

Ari Laitinen, Veijo Nykänen & Satu Paiho

Jäähallin kylmäkoneistojen hankintaopas

Jäähallin kylmäkoneistojen hankintaopas

Ari Laitinen, Veijo Nykänen & Satu Paiho

ISBN 978-951-38-7647-0 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2010

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P. O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

Toimitus Mirjami Pullinen

Ari Laitinen, Veijo Nykänen & Satu Paiho. Jäähallin kylmäkoneistojen hankintaopas [Procurement guide of ice rink refrigeration plant]. Espoo 2010. VTT Tiedotteita – Research Notes 2548. 109 s. + liitt. 78 s.

Avainsanat ice rink, refrigeration, procurement guide, R22

Tiivistelmä

Käsillä oleva opas antaa eväitä niin kylmäkoneiden hankintaa suunnitteleville kuin jäähdytys- ja kuivausjärjestelmien suunnittelijoille ja hallin käytöstä vastaaville tahoille. Oppaan painopiste on elinkaari-perustaisessa hankintamenettelyssä ja näkökulmana erityisesti julkinen hankintaprosessi, mutta opasta voidaan soveltaa myös perinteisessä hankintamenettelyssä ja yksityisissä hankinnoissa, oli kyseessä sitten uushankinta tai peruskorjaus.

Jäähallien kylmäjärjestelmän peruskorjaustarpeen aiheuttaa koneistojen taloudellisen käyttöiän saavuttaminen tai kylmäaineisiin liittyvien määräysten muuttuminen. Kylmäjärjestelmän peruskorjaus on ajankohtainen etenkin niissä laitoksissa, joissa on käytössä R22-kylmäaine. R22-kylmäaineen käyttö huolto- ja korjaustöissä on vahvasti rajoitettua vuoden 2010 alusta, vain regeneroitua tai kierrätettyä kylmäainetta saa käyttää. Täysin kiellettyä R22 on vuoden 2015 alusta. Jäähallien korjaustarpeita syntyy myös muiden järjestelmien, tilojen tai rakenteiden ikääntyessä. Hallin energiatalouden tehostamiseksi uusittavan kylmäkoneiston lauhde-energiat on hyödynnettävä mahdollisimman tarkasti. Tämä voi edellyttää myös taloteknisten järjestelmien ja ilman kuivauksen kylmäkoneiston korjaamista.

Hankkeessa tehtiin kaikkia jäähalleja koskeva kysely, jolla selvitettiin käytössä olevat kylmäaineet ja kylmäkoneistojen saneeraustarve. Selvityksen perusteella peruskorjaustarpeessa on vähintään 47 hallia, joista R22-kylmäainetta on käytössä 43 hallissa.

Kylmäjärjestelmän hankinta on taloudellisesti suuri investointi, ja järjestelmän toimivuudella ja energiatehokkuudella on suuri vaikutus hallin käyttökustannuksiin tulevana vuosina. Korjaushankintojen tulisivat kohdistua elinkaari-taloudeltaan edullisimpiin vaihtoehtoihin. Tilaajien on ollut vaikeaa esittää elinkaarikustannuksiin vaikuttavia tavoitteita hankkeelle, eikä ole ollut myöskään käytettävissä työkaluja eri tarjousvaihtoehtojen elinkaari-edullisuuden vertailuun.

Eri kylmälaitetoimittajien laitteistot eroavat toisistaan tekniikaltaan ja kylmäaineiltaan. Tilaajien tulisi pystyä kilpailuttamaan erilaisia ratkaisuja keskenään. Tämä on mahdollista, kun tilaaja asettaa toimivuus- ja laatu-tavoitteet huolellisesti ja toimittajat vastaavat laitteistojen suunnittelusta ja käytön aikaisista palveluista. Tässä oppaassa on esitelty kaksi vaihtoehtoa kylmäkoneiston hankintamalliksi. Sopimuskokonaisuuteen liitetään laitteiston suunnittelu, rakentaminen sekä huolto- ja kunnossapitopalvelut etukäteen sovitun elinkaarijakson ajaksi. Toinen kuvattu vaihtoehto on elinkaari-palvelu. Siinä toimittaja rahoittaa investoinnin ja tilaaja maksaa palvelumaksua, jota tarkistetaan vuosittain etukäteen sovitulla tavalla. Laitteiston omistaa palvelun tuottaja tai rahoittava kolmas osapuoli. Hankintaprosessia tarkastellaan ensisijaisesti julkisen hankinnan näkökulmasta, mutta menettelytavat soveltuvat ohjenuoraksi myös yksityisen tahon hankintoihin.

Oppaassa esitetään kattava menetelmä jäähdytysjärjestelmän tavoitearvojen laskentaan jäähdytysenergian- ja tehontarpeen osalta sekä esitetään hallin kuivaustarpeen laskenta. Oppaassa esitetään myös elinkaarihankinnoissa keskeinen elinkaarikustannusten laskentaperiaate sekä tarjousten vertailunäkökohtia. Lisäksi oppaassa käydään läpi toimivuuden varmistamiseen liittyviä näkökohtia, jotka liittyvät hankintaprosessin jokaiseen vaiheeseen.

Ari Laitinen, Veijo Nykänen & Satu Paiho. Jäähallin kylmäkoneistojen hankintaopas [Procurement guide of ice rink refrigeration plant]. Espoo 2010. VTT Tiedotteita – Research Notes 2548. 109 p. + app. 78 p.

Key words ice rink, refrigeration, procurement guide, R22

Abstract

This guide is written to all players involved in the procurement and delivery process of energy efficient refrigeration plants of ice rinks i.e. owners, contractors, equipment suppliers, designers, operators and service personnel.

Renewing of refrigeration plants is topical because the use of refrigerant R22 is to be phased out by 2015. Based on the query made there are at least 43 ice rinks in Finland that use R22 and several other that have technically and economically outdated refrigeration plants.

The guide presents two options for the procurement model. The first procurement model includes planning, construction, maintenance and repair for specified life cycle period. The second model is life cycle service model where the supplier also finances the investment and the client pays service charge which will be checked yearly based on performance and quality requirements. The purchase processes are developed especially for public clients but the same models can be applied for private owners as well.

The guide includes methodology to estimate the target values of the energy consumption of the refrigeration plant and the dehumidification need of the ice rink. There are also the principles of the life cycle costing calculation presented in the guide and information on how to compare the bids. Moreover the guide-book introduces commissioning (Cx) procedure covering the whole life cycle of the refrigeration plant. The key factors in successful commissioning performance requirements and metering.

Alkusanat

Tämä raportti liittyy opetusministeriön, Suomen Jääkiekkoliiton ja VTT:n yhteisrahoituksella toteutettuun jäähallien kylmäkoneistojen peruskorjausten hankintaprosesseja kehittäneeseen projektiin – ICE RINK Renovationiin. Hankkeessa kehitettiin elinkaaripalvelunäkökulmaan liittyviä hankintatapoja, jotka auttavat kylmäkoneiston peruskorjaukseen ryhtyviä kylmäkoneiston hankintaprosessissa.

Työn projektipäällikkönä toimi tutkija Ari Laitinen, joka kirjoitti luvut 1,5,6 ja 7 sekä osallistui luvun 8 kirjoitukseen. Muina tutkijoina toimivat erikoistutkija Veijo Nykänen, joka kirjoitti luvut 2, 3 ja 4, sekä erikoistutkija Satu Paiho, joka osallistui luvun 8 kirjoitukseen. Lisäksi hankkeeseen osallistui VTT:stä tutkija Teemu Vesanen, joka toteutti hankkeeseen liittyvän jäähallien kylmäaineita kartoittavan nettikyselyn.

Työtä ohjasi ohjausryhmä, johon kuuluivat

Risto Järvelä, opetusministeriö
Mauri Peltovuori, opetusministeriö
Pekka Paavola, Suomen Jääkiekkoliitto
Jukka Tenhunen, Helsingin jääkenttäsäätiö.

Tekijät ja VTT esittävät lämpimät kiitokset aktiiviselle ohjausryhmälle, haastateltujen yritysten ja jäähallien edustajille sekä tilaajalle.

Espoossa 5.5.2010

Tekijät

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	5
1. Johdanto	9
1.1 Jääkoneistojen uusintatarve	11
1.2 Kylmäaineet.....	12
1.2.1 Kylmäaineiden käyttöä rajoittavat kansainväliset sopimukset.....	14
1.2.2 HCFC- (R22) ja HFC- (R404A) kylmäaineiden käyttöön liittyvät asetukset.....	15
1.2.3 R717, ammoniakki (NH ₃)	16
1.2.4 R404A.....	16
1.2.5 R507A.....	16
1.2.6 Drop in -kylmäaineet.....	17
1.2.7 R744, hiilidioksidi (CO ₂)	17
1.2.8 Kylmäaineiden vertailua.....	20
1.3 Kylmäliuokset	21
2. Jäätalaitteiston korjauspalveluiden hankinta	23
2.1 Eri hankintamallit	23
2.2 Hankintalain velvoitteet.....	25
2.2.1 Julkisten hankintojen kynnysarvot.....	25
2.2.2 Hankintaprosessin kulku hankintalain mukaan (avoin menettely).....	25
2.2.3 Tarjouspyynnön sisältö hankintalain mukaan	26
3. Hankintaprosessi	27
3.1 Kylmäkoneiston hankintaprosessi	27
3.2 Tarveselvitys.....	28
3.3 Hankesuunnittelu	29
3.3.1 Hankesuunnittelun tarkoitus ja organisointi.....	29
3.3.2 Hankesuunnitelman laadinta.....	30
3.3.3 Tilaaajan suunnittelu	34
4. Hankinnan valmistelu.....	35
4.1 Hankinnan tavoitteet ja hankinta-asiakirjat	35
4.2 Toteuttajan valinta ja sopimus	35
4.2.1 Avoin ja rajoitettu hankintamenettely	35
4.2.2 Yritysten suorituskyvyn arviointi.....	36
4.2.3 Tarjousten vertailu ja urakoitsijan valinta	37
4.3 Toimittajan suunnittelu.....	38
4.4 Kylmäkoneiston rakentaminen.....	40
4.5 Vastaanotto ja toimivuuden todentaminen.....	41
4.6 Käyttö, hoito ja kunnossapito.....	42
4.7 Kylmälaitteiston omistus	43
5. Tavoitearvot.....	44
6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen	48
6.1 Jään lämpökuormitus	50
6.1.1 Jään kokonaislämpökuorma	50

