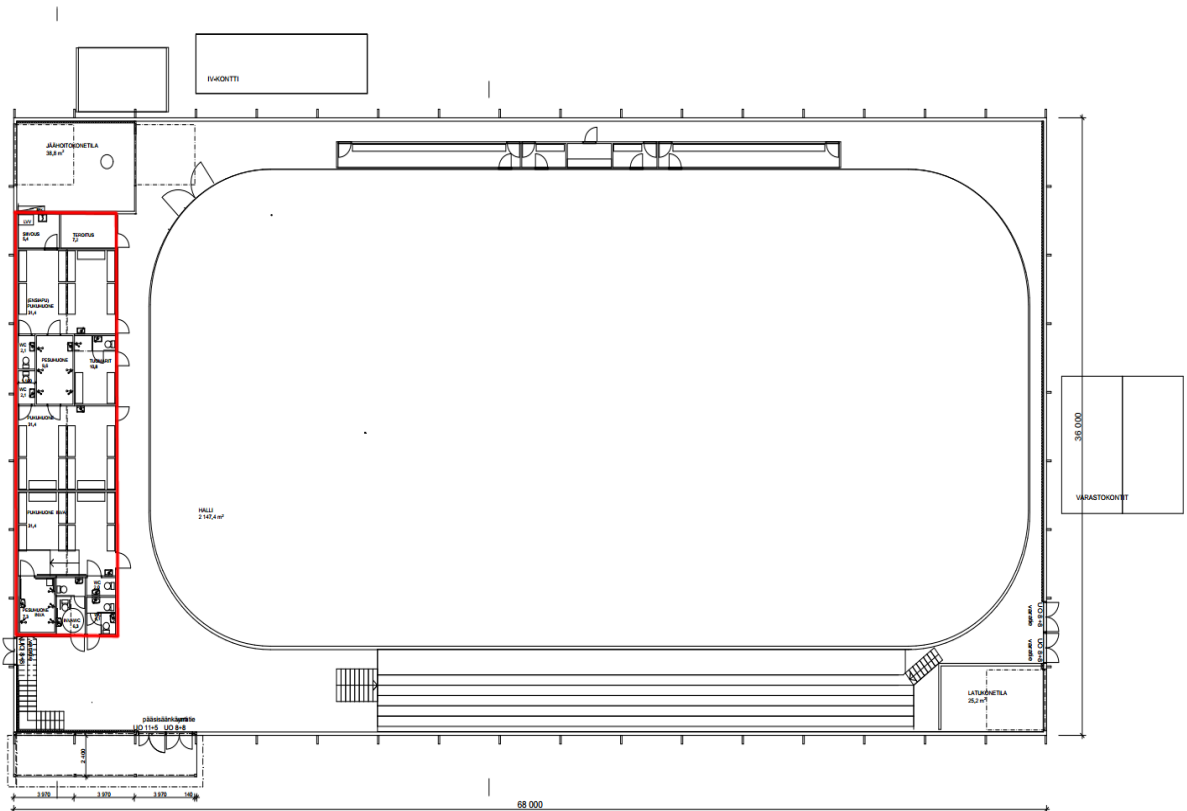
Suunnitelmassa (kuvio 12) isoimmat laiteinvestoinnit tulisivat olemaan lämpöpumppu ja LTO-lämmönvaihdin. Ranualla on tällä hetkellä käytössä Alfa Lavalin valmistama CB76-mallia oleva levylämmönvaihdin. Tämä on kuitenkin liian pieni suunnitelman mukaiseen lämmöntalteenottoon, joten tilalle tulisi hankkia suurempi levylämmönvaihdin. Alfa Lavalilta löytyy useita eri vaihtoehtoja tähän tarkoitukseen. Vaihtimen eli lämmönsiirtimen avulla lauhdelämpö soveltuu sellaisenaan hallin IV:n kautta tapahtuvaan lämmitykseen sekä routasuojausvedeksi, joka ilmenee kuvastakin. Loput lämmöstä siirretään lämpöpumpulle. Lauhdelämpöpumpun käyttö tehostaa lauhde-energian hyödyntämistä korkeampaa lämpötilaa vaativissa kohteissa, kuten lämpimän käyttöveden lämmityksessä. Lämpöpumpun teho valitaan kylmäkoneiston



tuottaman lauhde-energian mukaan. Yleensä vastaavissa kohteissa lauhdelämpöpumpun teho on 100–200 kW, ja näin tulisi olemaan myös Ranuan tapauksessa. Tavoitteena olisi, että kaikki lämpö saataisiin hyödynnettyä ennen ilmalauhdutinta. (Suomen Tekojää Oy)

### 5.5 Lauhdelämmön hyödyntämisen kustannukset

Ranuan jäähallissa lämmitettäviä kohteita on verrattain vähän hallin kokoon nähden. Lämpimät tilat koostuvat kahviosta, pukuhuoneista ja peseytymistiloista. Yhteensä pinta-alaa on  $250\text{m}^2$ , joka on jaettu kahteen kerrokseen. Alakerrassa alaa on  $150\text{m}^2$  ja yläkerrassa  $100\text{m}^2$ . Tämä täytyy huomioida, kun lasketaan tilojen lämmitystehontarvetta. Lämpimien tilojen lämpötilaksi on määritetty  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja hallin lämpötilaksi muilta osin  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ulkolämpötilana käytetään laskettaessa D3 mukaisesti  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Laskennassa on käytetty rakennusmääräyskokoelmien D3 ja D5 lämpimän ja jäähdytettävän tilan lämmönläpäisykertoimia, sekä Ranuan hallin tietoja niiltä osin mitkä ovat tiedossa.



Kuvio 13. Jäähallin lämmitettävä alue rajattuna punaisella (Ranuan jäähalli)



Lämmitystehontarve lasketaan D5 mukaan kaavalla

$$\phi_{\text{huonelämmitys}} = \phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{ilmanvaihto}} - \phi_{\text{tuloilmalämmitys}}$$

missä

$\phi_{\text{huonelämmitys}}$	on	huonelämmityksen tehon tarve, W
$\phi_{\text{joht}}$	on	tilojen johtumisteho, W
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	on	vuotoilman lämmitysteho tilassa, W
$\phi_{\text{ilmanvaihto}}$	on	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
$\phi_{\text{tuloilmalämmitys}}$	on	tuloilman jälkilämmityksen tehontarve, W

$$\phi_{\text{joht}} = \phi_{\text{ulkoseinät}} + \phi_{\text{sisäseinät}} + \phi_{\text{yläpohja}} + \phi_{\text{alapohja}} + \phi_{\text{ikkuna}} + \phi_{\text{ovi}}$$

$$\phi_{\text{ulkoseinät}} = 104\text{m}^2 + 0,33 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times (18^\circ\text{C} - (-38^\circ\text{C})) = 1922\text{W} \approx 1,9\text{kW}$$

$$\phi_{\text{sisäseinät}} = 165\text{m}^2 + 0,17 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times (18^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})) = 617\text{W} \approx 0,62\text{kW}$$

$$\phi_{\text{yläpohja}} = 150\text{m}^2 + 0,17 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times (18^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})) = 561\text{W} \approx 0,56\text{kW}$$

$$\phi_{\text{alapohja}} = 150\text{m}^2 + 0,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times (18^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C}) = 384\text{W} \approx 0,38\text{kW}$$

$$\phi_{\text{ikkuna}} = 6\text{m}^2 + 1,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times (18^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})) = 132\text{W} \approx 0,13\text{kW}$$

$$\phi_{\text{ovi}} = 8\text{kpl} \times 1,68\text{m}^2 + 1,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \times \text{K}} \times (18^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})) = 296\text{W} \approx 0,3\text{kW}$$

$$\phi_{\text{joht}} = 1,9\text{kW} + 0,62\text{kW} + 0,56\text{kW} + 0,38\text{kW} + 0,13\text{kW} + 0,3\text{kW} \approx \underline{3,89\text{kW}}$$

$$q_{\text{vuotoilma}} = 0,08 \frac{\text{L}}{\text{h}} \times \frac{625\text{m}^3}{3600} = 0,014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\phi_{\text{vuotoilma}} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgm}^3} \times 0,014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times (18^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})) = 370\text{W} \approx \underline{0,37\text{kW}}$$

$$H_{\text{ilmanvaihto}} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1000\text{Ws} \times 0,087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 104,4 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

$$\phi_{\text{ilmanvaihto}} = 104,4 \frac{\text{W}}{\text{K}} \times (18^\circ\text{C} - (-38^\circ\text{C})) = 5846\text{W} \approx 5,8\text{kW}$$

$$f_{tuloilmaläm.} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1000 \text{Ws} \times 0,087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times (13^\circ\text{C} - (-38^\circ\text{C})) \times 104,4 \frac{\text{W}}{\text{K}} \times (13^\circ\text{C} - (-38^\circ\text{C})) = 5324 \text{W} \approx 5,3 \text{kW}$$

$$\phi_{ilmanvaihto} = 5,8 \text{kW} - 5,3 \text{kW} = \underline{0,5 \text{kW}}$$

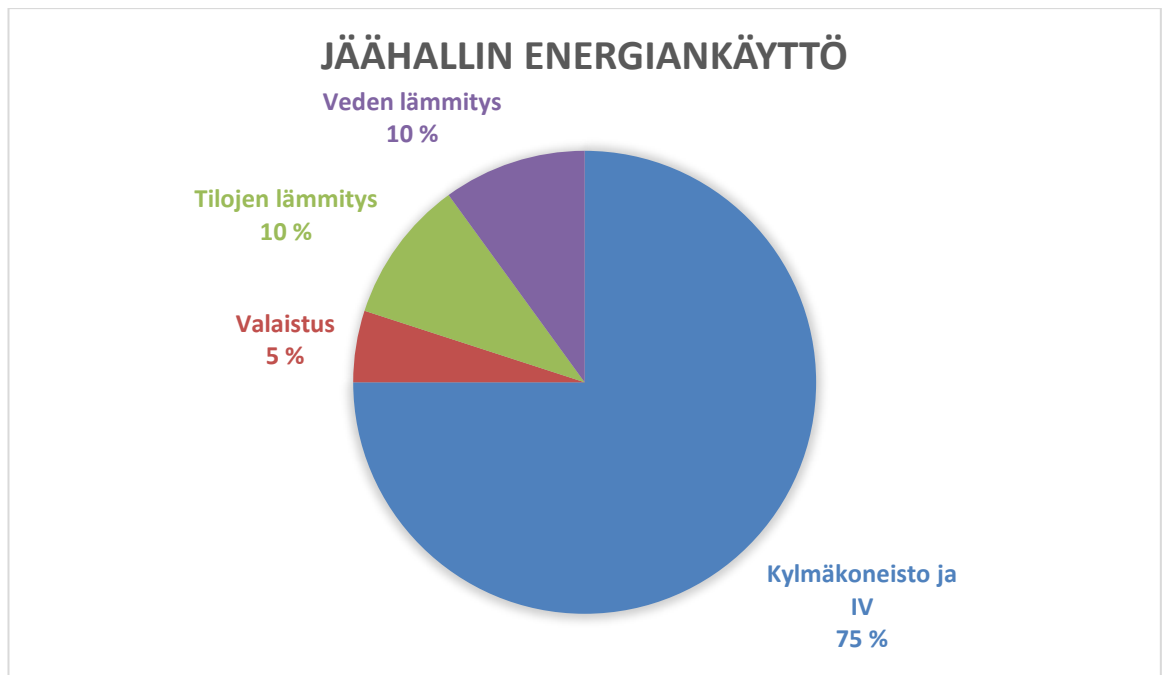
$$\phi_{huonelämmitys} = 3,89 \text{kW} + 0,37 \text{kW} + 0,5 \text{kW} = \underline{4,76 \text{kW}}$$

$$Q_{kok} = 4,76 \text{kW} \times 5040 \text{h} = 23990 \text{kWh} \approx \underline{24 \text{MWh}}$$

Lämmitystehontarpeeksi saadaan 4,76 kW. Hallin käyttöaika on vuodessa 7 kuukautta eli noin 5040 tuntia, ja tästä saadaan lämmitysenergiantarpeeksi noin 24000 kWh eli 24 MWh. Todellisuudessa sähkönkulutus lämmityksen osalta on hieman vähemmän, koska mitoitus tehdään aina alimman mahdollisen lämpötilan mukaan eli -38 °C. Käytännössä ulkolämpötilan vaihtelu 7 kuukauden käyttöjakson aikana voi olla jopa 50 °C.