6.1.2	Konvektion lämpökuorma	51
6.1.3	Lämpösäteilyn lämpökuorma	52
6.1.4	Jäänhoidon lämpökuorma.....	52
6.1.5	Ilmasta jäähän kondensoituvan veden lämpökuorma	53
6.1.6	Valaistuksen lämpökuorma.....	54
6.1.7	Ihmiset ja muut lämpökuormat.....	55
6.1.8	Maan lämpökuorma	57
6.1.9	Kylmäliuospumpun lämpökuorma.....	57
6.2	Kylmäliuoksen lämpötilatasot	57
6.3	Lauhdelämmön hyödyntäminen.....	58
6.3.1	Hallin lämmitystehontarve ja energiankulutus.....	59
6.3.2	Konvektion lämpöteho jäähän.....	60
6.3.3	Konvektion lämpöteho vaippaan.....	60
6.3.4	Vuotoilman lämmitystehontarve.....	61
6.3.5	Ilmanvaihdon lämmitystehontarve.....	62
6.3.6	Lämpökuormat.....	64
6.3.7	Johtuminen ympäröivistä tiloista	64
6.3.8	Ikkunoiden kautta halliin tuleva auringon säteilyenergia	65
6.3.9	Käyttöveden lämmitys.....	65
6.3.10	Lumen sulatus.....	66
6.3.11	Routalämmitys	66
6.3.12	Muut lauhteen käyttökohteet.....	67
6.3.13	Ilmalämmityksen ilmavirta ja sähköenergiankulutus	67
6.4	Hallin ilman kuivaustarve	68
6.4.1	Ulkoilmavirran kosteuskuorma	69
6.4.2	Vuotoilmavirran kosteuskuorma.....	70
6.4.3	Henkilöiden kosteuskuorma sekä muut kosteuskuormat	71
6.4.4	Jäähän kondensoituva vesivirta.....	71
6.4.5	Kondensoivan kuivainpatterin ilmavirta ja energiankulutus.....	71
6.4.6	Sorptiokuivaimen tehontarve	74
6.5	Kylmäkoneiston tehomitoitus	74
6.5.1	Hallin käyttöönottovaiheen tehontarve	74
6.5.2	Maksimikäyttöjakson tehontarve	79
7.	Elinkaarikustannukset ja tarjousten vertailu.....	88
8.	Toimivuuden varmistaminen	93
8.1	Kylmälaitteiston ToVa-kriteerit	95
8.1.1	Energia ja ympäristö	95
8.1.2	Sisäympäristö ja olosuhteet	96
8.1.3	Palvelukyky ja toimivuus	97
8.1.4	Käyttökustannukset.....	97
8.1.5	Yhteenveto keskeisistä ToVa-kriteereistä ja vaatimuksista.....	97
8.2	Toimivuuden varmistaminen elinkaaren aikana.....	99
8.2.1	Suunnittelu	99
8.2.2	Valmistus	99
8.2.3	Vastaan- ja käyttöönotto	99
8.2.4	Käyttövaiheen keskeiset mittaukset.....	101

9. Yhteenveto.....	103
9.1 Jäähallien korjaustarpeet.....	103
9.2 Hankesuunnittelu.....	103
9.3 Jäähdytysjärjestelmän vaatimusmäärittely.....	104
9.4 Tarjousten vertailu.....	105
9.5 Toimivuuden varmistaminen.....	105
9.6 Suunnittelu ja rakentaminen.....	106
9.7 Luovutus.....	106
9.8 Palvelut käytön aikana.....	106
Lähdeluettelo.....	107

Liitteet

- Liite A: Elinkaarikustannuksiin liittyvät taulukot
- Liite B: Jään pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin
- Liite C: Jään pinnan säteilytase
- Liite D: Pumppaus
- Liite E: Ilman aineominaisuuksia
- Liite F: Sää tiedot
- Liite G: Ilmalämmityksen ilmavirta
- Liite H: Jäähdytystekniikkaan liittyviä standardeja
- Liite I: Mitoitusolosuhteet
- Liite J: Tarjouspyyntöasiakirjan malli
- Liite K: Urakkaohjelman malli suunnittelu, toteutus, huolto ja kunnossapito (STH)
- Liite L: Jäähallin kylmäkoneiston suunnittelu, rakentaminen ja huolto- ja kunnossapitosopimus (STH)
- Liite M: Urakkaohjelman malli: jäähallin kylmälaitteiden elinkaari palvelu

1. Johdanto

Kylmäjärjestelmän saneeraus on ajankohtainen etenkin niissä laitoksissa, joissa on käytössä R22-kylmäaine. R22-kylmäaineen käyttö huolto- ja korjaustöissä on ollut vahvasti rajoitettua vuoden 2010 alusta: vain kierrätettyä kylmäainetta saa käyttää. Suomessa R22:ta ei puhdisteta uudelleen käytettäväksi, eli huolto on erittäin epävarmaa. Täysin kiellettyä R22 on vuoden 2015 alusta. Toisaalta saneeraustarvetta aiheuttaa se, että jäähallikanta on osin ikääntynyttä ja kylmälaitteistot ovat kylmäaineesta riippumatta tulleet elinkaarensa loppupuolelle.

Kylmäkoneiston merkitys hallin energiataloudessa on keskeinen. Kylmäkoneiston sähkönkulutus muodostaa harjoitushallin kokonaissähkönkulutuksesta 50–60 %. Lisäksi koneistosta saatavaa lämpöä eli ns. lauhdelämpöä voidaan hyödyntää moninaisissa lämmityskohteissa: jäänhoitoveden lämmittämisessä, käyttöveden esilämmityksessä, hallin ja sosiaalitilojen lämmittämisessä ja routasuojauksessa. Joissakin tapauksissa lämpöä voidaan jopa myydä esimerkiksi läheisen uimahallin tarpeisiin.

Ympäristönäkökulmasta, jonka merkitys kasvaa jatkuvasti, lauhdelämmön mahdollisimman tarkka hyödyntäminen on tärkeää. Lauhdelämmön hyödyntämisessä on huomattava, että lauhteen lämpötila on verrattain alhainen. Normaalisti suurin osa lämmöstä saadaan 30–35 °C:ssa, ja vain pieni osa, ns. tulistuslämpö (10–15 %), korkeammassa lämpötilassa.

Kylmäkoneistolla voidaan huolehtia myös hallin kosteudenhallinnasta käyttämällä kylmäliuoskierrosta saatavaa jäähdytysenergiaa kondensoimaan hallin ilmasta kosteutta. Hallin kosteuskuormasta suurimman osan muodostaa ilmanvaihdon mukana tuleva kosteus, joka on suurimmillaan kesällä ja alkusyksystä. Tästä syystä on järkevää kuivata ulkoilma ennen halliin puhaltamista. Lisäksi jäänhoitosta, ihmisistä sekä ilmavuodoista tulee halliin kosteutta, joka on syytä poistaa kierrättämällä halli-ilmaa kuivauslaitteiston kautta.

Kylmälaitteiston peruskorjaus antaa mahdollisuuden tehostaa jäähallin olosuhteiden ja kosteuden hallintaa sekä energiankäyttöä. Nämä asiat onkin syytä ottaa huomioon suunnittelussa ja toteutuksessa, vaikka kaikkia mahdollisuuksia ei hyödynnettäisikään heti ensimmäisessä vaiheessa. Kylmäkoneiston saneeraus-suunnitelman laatiminen vanhaan halliin on usein vaativampaa kuin uuden laitoksen suunnittelu johtuen vanhan järjestelmän aiheuttamista reunaehdoista. Saneeraussuunnitelma sisältää usein vanhojen järjestelmien kartoituksen ja mahdollisia kuntotarkastuksia, joilla selvitetään peruskorjaustarpeiden laajuus.

Peruskorjaushanke on perinteisesti toteutettu pilkkomalla hanke suunnitteluun ja laiteurakkaan, mutta muunkinlaisia toteutusvaihtoehtoja on olemassa. Talotekniikan hankinnoissa on viime aikoina alettu puhua elinkaaripalveluista. Niillä tarkoitetaan hankintamenettelyjä, joissa toteuttaja vastaa järjestelmistä perinteistä takuuaikaa pidemmällä ja laajemmalla vastuulla. Saneeraushankkeen toteuttajan vastuisiin voi sisältyä suunnittelua, toteutusta sekä vastuuta laitteiston yllä- ja kunnossapidosta sovittavan ajanjakson ajan. Pisimmälle vietyinä tämä toteutusmalli tarkoittaisi esimerkiksi haluttujen olosuhteiden

1. Johdanto

ostamista, ei siis pelkän laitteen hankintaa. Jäähallin yhteydessä tämä tarkoittaisi esimerkiksi vaaditun jään ja hallin lämpötilan sekä ilman kosteuden saavuttamista tietyllä energiankulutustasolla.

Kylmäjärjestelmän korjauskonsepteja voidaan ajatella erilaisina palvelupaketteina kuten kokonaisvastuutoimituksina tai energiansäästörahoituksella korjaamisina. Kylmäkoneiston kokonaisvastuutoimituksella tarkoitetaan kokonaisjärjestelmän toimitusta, jossa taataan kylmäkoneiston kannalta keskeiset ominaisuudet (esim. COP, energiatakuu). Tässä mallissa tilaaja maksaa toteutuneesta palvelutasosta, ei pelkästään tekniikasta. Keskeistä tässä mallissa on toiminnallisten vaatimusten määrittely tarjouspyynnössä sekä vaatimusten todentaminen suunnitteluvaiheessa ja jälkeinpäin laitoksen valmistuttua. Korjaaminen energiansäästörahoituksella voidaan toteuttaa esimerkiksi ns. ESCO-mallilla, jossa hankinnan rahoittaa kolmas osapuoli (tilaaja–toteuttaja–rahoittaja) ja hankinta maksetaan korkoineen investoinnin tuottamalla energiansäästöillä.

Oli toteutustapa mikä hyvänsä, keskeisten vaatimusten (olosuhteet, energiatalous) todentaminen on ehdottoman tärkeää, vaikka se aiheuttaakin usein lisäkustannuksia – esimerkiksi lisää mittauksia ja perinteistä laajempia vaatimuksia rakennusautomaatiolle. Mittauksia voidaan hyödyntää paitsi todentamisessa, myös laitoksen hoidossa ja ylläpidossa muun muassa laitevaurioiden paikallistamisessa ja ennakoinnissa.