Ranuan jäähallin vuosittainen kokonaissähkönkulutus on 200—230 MWh ja lämmitettävien tilojen osuus tästä on siis lämmitysenergiantarpeen osalta noin 10 %. Lauhdelämmön hyödyntämisellä saataisiin noin 10 % säästö sähkölaskuissa. Tämä tarkoittaisi noin 2700 €:n säästöä vuodessa, koska Ranuan vuotuinen sähkölasku on noin 27 000 €.

Suomen Tekojää Oy:n laskelmien mukaan Ranuan jäähallin kylmälaitteiston osuus sähkönkulutuksesta on 25 MWh kuukaudessa. Jos hallin käyttökuukausia on 7, niin laitteiston vuotuinen sähkönkulutus on 175 MWh. Syntyvän lauhdelämmön määrää voidaan arvioida noin 4-kertaiseksi sähkönkulutukseen nähden, joten lauhdelämmön määräksi saadaan karkeasti arvioiden 700 MWh. Tämä riittää moninkertaisesti hallin omiin tarpeisiin, joten sillä lämmitettäisiin ehdottomasti myös käyttövedtä. Samanlaisten jäähallien käyttöveden osuus hallin kokonaiskulutuksesta on keskimäärin 10 %, joten Ranuan tapauksessa se olisi 23 MWh vuodessa eli noin 2800 €.



Kuvio 14. Suuntaa antava energiankulutus Ranuan jäähallin osalta (Maunu 2016)

Mikäli lauhdelämpöä halutaan hyödyntää lämmitykseen Ranualla, järjestelmään tarvitaan lämpöpumppu, varaaja, säätöventtiilit ja uusi lämmönvaihdin. Lämmityksessä voidaan käyttää esimerkiksi vesikiertoisia pattereita. Lisäksi järjestelmään tulee lisäinvestointina vesipumppuja sekä lämmönsiirtimiä. Näiden hankintojen kustannus tulee olemaan hukkalämmön hyödyntämiseen erikoistuneen yrityksen mukaan noin 35 000 €. Säästöä investoinnilla tulisi kokonaisuudessaan noin 5500 € vuodessa, joten järjestelmä maksaisi itsensä takaisin 6-7 käyttövuoden jälkeen.

## 6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Jäähalli opinnäytetyön kohteena oli todella mielenkiintoinen kohde, koska se poikkeaa tavallisista rakennuksista huomattavasti. Tämä teki myös kohteen tutkimisesta haastavaa, mikä oli vain hyväksi. Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehdyttää ja antaa lukijoille kuva siitä, mitä kaikkea jäähallin rakentaminen sisältää ja mistä asioista se koostuu. Varsinkin jäähallin ilmanvaihto ja kosteustekniikka käytiin työssä läpi tarkasti ja selvästi. Myös energiatehokkuuteen liittyvät asiat tarkastettiin huolella ja pohdittiin taloudellisesti parhaita ratkaisuja jäähallin energiatehokkuutta ajatellen. Jäähalli on kokonaisuudessaan todella iso ja paljon suunnittelua vaativa kohde, ja se on alusta loppuun useiden eri toimialojen yhteistyön synnyttämä tulos. Työn tarkoituksena oli selvittää, kuinka laitetekniikka on keskeisessä osassa jäähallin suunnittelussa ja rakentamisessa. Oikeilla valinnoilla pystytään vaikuttamaan energiatehokkuuteen sekä taloudellisuuteen. Myös kunnossapidolla sekä huoltamisella voidaan laitteiden toimivuutta ja kestävyyttä tehostaa huomattavasti.

Työssä tarkoituksena oli etsiä korjausvaihtoehtoja jäähallin huonosti toimivaan ilmanvaihtoon. Asiantuntijoiden yhteistyöllä saimme kaksikin erillistä vaihtoehtoa, joista toinen otetaan käyttöön Ranualla. Korjauksilla estetään LTO-kennon huurtuminen, joka takaa ilmastointilaitteen toimimisen kaikissa olosuhteissa pakkasista riippumatta. Tämä valittu vaihtoehto oli Suomen Tekojää Oy:n suunnittelema korjausvaihtoehto heidän omaan ilmanvaihtojärjestelmään.

Toisena päätarkoituksena oli tutkia lauhdelämmön parempaa hyödyntämistä. Tarkoitus oli tutkia voisiko hukkaan menevää lauhdelämpöä hyödyntää hallin lämmityksessä, sekä riittäisikö hukkalämpöä muidenkin kohteiden lämmittämiseen. Työtä tehdessä kävi ilmi, että lauhdelämpö on viisainta hyödyntää suoraan vain hallin omiin lämmitystarpeisiin. Teimme suunnitelman uusista laitteista ja niiden kytkennöistä sekä selvitimme niistä koituvat kustannukset. Uskoisimme, että Ranualla ainakin harkitaan tätä meidän ehdottamaa ratkaisua lauhdelämmön hyödyntämiselle, koska vuosien saatossa tämän ansiosta tulisi huomattavat säästöt energiankulutuksessa, koska jäähallilla on huomattavasti vielä elinkaarta jäljellä.

Työtä tehdessämme huomasimme, että aiheeseen liittyviä töitä on useita, koska tämä jäähallien energiatehokkuuteen ja laitteisiin liittyvät asiat ovat loistavia opinnäytetyön aiheita. Useiden töiden vertailu antoi luotettavuutta ja näkemyksiä meidän työhömme. Tämä onkin loistava aihe jatkotutkimuksia ajatellen, koska jäähallien energiatehokkuutta voitaisiin edelleen parantaa tekniikan kehittyessä.

Opinnäytetyötä tehdessä opimme paljon itse jäähalleista ja niiden laitetekniikasta. Vaikka olemme opiskelleet talo- ja energiatekniikkaan liittyviä asioita, niin vasta nyt aloimme käytännössä sisäistää oppimiamme asioita. Useat vierailut jäähallilla ja laitteiden näkeminen paikan päällä auttoivat tässä suuresti. Kokonaisuutena voimme todeta, että voimme soveltaa opinnäytetyössä opittuja asioita tulevissa työtehtävissä.

## LÄHTEET

Ahlsell. Viitattu 18.9.2016 <http://www.ahlsell.fi/34/kylma/01-kompressorit/puolihermeettiset-kompressorit/bock/761047281/#>.

Alfa Laval. Alfa Laval CB300 ja CBH300. Viitattu 20.9.2016 [http://www.alfalaval.fi/globalassets/documents/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/product-leaflets-languages/finnish/alfa-laval-cb300-ja-cbh300\\_che00032fi.pdf](http://www.alfalaval.fi/globalassets/documents/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/product-leaflets-languages/finnish/alfa-laval-cb300-ja-cbh300_che00032fi.pdf).

Energiakolmio 2015. Selvitys: Jäähallien energiankulutus mahdollista puolittaa. Viitattu 25.9.2016 <http://www.jpnews.fi/muut/selvitys-jaahallien-energiankulutus-mahdollista-puolittaa>.

Jäähallin lauhde-energia ja sen hyväksikäyttö 1984. Vantaa: Vantaan kaupunki, Maa ja Vesi Oy.

Jäähallit ja tekojääkentät 1999. Liikuntapaikkajulkaisu osa 71. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kamula, P. 2015. Ylivieskan liikuntakeskuksen energiatehokkuuden kehittäminen. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 20.7.2016 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91254/Kamula\\_Pauli.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91254/Kamula_Pauli.pdf?sequence=1).

Keränen, J. 2016. Suomen Tekojää Oy. Sähköposti jussi.keranen@tekojaa.fi 6.9.2016.

Lehto, H. & Luoma, T. 2003. Energia yhteiskunnassa. Helsinki: Tammi Oppimateriaalit.

Liljeström, K. & Salonen, T. 2010. Ekotehokkuusselvitys. Tampereen Keskusareena ja Kansi. Optiplan Oy. Viitattu 22.9.2016 [http://www.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8366/selvitykset/8366\\_ekotehokkuusselvitys\\_20101117.pdf](http://www.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8366/selvitykset/8366_ekotehokkuusselvitys_20101117.pdf).

Maunu, J. 2016. Valokuvat.

Niemelä, R. Ranuan kunta. Rakennustarkastaja, tekninen osasto. Sähköposti risto.niemela@ranua.fi 5.8.2016.

Onninen. ONN 80 PA/ONN 80 PFT. Viitattu 23.9.2016.

[http://onninen.procus.fi/documents/original/12834/7/0/Online\\_80PA.pdf](http://onninen.procus.fi/documents/original/12834/7/0/Online_80PA.pdf).

Opetusministeriö 2007. Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka: Suunnittelu- ja rakennuttamisopas. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Raappana, E. 2016. Valokuvat.

Rantala, M. 2015. Tikkakosken jäähallin energiakatselmus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 15.5.2016.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/95373/Rantala\\_Matias.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/95373/Rantala_Matias.pdf?sequence=1).

Saari, A., Sekki, T. & Sinivuori, P. 2007. Liikuntapaikkarakentamisen ympäristövaikutukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SP Elementit Oy. Jäähallin rakentaminen. Viitattu 25.9.2016.

<http://www.spe.fi/jaahallit>.

Suomen Jääkiekkoliitto 2012. Jäähallin hankesuunnittelun alkuvaiheen päätösten energiatehokkuusnäkökulma. Viitattu 20.9.2016

[http://www.leijonat.fi/files/J%C3%A4%C3%A4hallit/Jaahallinsuunnittelunenergia\\_nakokulma.pdf](http://www.leijonat.fi/files/J%C3%A4%C3%A4hallit/Jaahallinsuunnittelunenergia_nakokulma.pdf).

Suomen rakennusmääräyskokoelma D2. 2012. Viitattu 20.10.2016.

[http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf).

Suomen rakennusmääräyskokoelma D3. 2012. Viitattu 20.10.2016.

[http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf).

Suomen rakennusmääräyskokoelma D5. 2012. Viitattu 20.10.2016.

<http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>.