Elinkaarimallien paremmuutta perinteiseen urakkakilpailuun verrattuna perustellaan sillä, että elinkaarimallissa kilpailaan järjestelmien laadulla ja elinkaaritaloudellisuudella. Laadullisesti parempia ja energiatehokkaita järjestelmiä ajatellaan saavutettavan silloin, kun toimittajan intresseissä on toimittaa kokonaistaloudellisia järjestelmiä eikä pelkästään hankintahinnaltaan kilpailukykyisiä laitteita.

Elinkaarimallin läpiviemiseksi tarvitaan hankintaprosessin kehittämistä, joka pitää sisällään monia malleja ja menettelytapoja, joita on jo laadittu talotekniikka-alalle muun muassa Tekesin rahoittamassa, Cube – Talotekniikan teknologiaohjelmassa. Laadittuja malleja ovat

- olosuhteiden ja palvelutason asettamisen mallit
- todentamisenmenetelmät, joilla varmistetaan, että tilaaja saa mitä on tilannut
- kilpailuttamisperusteet ja vertailukriteerit
- hankintamallit, sopimusmallit ja -ehdot
- asiakirjamallit ja menettelytapaohteet
- elinkaarilaskennan pelisäännöt.

Tämän oppaan tavoitteena on edistää hyviä hankintatapoja ja hankinnan osaamista. Lisäksi tavoitteena on edistää elinkaariosaamista sekä ympäristöystävällisen laitekannan yleistymistä jäähalleissa. Tästä näkökulmasta elinkaarihankintamallien kehittäminen nähdään merkittävänä mahdollisuutena. Oppaassa esitetään työkaluja ja toimintamalleja 1) tarjouskyselyn laadintaan, 2) tarjousten vertailuun ja 3) vaatimusten todentamiseen. Valmiiden käytäntöjen sekä laskenta- ja arviointimallien puute hidastaa innovatiivisten hankintamenettelyjen ja laiteratkaisujen käyttöönottoa, mihin tällä oppaalla saatavan aikaan muutoksia.

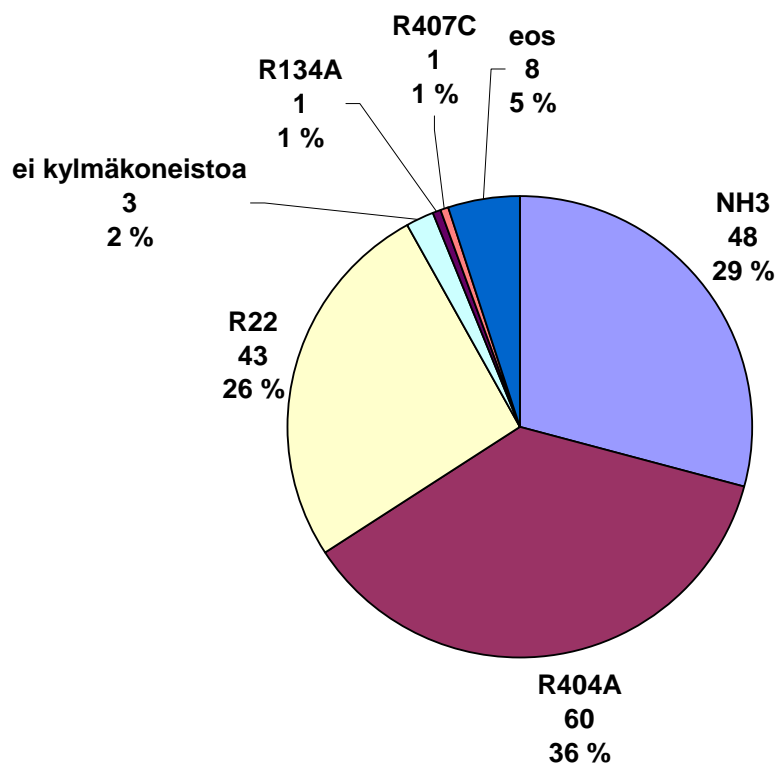
1.1 Jääkoneistojen uusintatarve

Hankkeessa kartoitettiin jäähalleissa käytössä olevat kylmäaineet lähettämällä kaikille halleille kylmälaitoksiin liittyvä kysely. Kyselyssä tiedusteltiin kylmälaitoksessa käytettävää kylmäainetta ja saneeraustarpeen ajankohtaisuutta.

Kyselyyn vastasi pyydettyyn aikaan mennessä 68 hallia, ja puhelimitse selvitettiin 96 hallin tilanne. Yhteensä tiedossa on 164 hallin tilanne. Vastausten perusteella jäähalleissa on käytössä viisi eri kylmäainetta:

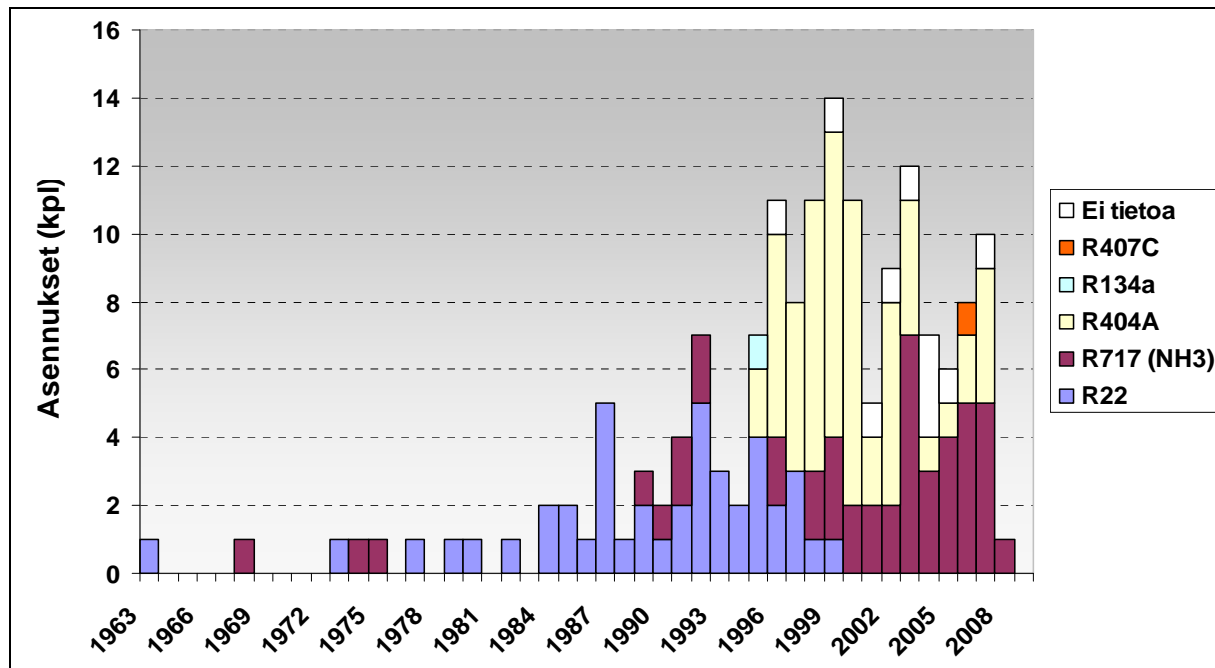
- R717 eli ammoniakki (NH₃)
- R22
- R404A
- R134a ja
- R407C.

Näistä käytetyimmät ovat R404A ja ammoniakki, jotka ovat nykyisin kylmälaitoksissa hyväksytyjä aineita. R22-laitoksia on noin neljännes vastanneista. R134a ja R407C ovat käytössä vain yhdessä hallissa. Kylmäaineiden prosentuaalinen jakauma on esitetty kuvassa 1 ja kuvassa 2 esitetään kylmäaineiden käyttö eri vuosina valmistuneissa laitoksissa.



Kuva 1. Jäähalleissa käytetyt kylmäaineet ja niiden kappalemääräiset ja suhteelliset osuudet kyselyn vastausten perusteella. Kaikkiaan tieto perustuu 164 hallin tietoihin. Eos = ei osannut sanoa (joissakin vastauksissa oli sekoitettu kylmäaine rataputkistossa kiertävään kylmäliuokseen).

Kylmäkoneiston saneeraustarpeesta on ilmoittanut 47 hallia, joka on 29 % vastanneista. Näistä 43 on R22-laitoksia, kaksi ammoniakkaa käyttävää ja kaksi R404A kylmäainetta käyttävää.



Kuva 2. Kylmäaineiden käyttö eri vuosina valmistuneissa laitoksissa kyselyn tulosten perusteella.

R404A on ammoniakkaa huomattavasti nuorempi kylmäaine, sillä se tuli markkinoille vasta ”kylmäainekriisin” jälkimainingeissa 1990-luvun loppupuolella, jolloin haluttiin eroon otsonikatoa aiheuttavista ja kasvihuoneilmiötä kiihdyttävistä kylmäaineista. Samasta syystä R22:n käyttö näyttää loppuneen kyselyn perusteella vuonna 1999, eli viimeinen laitos on asennettu samana vuonna kuin R22 kiellettiin uusissa koneistoissa.

R134a jäi hyvin lyhytaikaiseksi korvaavaksi kylmäaineeksi jäähallisovelluksissa, sillä tuolloin markkinat olivat käymistilassa eikä saatavilla ollut muita vaihtoehtoja. Jäähalliolosuhteissa R134a:n ominaisuudet (mm. energiataloudelliset ominaisuudet) eivät olleet kilpailukykyisiä muihin aineisiin verrattuna ja sen käyttö jäi vähäiseksi. R134a:ta on sen sijaan käytetty enemmänkin ilmaston jähdytysratkaisuissa.

R407C-kylmäaineella on korvattu R22-kylmäainetta lähinnä ilmaston jähdytysratkaisuissa ja jäähallikoneikoissa. Sen käyttö ei ole taloudellista muun muassa suuren lämpötilaliukuman (7 °C) johdosta.