## LIITTEET

Liite 1. Ranuan jäähallin pohjapiirros, perustiedot ja rakenteiden leikkauskuva

Liite 2. Ilmanvaihtokoneen käyttäjän manuaali

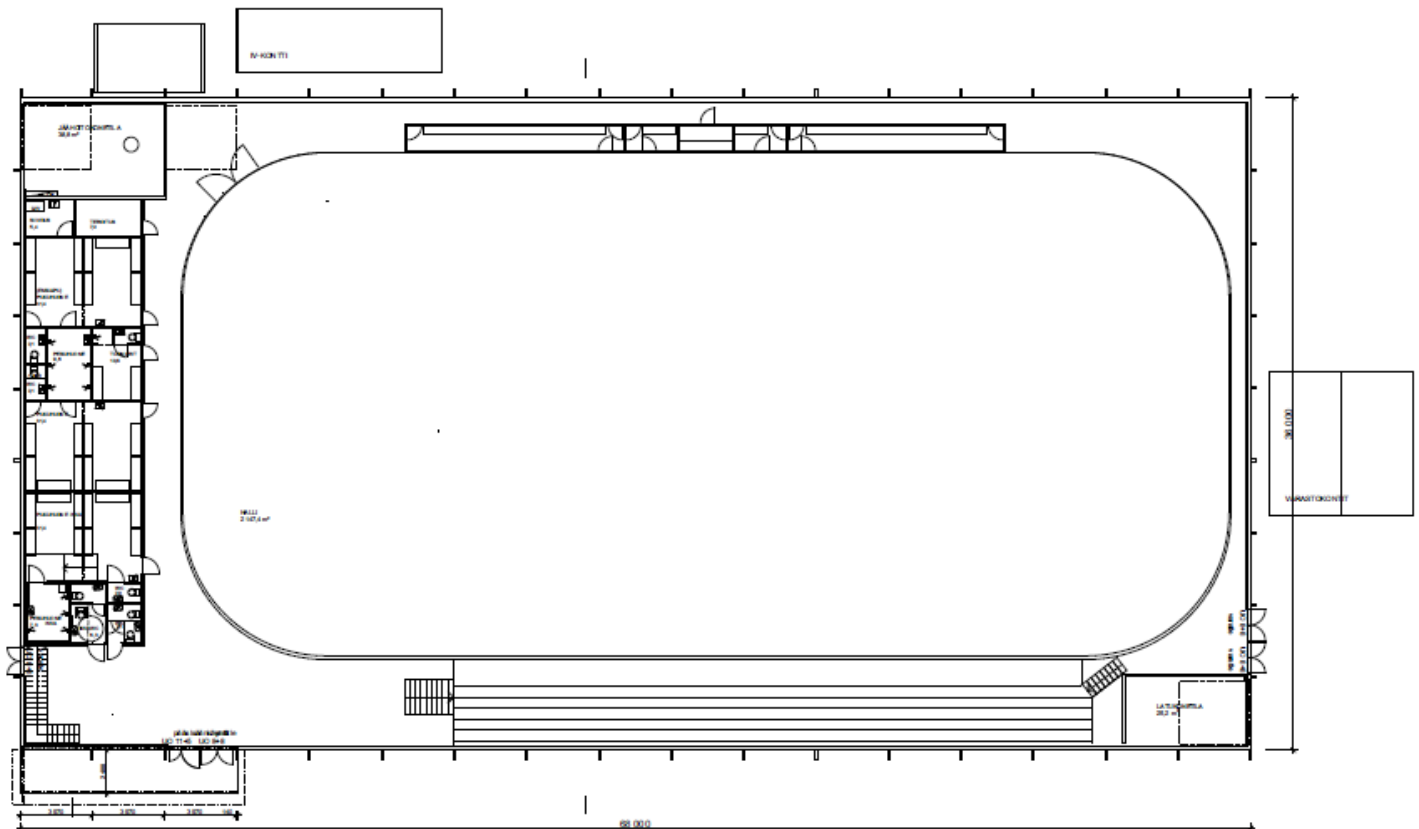
Liite 3. Valokuvia IV-kanavistosta, laitteistosta ja konekortti

Liite 4. Kylmäkone kytkentäkaavio ja osaluettelo

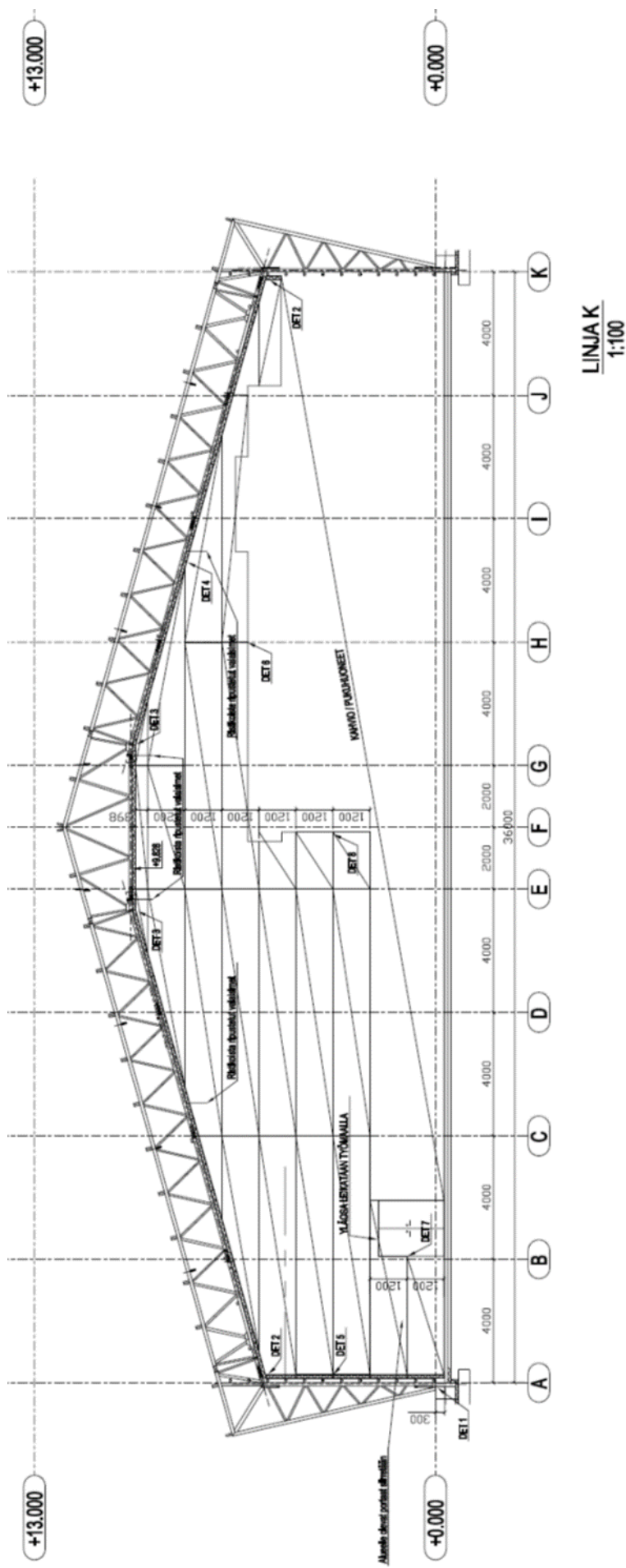
Liite 5. Kylmäkone-konekortti



Liite 1. Ranuan jäähallin pohjapiirros, perustiedot ja rakenteiden leikkauskuva



<b>JÄÄHALLI</b>	
TON TIN PINTA-ALA	12000 m <sup>2</sup>
RAKENNUKSEN PALOLUOKKA	P3
LÄMMITYSMUOTO	Ei lämmitystä / aputiloissa sähkölämmitys
ILMANVAIHTOTAPA	LTO:lla varustettu koneellinen tulo- ja poisto
AUTOPAIKAT	22 AP, joista 2 kpl
LE-AP	
JÄTELAJITTELU	Sekajäteastiat
LVI-LIITTYMÄT	Rakennus on liitetetty yleiseen vesi- ja viemäriverkostoon
<b>PINTA-ALAT</b>	
<u>KERROSALA/BRUTTOALA</u>	<u>2648,0 kem<sup>2</sup></u>
1 krs	2473,6 kem <sup>2</sup>
2 krs	174,4 kem <sup>2</sup>
<u>HUONEISTOALA</u>	<u>2547,6 hum<sup>2</sup></u>
1 krs	2385,5 hum <sup>2</sup>
2 krs	162,1 hum <sup>2</sup>
<b>TILAVUUS</b>	<b>20525 m<sup>3</sup></b>



## Liite 2. Ilmanvaihtokoneen käyttäjän manuaali

  
**SUOMEN TEKOJÄÄ OY**

# Käyttäjän manuaali

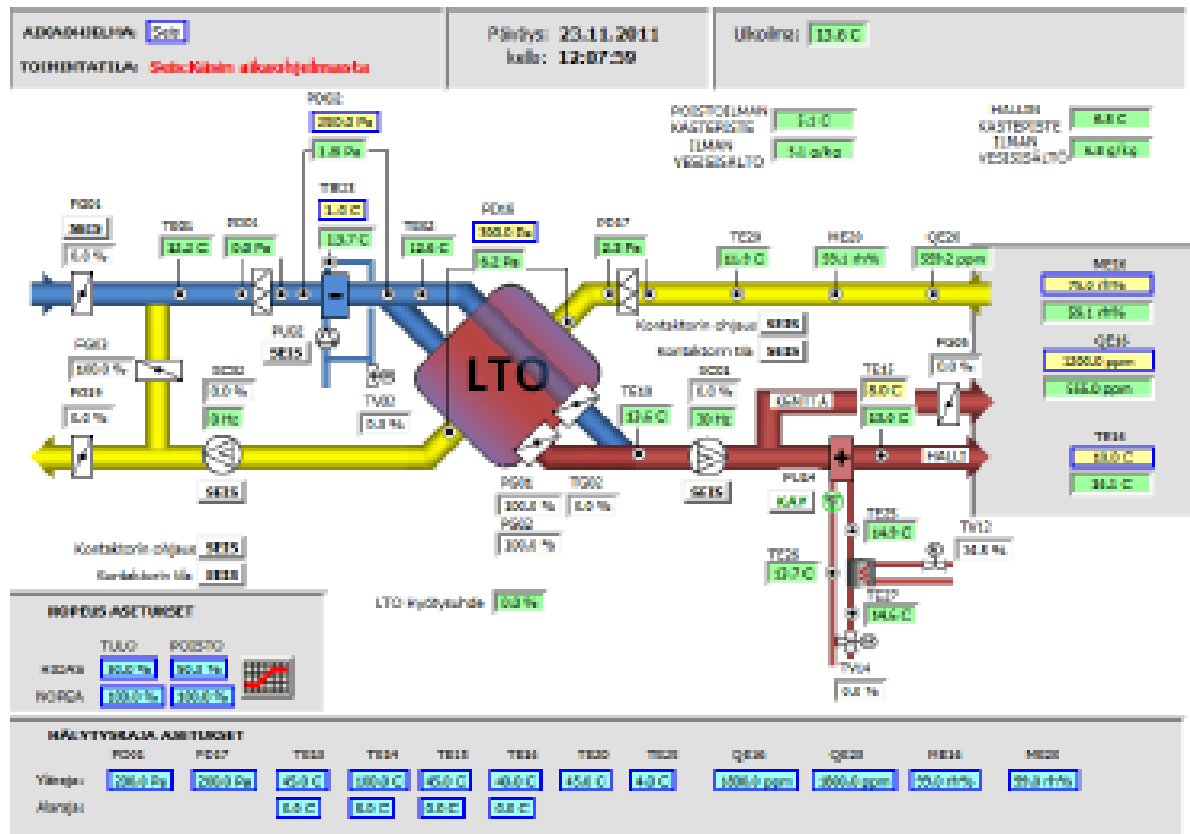
---

*Automaatiojärjestelmä*

ILMANVAIHTOKONE

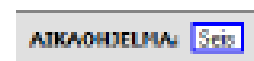
---

## KUVA PROSESSISTA

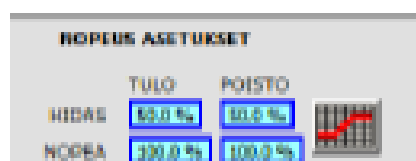


## YLEISTÄ

Ilmanvaihtokonetta ohjataan aikaohjelman perusteella. Koneella on kolme eri tilaa (Seis, Hidas ja nopea).



Nopeudet määritellään Nopeus asetukset valikkoon



Puhaltimet pyörivät aikajohdon mukaisesti niille määrättyillä nopeuksilla. Poistopuhaltimen nopeutta rajoitetaan portaattomasti kiertoilmakäytön kasvaessa. Rajoituksen määrä, määritellään muunnostaulukkoon.

Toimintatila ilmoittaa missä tilassa kone on.