1.2 Kylmäaineet

Varsin monia aineita voidaan käyttää kylmäaineena, useimmiten faasimuutoksen avulla. Faasimuutoksessa neste höyrystyy kaasuksi, jolloin höyryyn sitoutuu paljon energiaa. Höyryyn lauhtuessa nesteeksi vastaava määrä energiaa vapautuu ympäristöön. Kylmäkoneistossa, esimerkiksi jääkaapissa, höyrystyminen toteutetaan alhaisessa paineessa ja lämpötilassa ns. höyrystimessä, joka on sijoitettu jääkaapin sisätilaan. Höyrystynyt kylmäaine pumpataan kompressorilla korkeaan paineeseen ja samalla korkeaan lämpötilaan (kaasu lämpimää puristettaessa kokoon). Kuuma kaasu johdetaan jääkaapin ulkopuolella

olevaan lämmönsiirtimeen ns. lauhduttimeen, jossa kylmäaine nesteytyy ja luovuttaa höyrystimen imemän ja kompressorin lisäämän lämmön ympäristöön eli jääkaapin tapauksessa huoneistoon. Samaa periaatetta käytetään myös jäähalleissa jään tuottamiseen ja ylläpitoon.

Ensimmäisessä Perkinsin rakentamassa toimivassa kylmäkoneistossa käytettiin kylmäaineena eetteriä. Tämä tapahtui 1830-luvulla, jolloin kylmäaineiden innovointi tapahtui pääasiassa yrityksen ja erehdyksen kautta. Kylmälaitteissa kokeiltiin kaikkia tunnettuja aineita, joista useimmat toimivat yhdisteet olivat palavia, räjähdysherkkiä tai myrkyllisiä kuten monet hiilivedyt (etaani, etylkloridi ja metylkloridi), rikkidioksidi, ammoniakki sekä hiilidioksidi. Onnettomuudet kokeilujen yhteydessä olivat yleisiä. Näistä ensimmäisen sukupolven kylmäaineista ammoniakki, muutamista haitoistaan huolimatta, on jäänyt yleiseen käyttöön useiden hyvien ominaisuuksiensa ansiosta.

Toisen sukupolven kylmäaineita alettiin järjestelmällisesti etsiä 1930-luvulla. Järjestelmällisen kartoituksen avulla etsittiin erityisesti turvallisia ja kestäviä kylmäaineita. Tutkimuksissaan Midgley päätyi kahdeksaan lupaavaan alkuaineeseen ja niiden yhdisteisiin: hiili, typpi, happi, rikki, vety, fluori, kloori ja bromi. Midgley'n tutkimukset johtivat halogenoitujen hiilivetyjen, kansan kielellä freonien, käyttöön kylmätekniikassa. Freon on erään valmistajan kylmäaineilleen antama kaupallinen nimi.

Halogeenihiilivedyistä käytetään alkuainekoostumuksen mukaan seuraavia nimityksiä:

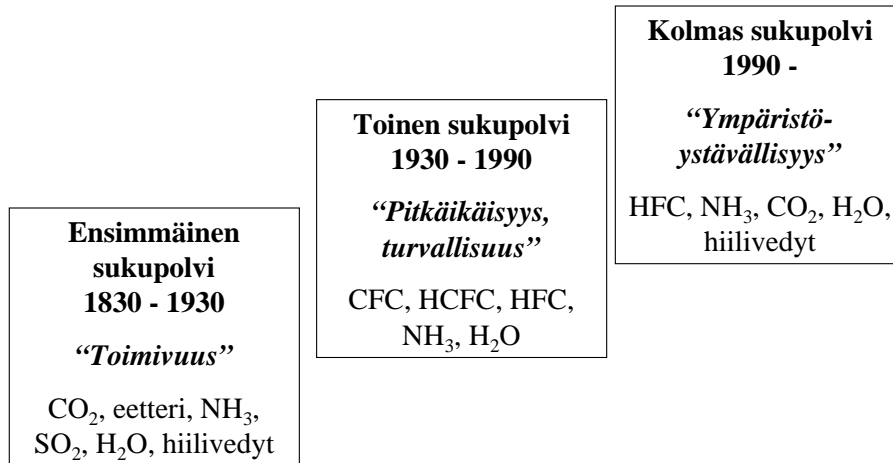
- klooria ja fluoria sisältävät CFC (esim. R12)
- vetyä, klooria ja fluoria sisältävät HCFC (esim. R22)
- vetyä ja fluoria sisältävät HFC (esim. R134a, R404A).

Kylmätekniikassa kylmäaineita merkitään kansainvälisesti sovitulla symbolilla R (*refrigerant*) ja sen perässä olevilla numeroilla. Halogeenihiilivedyillä (CFC, HCFC, HFC) numero ilmaisee järjestyksessä hiili-, vety- ja fluoriatomien lukumäärän. Jos molekyyli on enemmän kuin yksi hiiliatomi, voi atomien sijainti vaihdella koostumuksen pysyessä muuttumattomana. Näitä ns. monomeereja erotetaan toisistaan numerokoodin perässä olevalla kirjaimella (esim. R134a). Eräille ns. atseotrooppisille halogeenihiilivetyseoksille käytetään niiden keksimisjärjestyksen mukaan symbolista R500 eteenpäin olevaa numerointia ja tseotrooppisille kylmäaineseoksille symbolista R400 alkaen. Butaaneille on varattu luvut 600:sta ylöspäin. Epäorgaanisille yhdisteille, kuten ammoniakki R717, on sovittu merkintäkäytäntö symbolista R700 alkaen. 700 ylimenevä osa ilmoittaa aineen moolimassan; ammoniakkin moolimassa on täten 17.

Kylmäaineiden seosta, joka ei höyrysty tietyssä lämpötilassa vaan jonka komponentit höyrystyvät hieman eri lämpötiloissa (lämpötilaliukuma pahimmillaan noin 7 °C), kutsutaan tseotrooppiseksi kylmäaineseokseksi. Atseotrooppiset seokset puolestaan höyrystyvät tietyssä vakio­lämpötilassa.

Kolmannen sukupolven kylmäaineiden kehittämisen käynnisti 1980-luvun lopulla tiedostettu, erityisesti CFC- ja HCFC-kylmäaineiden, yhteys ilmakehän yläkerrosten otsonikatoon. Sitten­min ympäristönsuojelulliset tavoitteet ovat johtaneet myös ilmakehän lämpenemiseen yhdistettyjen kylmäaineiden epäsuosioon ja käytön yhä kiristyviin rajoituksiin (katso tietolaatikko).

Tällä hetkellä potentiaalisimmat korvaavat kylmäaineet otsonikerrosta heikentäville CFC- ja HCFC-kylmäaineille ovat HFC (jäähallikäytössä esim. R404A) ja ns. luonnolliset kylmäaineet (jäähallikäytössä lähinnä CO₂ ja NH₃). HFC-kylmäaineet ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja. Tyypillisesti yhden kilogramman HFC-päästö, esimerkiksi kylmälaitoksen vuototilanteessa, vastaa vaikutuksiltaan 1 000–3 000 kilogramman hiilidioksidipäästöä (CO₂). Tästä syystä HFC-kaasut kuuluvat Kioton pöytäkirjan soveltamisalaan, ja tulevaisuudessa niiden käyttöä tullaan rajoittamaan. Toistaiseksi ei ole tiedossa HFC-aineiden käytön rajoituksia jäähallien kylmälaitteistoissa.



Kuva 3. Kylmäaineiden kehitys sukupolvittain.

1.2.1 Kylmäaineiden käyttöä rajoittavat kansainväliset sopimukset

Otsonikato

Ennen vuotta 1987 kylmälaitosten kylmäaineisiin ei kiinnitetty erityistä huomiota. Kylmäkoneet valittiin hankintakustannusten, tuottoarvojen, luotettavuuden sekä käyttö- ja huoltonäkökohtien perusteella. Vuonna 1987 solmittiin Montrealissa kansainvälinen sopimus (Montrealin pöytäkirja) yläilmakehän otsonikerrosta tuhoavien CFC-kylmäaineiden käytön ja valmistuksen vähittäisestä lopettamisesta. Montrealin pöytäkirja on ollut yksi menestyksekkäimmistä ympäristön suojelemiseksi solmituista kansainvälisistä sopimuksista. Montrealin pöytäkirjaa on muutettu tähän mennessä neljä kertaa. Suomessa CFC:tä käyttävien uusien laitteiden myynti on ollut kiellettyä vuodesta 1995 lähtien, ja niiden käyttö vanhojen laitteiden huollossa kiellettiin vuoden 2001 alusta.

Otsoni on hapen eräs olomuoto, joka yläilmakehässä "sitoo" auringosta peräisin olevaa lyhytaaltoista ultraviolettisäteilyä. Maan pinnalle päästessään säteily aiheuttaa vaurioita ihmisille, eläimille ja kasveille. CFC-kylmäaineiden sisältämän kloorin raportoitiin haittaavan luonnollisen otsonin syntymekanismeja ja edistävän otsonin hajoamisprosessia jo niinkin varhain kuin vuonna 1974 (M. J. Molina ja F. S. Rowland). Tämä tulos ja sitä seuranneet tutkimukset johtivat yleiseen huoleen stratosfäärin otsonikerroksen ohenemisesta ihmisen toiminnasta peräisin olevien kloorin- ja bromiyhdisteiden vaikutuksesta. Montrealin pöytäkirjassa on sovittu näiden otsonikerrosta vaurioittavien yhdisteiden käytöstä ja valmistuksesta luopumisen aikataulusta. Tällaisia klooria ja bromia sisältäviä kemikaaleja ovat muun muassa CFC- ja HCFC-kylmäaineet, liuotteet, solumuovien vaahdotusaineet, aerosolien ponneaineet ja tulipalojen sammutusaineet.