TOIMINTATILA: **Sets:Käsin aikaohjelmasta**

## LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ

Hallin lämpötilaa säädetään kaskedisäädöllä. Ohjelma vertaa hallin asetusarvoa (TE16) hallin lämpötilaan ja antaa sen mukaan tuloilman (TE15) säätimelle asetusarvon. Lämpötilaa säädetään kolmessa portaassa. Lämmitystarpeen kasvaessa avaa ohjelma ensin LTO pellistön. Lämmöntarpeen edelleen kasvaessa avataan LTO venttiili ja lopuksi kaukolämpöventtiili. Jäähdytystarpeen kasvaessa toiminta on päinvastainen.

## LTO Huurtumisenesto

LTO:n paine-eron kasvaessa yli asetusarvon avaa ohjelma LTO:n ohituspeltejä. Paineen laskiessa alle asetuksen suljetaan ohituspeltejä lämmöntarpeen mukaan.

## Lämmityspatterin jäätymisen esto

Mikäli lämpötila laskee alle asetuksen anturin TE25 kohdalla avaa jäätymissuoja venttiiliä TV12. Lämpötilan laskiessa alle hälytysrajan pysäytetään koneisto. Jäätymissuoja on kuitattava keskuksesta jotta kone lähtee uudelleen käyntiin.

## KOSTEUSSÄÄTÖ

Ohjelma pyrkii pitämään hallin kosteuden ME16 alle asetusarvon avaamalla kuivauspatterin venttiiliä TV02. Venttiiliä rajoitetaan kuivauspatterin paluunesteen ja paine-eron perusteella.

## HIILIDIOKSIDIN SÄÄTÖ

Hallin hiilidioksidi QE16 pyritään pitämään alle asetusarvon säätämällä kierto- ja raikisilmapeltejä. Hiilidioksidipitoisuuden kasvaessa ohjelma sulkee kiertoilmapeltejä ja avaa raikisilmapeltejä.

## HÄLYTYKSET

Kone pysäytetään mikäli:

- Jäätymissuoja hälyttää (fyysinen) tai paluuvesi TE25 laskee alle hälytysrajan.
- Lämmityspatterinpumppu PU14 ei käy.
- Tuloilmanlämpötila TE15 nousee yli hälytysrajan (palovaara).

Liite 3. Valokuvia IV-kanavistosta, laitteistosta ja konekortti



IV-kanavisto (Maunu 2016)



IV-kontin laitteisto (Raappana 2016)



SUOMEN TEKOJÄÄ OY

KONEKORTTI

Kohde: Ranuan jäähalli

Osoite: Peuratie 1, 97700 Ranua

Laite: ST 3000IV

Nr: 4470315

Ilmankäsittelykone

TK01

PK01

Valmistaja

KOJA

Tyyppi

FUTURE 1212

SFP-luku

1,94 kW/(m3/s)

Ilmavirta

TK01 3,00 m3/s

PK01 3,5 m3/s

Puhaltimet

TF1

PF1

Valmistaja

KOJA

Tyyppi

FFTS-1212-L-2-SB-1-1-2-1-3-S-2

Moottori

5,5 kW / 11,2 A

Taajuusmuuttajat

SC31

SC32

Valmistaja

Schneider Electric

Tyyppi

ATV 212

Teho

5,5 Kw / 12 A

Pumput

TK01 LTO-patteri (PU10)

TK01 Jäähdytyspatteri (PU8)

Valmistaja

WILO

Tyyppi

IL65/160-1,1/4-E1

Sähköteho

1,1 kW / 2,6 A / 50 Hz

Sarjanumero

21080643/0005

Valmistaja

WILO

Tyyppi

IL50/110-1,5/2-E1

Sähköteho

1,5 kW / 3,3 A / 50 Hz

Sarjanumero

21066265/0004

3-tieventtiilit

TK01 LTO (TV12)

TK01 jäähdytys (TV11)

Valmistaja

BELIMO

Venttiili

H765N

Toimilaite

RV24A-SZ

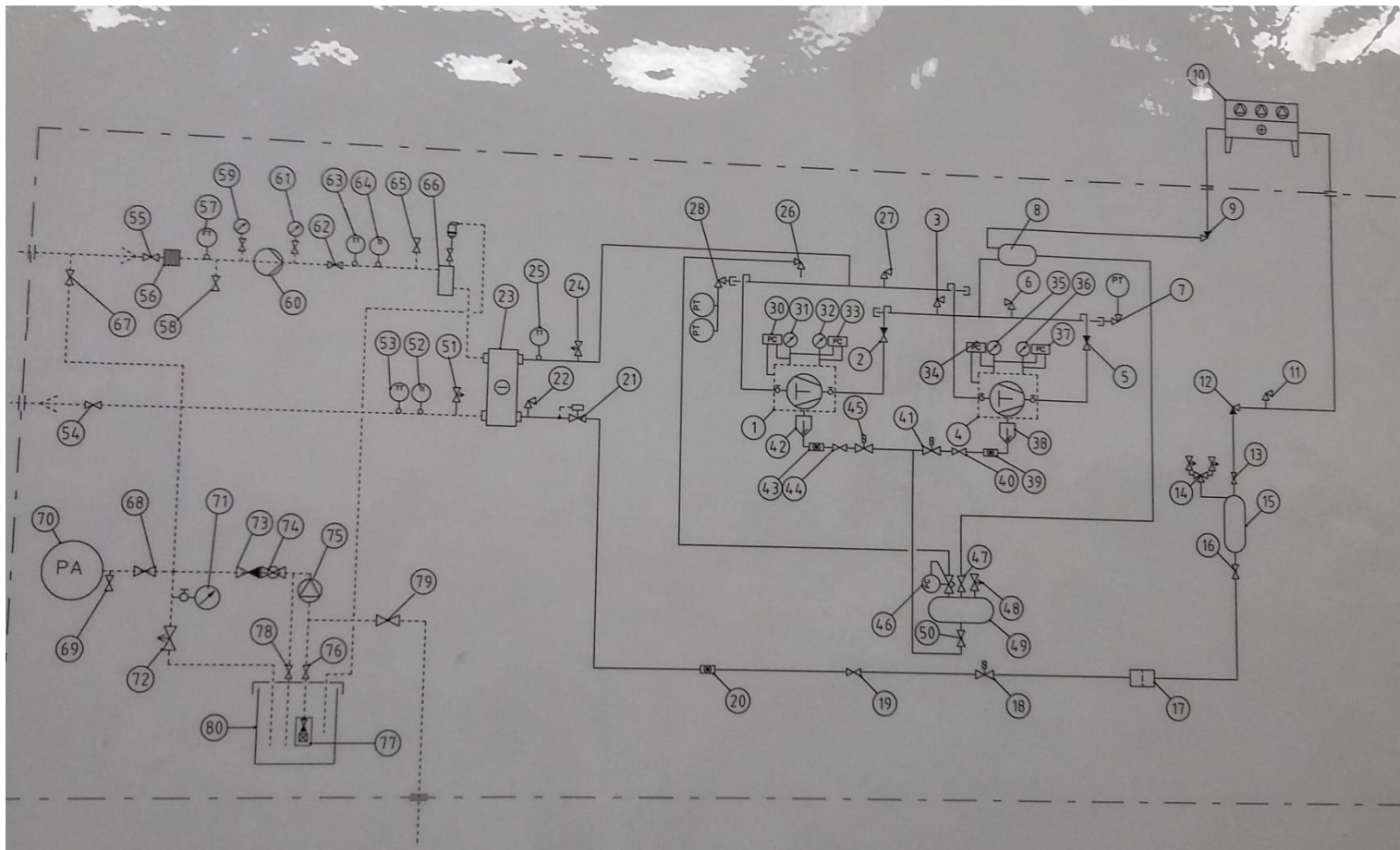
BELIMO

R3050-58-S4

SR24A-MF

Ilmanvaihtokoneen konekortti (Maunu 2016)

## Liite 4. Kylmäkone kytkentäkaavio ja osaluettelo



Ranuan kylmäkoneen kytkentäkaavio (Raappana 2016)

kompressor:	1, 4
sulku/yksisuuntaventtiili:	2, 5, 9, 12
huoltoventtiili:	3, 6, 7, 11, 22, 26, 27, 28
öljynerotin:	8
ilmalauhdutin:	10
sulkuventtiili:	13, 16, 19, 40, 44, 47, 50, 54, 55, 58, 62, 65, 67, 68, 69, 74, 76, 78, 79
vaihtuventtiili:	14,
liuosvaraaja:	15
suodatin:	17, 66
magneettiventtiili:	18, 41, 45
nestelasi:	20, 39, 43
elektroninen paisuntaventtiili:	21
höyrystin:	23
varoventtiili:	24, 48, 51, 72
lämpötilalähetin:	25, 53, 63
öljyn paine-ero pressostaatti:	30, 34
painemittari:	31, 32, 35, 36, 59, 61, 71
korkea/matalapaine pressostaatti:	33, 37
öljynpinnan säädin:	38, 42
paineensäädin:	46



öljyvaraaja:	49
lianerotin:	56
virtauskytkin:	57
rataliuospumppu:	60
paisunta-astia:	70
yksisuuntaventtiili:	73
täyttöpumppu:	75
pohjaventtiili:	77, 80
lämpömittari:	52, 64

## Liite 5. Kylmäkone-konekortti

SUOMEN TEKOJAA OY, 39700 PARKANO		KONEKORTTI	
puh.+358 3 44021, fax. +358 3 440 2206			
KOHDE:	OSOITE:	Tel:	
RANUA			
Tyyppi:	ST 2HGX7 55 FAC	valm. Nr: 1951107	
<b>KOMPRESSORI</b>		<b>Kompressor 1</b>	<b>Kompressor 1</b>
Manufacturer:	BOCK	BOCK	
Type:	HGX7/2110-4	HGX7/2110-4	
Serie Nr:	AP25204A018	AP25203A018	
<b>ÖLJYVARAAJA</b>			
Manufacturer:	ARCTEST		
Type:	Öljy 20		
Serie Nr:	0509 /3510		
Capacity (L):	18		
<b>ILMALAUHDUTIN</b>			
Manufacturer:	FINCOIL		
Type:	SCAE-5-4-914-950		
Serie Nr:	951402-3-001		
<b>HÖYRYSTIN</b>			
Manufacturer:	ALFA LAVAL		
Type:	CB300X-150H		
Serie Nr:	18123451		
<b>PUMPPU</b>		<b>Rataliuospumppu</b>	
Manufacturer:	KOLMEKS		
Type:	L-80A / 2		
Impeller (mm):	161		
Serie Nr:	028144 / 07		
<b>SAHKOMOOTTORI</b>			
Type:	OKN-132 E1 F19		
Power (kW)	7,5		
<b>PAISUNTA-ASTIA</b>		<b>Rataliukukselle</b>	
Manufacturer:	REFLEX		
Type:	300N		
Serie Nr:	07 H 0522 50059		
<b>LIUOSVARAAJA</b>			
Manufacturer:	ARCTEST		
Type:	ATV-100		
Capacity (L):	98		
Serie Nr:	0708 / 152		
<b>VAROVENTTIILIT</b>		<b>Kylmäaineelle</b>	
Manufacturer:	COSVAL		
Type:	D10/CS		
Opening pressure (bar)	26		
<b>SUODATTIMET</b>		<b>Kylmäaineelle</b>	<b>Rataliukukselle</b>
Manufacturer:	DANFOSS	ECONOSTO	
Type:	DCR 14413	Fig. 821	
<b>LIUKSET</b>		<b>Kylmäaine</b>	<b>Rataliuos</b>
Consentration:	R-404 A	Ethylene glycol 40 %	
<b>MUUTOKSET</b>		<b>NIMI</b>	<b>PAIVÄYS</b>

Ranuan kylmäkoneen konekortti (Raappana 2016)