Ilmastonmuutos

Ensimmäiset havainnot ilmakehän kaasujen vaikutuksesta ilmakehän lämpötilaan ja maanpinnalla vallitsevaan ilmastoon teki matemaatikko J.-B. Fourier vuonna 1827. Hän myös ensimmäisenä käytti kasvihuonekaasu-analogiaa kaasujen ilmastollisen vaikutuksen toteamiseen. Ensimmäisenä fossiilisten polttoaineiden käytön aiheuttamasta hiilidioksidipäästöjen lisääntymisestä johtuvista ilmastomuutoksesta varoitti S. Arrhenius julkaisussaan vuonna 1896. Laajempaa huomiota ilmastomuutos sai kuitenkin vasta vuonna 1990 kansainvälisen ilmastopaneelin (IPCC) julkaistua arvion ihmisen toiminnasta

aiheutuvien kasvihuonekaasujen päästöjen ja ilmastomuutoksen yhteydestä. IPCC:n raportti johti vuonna 1992 Rio de Janeirossa kansainvälisen ilmastosopimuksen allekirjoittamiseen. Ilmastosopimus tuli Suomen osalta voimaan 1994. Sopimuksen tavoitteena on vakiinnuttaa kasvihuonekaasujen pitoisuudet ilmakehässä sellaiselle tasolle, ettei ihmisen toiminnasta aiheudu vaarallisia häiriöitä ilmakehälle. Ilmastosopimus määrittelee kasvihuonekaasut ja asettaa näiden vähentämiseksi yleiset tavoitteet. Rion puitesopimuksen tavoitteita ja päästövähennysvelvoitteita täsmennettiin vuonna 1997 Kiotossa allekirjoitetussa ns. Kioton pöytäkirjassa. Kioton pöytäkirja määrittelee teollisuusmaiden päästökaton ensimmäiselle sitomuskaudelle vuosille 2008–2012. EU:n sisällä päästökaton on jaettu eri tavoin eri maiden kesken. Suomi on tässä yhteydessä sitoutunut rajoittamaan kasvihuonekaasujen päästöt vuoden 1990 tasolle vuoteen 2010 mennessä. Vähentämissitoumuksessa on mukana kaikkiaan kuusi kaasua tai kaasuryhmää, joista kaksi liittyy kylmälaitoksiin: hiilidioksidi (CO₂) ja fluorihilivedyt (HFCt).

1.2.2 HCFC- (R22) ja HFC- (R404A) kylmäaineiden käyttöön liittyvät asetukset

EU:n asetus 1005/2009 ja Valtioneuvoston päätös 262/1998 otsonikerrosta heikentävistä aineista käsittelee muun muassa osittain halogenoitujen kloorifluorihilivetyjen (HCFC-kylmäaineet, ml. R22) valmistusmäärien vaiheittaista vähentämistä.

HCFC-kylmäainetta (esim. R22) sisältävien laitosten huolto oli sallittu uusilla HCFC-aineilla vuoden 2009 loppuun asti. Tämän jälkeen huolto on sallittu kierrätetyillä HCFC-kylmäaineilla vuoden 2014 loppuun asti. Suomessa kylmäaineita ei puhdisteta uudelleen käytettäväksi, joten tästäkin syystä huolto vuoden 2009 jälkeen HCFC-aineilla on hyvin epävarmaa (Aalto 20.2.2008).

HCFC-yhdisteitä, muun muassa R22:ta, ei ole saanut tuoda EU:hun enää vuoden 2009 jälkeen. Vuoden 2010 alusta vuoden 2014 loppuun saakka vain kierrätettyjä HCFC-yhdisteitä saa käyttää kylmälaitteiden kunnossapidossa ja huollossa. Asetus 1005/2009 rajoittaa nimenomaan käyttöä. Vuonna 2009 hankittua uutta kylmäainetta ei saa siis enää vuonna 2010 käyttää HCFC-laitosten korjauksessa tai huollossa. Esimerkiksi R22-kylmäaine voidaan korvata sopivalla HFC-huoltokylmäaineella, joita on jo tullut markkinoille. Tällöin on otettava huomioon huoltokylmäaineen vaikutus hyötysuhteeseen ja koneiston ja paisuntaventtiilin tehoon sekä kylmäaineen mahdollisen lämpötilaliukuman vaikutus koneiston toimintaan.

Tapauskohtaisesti voidaan käyttää myös jo käytössä olevia HFC-kylmäaineita edellyttäen, että sopivuus olemassa olevaan laitokseen tarkistetaan. Iäkkäimpien koneistojen kohdalla on suositeltavaa uusia koko koneisto. Silloin käyttäjä saa uudelle kylmäaineelle suunnitellun koneiston, joka toimii energiataloudellisesti.

Kylmäalan toimijoiden pätevyysvaatimukset on esitetty valtioneuvoston asetuksessa, joka koskee otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorihilivetyjä sisältävien laitteiden huoltoa sekä huolto- toimintaa ja jätehuoltoa suorittavien pätevyysvaatimuksia 452/2009. Tilaajan tulisi tarkistaa, että kylmätöitä tarjoavan tai tekevän toiminnanharjoittajan nimi löytyy TUKESin rekisteristä (www.tukes.fi). Jos nimeä ei löydy, kylmälaitosta asentava tai huoltava toiminnanharjoittaja syyllistyy rikoslain Ympäristörikokset-kohdan rikkomiseen. Lisäksi tällaisen rekisteröitymättömän toiminnanharjoittajan merkintä kylmälaitoksen huoltopäiväkirjassa on mitätön. Kylmäalan asennus- ja huoltotöitä saa tehdä vain rekisteröidyn yrityksen vastuuhenkilö tai vastuuhenkilön alaisuudessa toimivat riittävän pätevyyden hankkineet asentajat ja huoltohenkilöt.

Henkilöstön pätevyysvaatimuksia ja määräaikaistarkastuksia HFC-laitoksissa (mm. R404A) on esitetty asetuksessa 842/2006 (ns. F-kaasusetus) ja sitä tarkentavissa asetuksissa 1516/2007, 1494/2007,

1. Johdanto

1493/2007 ja 303/2008. Jäähallien käyttöön liittyen näissä asetuksissa määrätään HFC-laitosten määräaikaistarkastuksista seuraavaa:

- 1) määräaikaiset vuototarkastukset 4.7.2007 alkaen: 3–30 kg laitokset kerran 12 kuukaudessa
- 2) 30–300 kg laitokset kerran kuudessa kuukaudessa
- 3) yli 300 kg laitokset kerran kolmessa kuukaudessa (vuotojenhavaitsemisjärjestelmän asentamisen jälkeen kerran kuudessa kuukaudessa)
- 4) ohjeet vuotojen estämisestä ja vuotojen havaitsemisjärjestelmien käyttöönottamisesta 4.7.2007 alkaen
- 5) ohjeet kylmäaineen talteen ottamiseksi.

1.2.3 R717, ammoniakki (NH₃)

Ammoniakkia on perinteisesti käytetty teollisissa kylmälaitoksissa. Ammoniakilla on suuri höyrystymislämpö ja volymetrinen kylmäntuotto, joka on hyvä ominaisuus suurissa laitoksissa mutta joka rajoittaa sen käyttöä pienissä laitoksissa. Ammoniakin ongelmana on, että se on 1. luokan palava neste ja 1. luokan myrky, jolloin tarvitaan erikoiskonehuonetila. Edellä mainituista syistä suorien ammoniakkijärjestelmien käyttö on rajoitettua. Kontrolloiduissa olosuhteissa ammoniakki on turvallinen kylmäaine: esimerkiksi välillisellä järjestelmällä ammoniakkitäyttö saadaan rajattua vain konehuoneeseen. Ammoniakki syövyttää kuparia, joten laitteistossa ei voi käyttää kuparia. Putkistot tehdään yleensä teräksestä.

1.2.4 R404A

R404A on kylmäaineseos, jonka komponentit ovat R-125, R-134a ja R-143a. Sitä saa käyttää niin uusissa laitteissa kuin huollossakin. Huollossa on otettava huomioon, että R404A on ongelmajätettä. Voitelussa on käytettävä polyesteriöljyä. Seoksella on pieni lämpötilaliukuma, noin 0,7 °C, ja se sopii hyvin matala- ja keskipainealueelle. R404A on saavuttanut Euroopassa vahvan aseman R-22:n ja R-502:n korvaajana uusissa laitteistoissa muualla kuin ilmastoinnin jäähdytyksessä. Käyttökohteita ovat esimerkiksi (Kianta 25.5.2008)

- kaupalliset kylmälaitokset
- kylmä- ja pakastuhuoneiden sekä -varastojen kylmäkoneistot
- jääratokoneistot
- autokylmäkoneet (koritilat).

1.2.5 R507A

R507A on kylmäaineseos, jonka komponentit ovat R-125 ja R-143a. Sitä saa käyttää niin uusissa laitteissa kuin huollossakin. Huollossa on otettava huomioon, että R507A on ongelmajätettä. R507A on ominaisuuksiltaan hyvin lähellä R404A:ta, mutta jostain syystä sen käyttö ei ole läheskään yhtä yleistä kuin R404A:n (Kianta 25.5.2008).

1.2.6 Drop in -kylmäaineet

Drop in -kylmäaineella tarkoitetaan kylmäainetta, joka voidaan vaihtaa vanhan kylmäaineen tilalle ilman erityisiä toimenpiteitä (esim. öljytyypin vaihto). Drop in -kylmäaineet soveltuvat korvaaviksi kylmäaineiksi kuivahöyrysteisiin järjestelmiin. Vaihdoilla on usein seuraavia vaikutuksia vanhan kylmäkoneiston toimintaan (Kianta 25.5.2008):

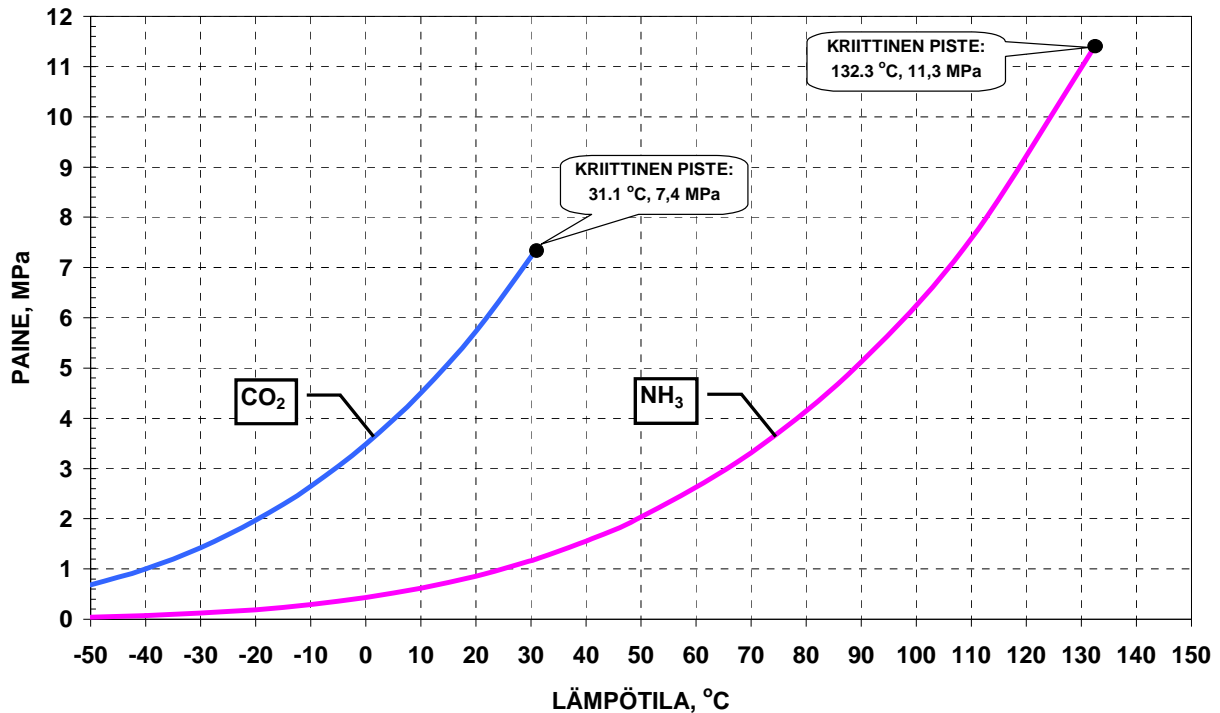
- jäähdytysteho laskee
- öljynkierto-ongelmia ilmenee
- paisuntaventtiilin teho loppuu kesken
- lämpötilaliukuma vaikuttaa järjestelmän toimintaan
- kumitiivisteet vuotavat.

Markkinoilla on useita drop in -kylmäaineita, jotka soveltuvat korvaaviksi kylmäaineiksi vanhaan R22-laitokseen. Kaikki nämä ovat ns. seoskylmäaineita, joista useimpien pääkomponentteina ovat R134a ja R125. Tällaisia drop in -kylmäaineita ovat muun muassa R417A, R422A, R422D, R424A, R427A (Kianta 25.5.2008).

1.2.7 R744, hiilidioksidi (CO₂)

Hiilidioksidin käyttö kylmäaineena alkoi vuonna 1902. Sillä on eräitä mielenkiintoisia ominaisuuksia, jotka tekevät siitä hyvän vaihtoehdon ammoniakille etenkin suurehkoissa laitoksissa ja alhaisissa lämpötiloissa. CO₂ on yksi harvoista luonnollisista kylmäaineista, joka ei ole herkästi syttyvä tai myrkyllinen. Se on halpaa, sitä on yleisesti saatavilla ja sen ilmastovaikutusten katsotaan olevan kylmäainekäytössä yksi (*global warming potential*, GWP = 1), koska sitä saadaan teollisuusprosessien sivutuotteena. Hiilidioksidia syntyy esimerkiksi ammoniakkaa valmistettaessa ja fossiilisia polttoaineita poltettaessa. Hiilidioksidin käyttökohteet ovat moninaiset: sitä käytetään paitsi kylmäaineena jäähdytys- ja lämpöpumppulaitoksissa, myös muun muassa virvoitusjuomien hiilihapotukseen.

Hiilidioksidin käyttö työaineena luo haasteita mutta myös uusia mahdollisuuksia verrattuna perinteiseen tekniikkaan. Hiilidioksidin höyrynpaine on huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi ammoniakilla, ks. kuva 2. Eräissä ns. ylikriittisissä sovelluksissa höyrynpaine saattaa nousta 15 MPa:iin (150 bar). Ylikriittisessä prosessissa lauhduttimen paine ja lämpötila ylittävät kylmäaineen kriittisen pisteen paineen ja lämpötilan, joka CO₂:lle on +31,1 °C. Ylikriittisessä tilassa kaasu ei nesteydy lainkaan ja lauhdutin toimiikin ”kuivana” koko lämmönluovutusprosessin ajan. Alikriittisessä prosessissa hiilidioksidi taas käyttäytyy kuin mikä tahansa muu kylmäaine, tosin huomattavasti korkeammalla painetasolla. Korkean painetason johdosta järjestelmän komponentit on suunniteltava merkittävästi järeämiksi kuin normaalisti. Kestävien komponenttien puute oli yksi suurimmista syistä siihen, että halogenoituneet hiilivedyt korvasivat hiilidioksidin 1940-luvulla. Nykypäivän materiaali- ja tuotantotekniikalla on mahdollista hyödyntää hiilidioksidin ominaisuuksia korkeilla paineilla esimerkiksi pienentämällä komponenttien kokoa CO₂:n suuren volymetrin tuoton ansiosta. Hiilidioksidin volymetrinen tuotto on 5–10 kertaa suurempi kuin yleisesti käytetyillä kylmäaineilla. Suuri volymetrinen tuotto tarkoittaa, että suuria tehoja voidaan siirtää pienellä kylmäaineen tilavuusvirralla. Tämä puolestaan mahdollistaa esimerkiksi putkiston ja kompressorin fyysisen koon merkittävän pienentämisen. Onkin mielenkiintoista nähdä, kuinka koomiselta pienikokoinen kompressorin näyttää huomattavan isokokoisesta sähkömoottorin rinnalla lähitulevaisuudessa.



Kuva 4. Hiilidioksidin (CO₂) ja ammoniakkin (NH₃) kylläisen höyryn ja nesteen höyrynpaineikäyrät. Kriittistä pistettä suuremmilla lämpötiloilla ja paineilla (ylikriittinen tila) kylmäaine ei nesteydy lainkaan vaan on aina kaasua.

Hiilidioksidi jäähallien jäähdytysjärjestelmissä

Hiilidioksidia voidaan ajatella käytettävän jäähallien kylmälaitoksissa periaatteessa kolmella eri tavalla:

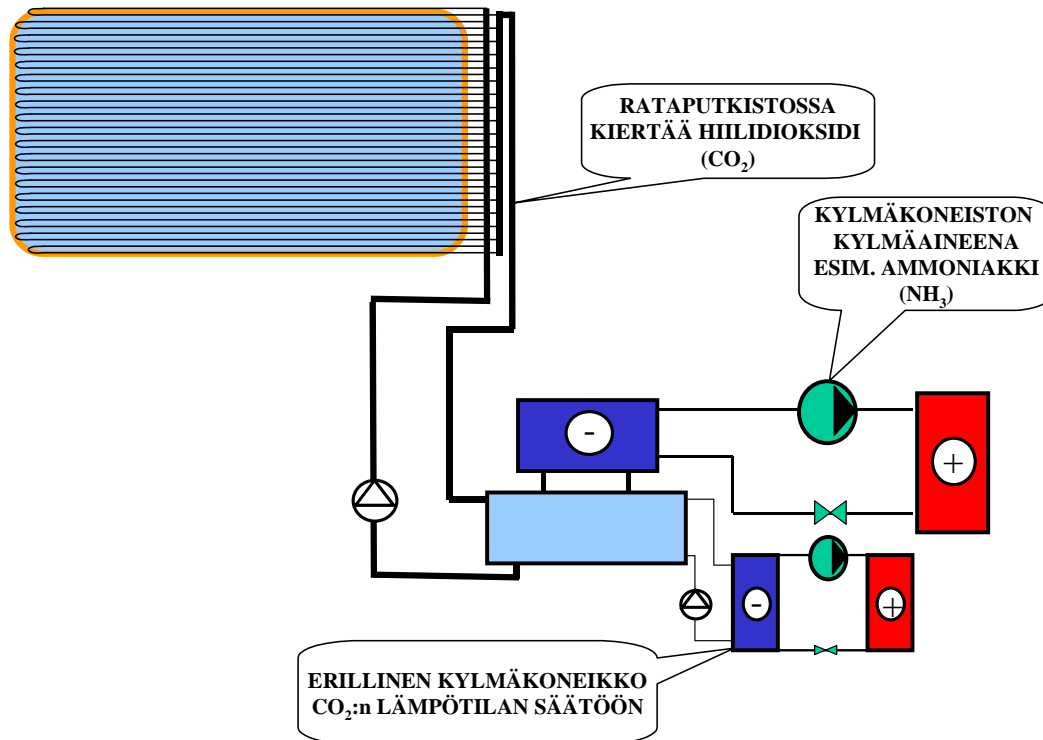
1. kylmäliuoksena rataputkistossa
2. kylmäaineena alikriittisessä prosessissa
3. kylmäaineena ylikriittisessä prosessissa.

Käyttö kylmäliuoksena rataputkistossa

Kaikkein lähimpänä käytännön toteuttamista on hiilidioksidin käyttäminen epäsuorassa jäähdytysjärjestelmässä rataputkiston kylmäliuospiirissä korvaamassa suolaliuoksia ym. Tällä tekniikalla on toteutettu jäähallin jäähdytysjärjestelmiä ainakin Sveitsissä ja Ruotsissa ja ilmeisesti myös Saksassa. Tässä sovelluksessa päästään korkeampiin höyrystyslämpötiloihin ja siten myös pienempään energiankulutukseen kuin perinteisillä kylmäliuoksilla. Saksalaisessa jäähallitekniikan oppaassa (VDI 2075, 2003) energiansäästöksi lupailaan noin 18 %:a verrattuna perinteisiin kylmäliuoksiin. Energiansäästö perustuu siihen, että CO₂ höyrystyy rataputkistossa vakioämpötilassa, kun taas perinteisillä liuoksilla vaaditaan muutaman asteen (tyypillisesti 2–3 °C) lämpötilaero liuoksen meno- ja paluulämpötilojen välillä. Vakioämpötila rataputkistossa ainakin periaatteessa parantaa myös jään laatua, eli jään lämpötilajakauma voi teoriassa olla tasaisempi. Myös CO₂:n pumppauskustannukset ovat pienemmät kuin perinteisillä liuoksilla johtuen pienemmästä tarvittavasta virtauksesta.

CO₂:n käytöllä on huonotkin puolensa. Laitoksen investointikustannukset kasvavat suuren paineen aiheuttamien järeämpien komponenttien ja kuvassa 5 esitettyjen komponenttien kuten liuosvaraajan ja

mahdollisesti tarvittavan erillisen kylmälaiteiston myötä. Erillistä kylmälaiteistoa tarvitaan pitämään hiilidioksidiliuoksen lämpötila ja paine riittävän alhaisena varaajassa, jonne liuos käyttökatkosten aikana varastoidaan. Jos liuosvaraajaa ei jäähdytettäisi, voisi paine järjestelmässä nousta yli 70 barin (7 MPa), riippuen ympäristön lämpötilasta (kuva 4). Laitteiston hankintakustannusten kasvun lisäksi on odotettavissa myös asennuskustannusten kallistumista. Esimerkiksi jäärataputkistot on rakennettava joko kuparista tai teräksestä, koska muoviputkien paineenkesto on rajallista.



Kuva 5. Epäsuora jäähdytysjärjestelmä, jossa kylmäliuoksena käytetään hiilidioksidia. Toimintakatkosten aikana, esimerkiksi kesällä, hiilidioksidi kerätään liuosvaraajaan, jonka lämpötila ja paine pidetään alhaisena erillisen jäähdytyslaitteiston avulla.

Käyttö kylmäaineena alikriittisessä prosessissa

Alikriittisessä jäähdytysprosessissa hiilidioksidin lämpötilan ja paineen on lauhtumissa oltava selvästi pienempiä kuin kriittisen pisteen arvot (kuva 4). Tämä tarkoittaa, että lauhtuslämpötilan tulisi olla alle +30 °C. Tällaisiin lauhtuslämpötiloihin ei normaalisti päästä, jos osa lauhtuksesta tapahtuu ulkoilmalla. Eräs ratkaisu, jota esimerkiksi markettien kylmälaiteistoihin on kaavailtu, on käyttää ns. kaskadikytkentää. Kaskadikytkennässä CO₂-kylmäkoneisto on kytketty sarjaan esimerkiksi NH₃-koneiston kanssa. Tällöin CO₂-kylmäkoneisto toimii alemmassa ja NH₃-koneisto korkeammassa lämpötilaportaatissa. Periaatteessa tällaista kytkentää voisi jäähallissa käyttää siten, että CO₂-koneisto jäähdyttäisi radan ja NH₃-koneisto toimisi lämpöpumpuna huolehtien jäähallin ja mahdollisesti esimerkiksi läheisen uimahallin lämmitystarpeista. Komponentteja, joista tällaisen laitoksen voisi rakentaa, on jo olemassa. Maailmalla on rakennettu useita pilot-kohteita, joskaan ei tiettävästi jäähallisovelluksia.

Käyttö kylmäaineena ylikriittisessä prosessissa

Ylikriittisessä prosessissa lauhduttimen lämpötilan ja paineen annetaan tarkoituksella nousta yli kriittisen pisteen arvojen. Tällöin lauhdutin toimii ”kuivana”, koska CO₂-kaasu ei nesteydy lainkaan. Paine kompressorin korkeapainepuolella (lauhduttimessa) saattaa nousta yli 150 barin (15 MPa). Tällaiset paineet asettavat suuria vaatimuksia käytetyille materiaaleille ja rakenteille. Ylikriittisiä prosesseja tutkitaan maailmalla kiivaasti. Joitain koelaitteistojakin on jo rakennettu, lähinnä pieniä lämpöpumpusovelluksia. Tulevaisuus näyttää, onko tällaisilla järjestelmillä käyttöä myös jäähallisovelluksissa.

Jäähallisovelluksessa järjestelmä voitaisiin toteuttaa suoraohyrysteisenä, eli tällöin rataputkisto toimisi höyrystimenä. Etuna verrattuna alikriittiseen prosessiin on se, että järjestelmä voidaan toteuttaa yhdellä kompressorikoneikolla. Myös lauhdelämmön hyödyntäminen on korkean lämpötilatason ansiosta vaivatonta ”normaaleihin” kylmäkoneistoihin verrattuna. Lisäksi suoraohyrysteinen laitos olisi energia- tehokas.

Yhteenveto

Hiilidioksidi on erinomainen vaihtoehto jäähdytysjärjestelmäsovelluksissa ennen kaikkea sen ympäristöystävällisyyden, myrkyttömyyden ja paloturvallisuuden johdosta. Koelaitteistoissa on lisäksi osoitettu, että CO₂-laitokset voivat olla energiatehokkaita. Tämä onkin oleellista, koska jäähdytysjärjestelmän elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista runsaat 80 % syntyy välillisistä päästöistä (esim. sähköntuoton päästöt) ja vajaat 20 % muista tekijöistä, muun muassa kylmäainepäästöistä huoltojen yhteydessä. CO₂-laitteistot tulevat olemaan hankintahinnaltaan kalliimpia kuin perinteiset laitokset, ja niiden myötä voidaan joutua tekemään joitain materiaalivaihdoksia.

Suomessa hiilidioksidin käyttöön perustuvia jäähallien kylmäjärjestelmiä ei ole vielä rakennettu. Sen sijaan Ruotsissa ja Keski-Euroopassa hiilidioksidia on käytetty epäsuorissa järjestelmissä jäähallien rataputkistoissa kylmäliuoksena. Suomessa hiilidioksidia on käytetty markettien jäähdytysjärjestelmissä ja hiihtoputken jäähdytyksessä välillisenä kylmäliuoksena.

1.2.8 Kylmäaineiden vertailua

Nykyisin vielä yleisesti käytössä olevat synteettiset HFC-kylmäaineet (mm. R404A) eivät ole haitallisia otsonikerrokselle, mutta ne ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja. Kylmäainetta pääsee ilmakehään aina jossain määrin vuotojen, laiterikkojen ja huollon yhteydessä. Vuotojen määrää voidaan vähentää pienentämällä kylmälaitoksen kylmäaineen täytösmäärää. Välillisissä kylmälaitoksissa kylmäainetäyttö on saatu oleellisesti pienemmäksi kuin ”suoran” laitoksen tapauksessa. Lisäksi esimerkiksi Ruotsissa ja Saksassa määräykset ohjaavat rakentamaan kylmälaitokset välillisiksi. On mahdollista, että HFC-kylmäaineet tullaan lähitulevaisuudessa korvaamaan muilla kylmäaineilla. Jo EU:n F-kaasusetuksen valmistelun aikana lokakuussa 2005 ehdotettiin HFC-aineiden totaalista käyttökieltoa vuoden 2010 alusta alkaen. Esitys ei kuitenkaan mennyt läpi. Ruotsi on jo pitkään lainsäädännöllisin keinoin minimoinut HFC-aineiden määrät kylmälaitoksissa, ja Norja on seurannut perässä verottamalla aineita voimakkaasti. Tanskassa on vuoden 2007 alun jälkeen saanut tehdä vain kylmälaitoksia, joissa on HFC kylmäainetta alle 10 kg. Itävaltaan on tulossa voimaan samantyyppisiä rajoituksia lähiaikoina (Aalto 21.2.2008). HFC-aineet kielletään uusien ajoneuvojen ilmastointilaitteissa vuoden 2011 alusta ja vanhojen ajoneuvojen ilmastointilaitteissa vuoden 2017 alusta.

Jäähalleissa jo pitkään käytössä ollut ammoniakki NH₃ (R717) ei ole haitallinen otsonikerrokselle. Se ei myöskään ole kasvihuonekaasu (GWP = 0). NH₃ on kuitenkin myrkyllistä ja ensimmäisen luokan

palavaa nestettä. Se on hyvä kylmäaine, jonka ominaisuudet tunnetaan ja josta on pitkä kokemusta pitkältä ajalta.

Hiilivetyjä eli HC-kylmäaineita ovat propaani R290, propyleeni R1270 ja isobutaani R600a. Kaikki ovat palavia kaasuja, mikä rajoittaa niiden käyttöä suurissa laitoksissa. Hiilivedyt eivät ole haitallisia otsonikerrokselle, ja HFC-aineisiin verrattuna niiden vaikutus kasvihuoneilmiöön hyvin vähäinen (GWP-arvo 5). Jäähallisovelluksissa hiilivetyjä ei ole käytetty.

Hiilidioksidi CO₂ (R744) on ympäristön kannalta hyvä vaihtoehto. Se ei ole haitallinen otsonikerrokselle, ja vaikutus kasvihuoneilmiöön vieläkin vähäisempi kuin hiilivedyillä (GWP-arvo 1). Hiilidioksidi ei kuitenkaan toimi kylmäaineena samalla lailla kuin muut aineet, ja lisäksi paineet voivat nousta hyvinkin korkeiksi. Tämän takia viime vuosina on tehty niin laitokseen kuin komponentteihin liittyvää kehitystyötä laajamittaisen käytön mahdollistamiseksi tulevaisuudessa. Hiilidioksidi on aine, jota voidaan hyödyntää monenlaisissa kylmlaitoksissa. Lisäksi sen vaatimat putkikoot ovat oleellisesti pienempiä kuin muilla em. kylmäaineilla.

Tulossa on myös uusia kylmäaineita, mutta toistaiseksi niitä ei ole kaupallisesti saatavilla eikä niiden soveltuvuudesta jäähallikäyttöön ole vielä tietoa.

Taulukko 1. Jäähalleissa käytettävien kylmäaineiden vertailua.

	R404A	R507A	R717, ammoniakki	R744, hiilidioksidi
Kriittinen lämpötila ja paine	72,1 °C / 3,74 Mpa	70,9 °C / 3,79 Mpa	132,4 °C / 11,35 Mpa	31,1 °C / 7,38 Mpa
Lämpötilaliukuma	0,5 °C	ei liukumaa	ei liukumaa	ei liukumaa
ODP	0	0	0	0
GWP	3 260	3 300	0	1
Turvallisuusluokka ⁽¹⁾	A1	A1	B2	A1

⁽¹⁾Kylmäaineet turvallisuusluokitellaan myrkyllisyyden ja syttymisherkkyuden mukaan. Myrkyllisyyden mukaan kylmäaineet jaetaan kahteen luokkaan: A-ryhmään kuuluvat kylmäaineet, joilla ei ole tunnettuja haitallisia vaikutuksia ihmisiin, kun kylmäaineen keskipitoisuus ilmassa on työpäivän ja -viikon aikana jatkuvasti ≥ 400 ppm. B-ryhmään kuuluvat kylmäaineet, joilla on tunnettuja haitallisia vaikutuksia ihmisiin, kun kylmäaineen keskipitoisuus ilmassa on työpäivän ja -viikon aikana jatkuvasti yli 0 ppm mutta alle 400 ppm. Syttymisherkkyuden mukaan kylmäaineet jaetaan kolmeen luokkaan: 1. ryhmään kuuluvat kylmäaineet, jotka eivät muodosta ilman kanssa syttyvää seosta millään pitoisuudella. 2. ryhmään kuuluvat kylmäaineet, jotka muodostavat ilman kanssa syttyvän seoksen, kun kylmäaineen pitoisuus ilmassa on $\geq 3,5$ tilavuusprosenttia. 3. ryhmään kuuluvat kylmäaineet, jotka muodostava ilman kanssa syttyvän seoksen, kun kylmäaineen pitoisuus ilmassa on alle 3,5 tilavuusprosenttia.

1.3 Kylmäliuokset

Kylmäliuoksia käytetään epäsuorassa jäähdytyksessä ja epäsuorassa lauhdutuksessa. Yleisimpiä jäähalleissa käytettäviä vesiliuoksia ovat etyleeniglykoli-vesi, propyleeniglykoli-vesi, etanoli-vesi, kalsiumkloridi (CaCl₂)-vesi, kaliumformiaatti-vesi ja ammoniakki-vesi. Eri kylmäliuosten ominaisuudet poikkeavat toisistaan ympäristöominaisuuksien, materiaali vaikutusten, terveysominaisuuksien, pumpattavuuden sekä lämmönsiirto-ominaisuuksien suhteen.

Kylmäliuoksena pyritään käyttämään ensisijaisesti sellaisten aineiden vesiliuoksia, joita joko esiintyy luonnossa tai jotka luontoon päästettyinä hajoavat itsestään ympäristölle vaarattomiksi yhdisteiksi. Jäähallien kylmäkoneistojen kylmäaineiden sekä rata- ja roudansulatusputkistoissa kiertävän kylmäliuoksen valinnasta, käytöstä ja ympäristövaikutuksista on määrätty euronormissa EN378.

1. Johdanto

Kylmäliuoksen tehtävänä on kuljettaa lämpöä radasta kylmäkoneiston höyrystimelle. Kylmäliuoksen lämpötilataso vaihtelee käyttötilanteen mukaan, mitoituslämpötilat voivat olla esimerkiksi $-12/-9\text{ °C}$ ja toimintalämpötilat $-10/-8\text{ °C}$. Kylmäliuokset ovat veden ja jonkin jäätymättömän nesteen seoksia. Taulukossa 2 on listattu yleisimmät kylmäliuokset.

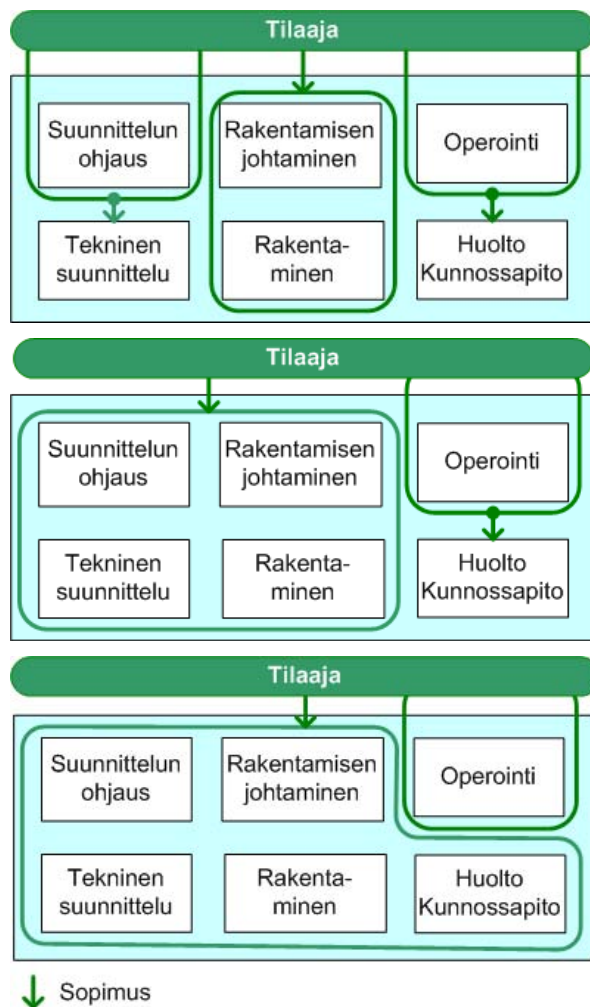
Taulukko 2. Jääradoissa käytettäviä kylmäliuoksia.

Kylmäliuos	Käyttöominaisuuksia
Glykolit <ul style="list-style-type: none">etyleeniglykolipropyleeniglykoli	Korkeat pumppauskustannukset, huonot lämmönsiirto-ominaisuudet, helppokäyttöisiä
Suolat <ul style="list-style-type: none">calciumcloridi (CaCl_2)	Alhaiset pumppauskustannukset, hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet, käytettävyys huono
Formiaatit <ul style="list-style-type: none">kaliiumformiaattikaliumasetaatti	Alhaiset pumppauskustannukset, hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet, ympäristöystävällisiä, korroosioagressiivisia, kalliita
Alkoholit <ul style="list-style-type: none">etanoli	Halpoja, huonohko energiatalous

2. Jääratalaitteiston korjauspalveluiden hankinta

2.1 Eri hankintamallit

Jäähallin kylmäkoneiston ja jäälustan uusintahankinnassa hankintatavat eroavat toisistaan merkittävästi tehtävä- ja toimivuusvastuun jaon osalta.



Pääurakkamuodot

- Tilaja teettää suunnittelun ennen urakoitsijan valintaa ja osallistuu suunnittelun ohjaukseen. Pääurakoitsija vastaa hankinnoista ja rakentamisesta. Huollosta tehdään eri sopimus.
- Urakoitsija valitaan yleensä hinnan perusteella. Maksuperusteena on kiinteä hinta tai yksikköhinnat, jos määristä on epävarmuutta. Tilajan muutostyöt laskutetaan erikseen.

Suunnittelu ja toteutus -muodot

- Pääurakoitsija suunnittelee ja rakentaa järjestelmän kokonaisuudessaan toimivuusperusteisesti. Huollosta ja korjauksista tehdään eri sopimukset.
- Maksuperusteena on kiinteä hinta tai joskus tavoitehinta tai yksikköhinnat. Tilajan muutostyöt laskutetaan erikseen.

Elinkaarivastuumuodot

- Toimittaja vastaa yhdellä sopimuksella suunnittelusta ja rakentamisesta. Samaan sopimuskokonaisuuteen kuuluu lisäksi huolto ja kunnossapito sovittun esimerkiksi 15 vuoden ajan.
- Vuosimaksuun liitetään palvelun laatuun liittyviä kannusteita. Tilajan muutostyöt sopimuskauden aikana laskutetaan erikseen.

Kuva 6. Toteutusmuotojen kolme vaihtoehtoa.

2. Jääratalaitteiston korjauspalveluiden hankinta

Eri hankintamallien vahvuuksia ja heikkouksia on tarkasteltu seuraavassa taulukossa (taulukko 3) kylmäkoneiston ja jääalustan hankinnan kannalta. Rakentamisessa yleisissä pääurakkamuodoissa tilaaja vastaa suunnittelusta ja urakoitsijat toteutuksesta. Jääkenttäkoneiston hankinnassa menettelytapa ei ole kovin toimiva, koska eri toimittajien ratkaisut poikkeavat teknisesti toisistaan ja yleispäteviä yksityiskohtaisia suunnitteluratkaisuja ei ole mahdollista laatia.

Suunnittelu–toteutus-hankinta soveltuu jo huomattavasti paremmin kylmäkoneiston ja jääalustan hankintaan. Siinä suunnitteluvastuu järjestelmästä on toimittajalla ja eri toimittajien ratkaisut kilpailevat keskenään. Suunnittelu–toteutus-hankintaa voidaan täydentää huolto- ja kunnossapitosopimuksella.

Taulukko 3. Urakkamuotojen ominaisuuksien vertailu jääratalaitteistohankinnan näkökulmasta.

Pääurakkamuodot	
Vahvuudet	Heikkoudet
+ Urakkamuodosta tilaajilla on paljon kokemusta. + Tarjolla on valmiita tarjouspyyntö- ja sopimusasiakirjamalleja, kuten myös kylmälaitetoimitusten sopimusehtoja.	– Eri toimittajat suunnittelevat järjestelmänsä itse eivätkä siten voi hyödyntää tilaajan suunnitelmia. – Harvalla tilaajalla on valmiutta järjestelmäsuunnittelun ohjaukseen. – Hankinnan kokonaiskesto on yleensä pitempi. – Laitteiston toimivuusvastuu hajaantuu.
Suunnittelu–toteutus-muodot	
Vahvuudet	Heikkoudet
+ Toteuttajan vastuu järjestelmän suunnittelusta ja toimivuudesta saadaan selkeäksi. + Tilaajalla vain yksi sopimuspuoli toteutusvaiheessa. + Erilaiset ratkaisut saadaan kilpailemaan keskenään.	– Kaikilla tilaajilla ei ole kokemusta hankintamallista.
Elinkaarimallit	
Vahvuudet	Heikkoudet
+ Toimittajalla on vastuu kylmäkoneiston toimivuudesta koko sopimusjakson ajan. + Sopimukseen voidaan liittää käytettävyyteen liittyviä kannusteita. + Sopimuskokonaisuuteen kuuluu korjaus- ja kunnossapito-palvelu.	– Sopimuksen tekeminen on monimutkaisempaa kuin muissa hankintamalleissa. – Hankintamallista on yleisesti ottaen vain vähän kokemusta. – EVL:n verotulkintojen on tiedostettu sisältävän riskejä, mikä edellyttää huolellisuutta sopimuksissa.

Elinkaarimalleja on ryhdytty käyttämään viime vuosina erilaisissa investointihankkeissa myös Suomessa. Jäähallin kylmäkoneiston uusimiseen hankintatapa näyttäisi soveltuvan varsin hyvin. Toimittajan valinnan yhteydessä sovitaan suunnittelun ja toteutuksen lisäksi myös laitteiston huollosta ja kunnossapidosta. Tilaaja maksaa vuosittain palvelumaksuja, jotka kattavat investointiosuuden ja korvauksen laitteiston huollosta ja korjauksista. Toimittaja hankkii projektiin tarvitsemansa rahoituksen.

Rakentamisessa käytetään tietyssä määrin myös osaurakkamuotoja, joissa tilaajalla on useita urakkasopimuksia. Koska jäähallin jääkoneisto on toimiva kokonaisuus, hankinta osurakoina siirtää vastuun laitteiston toimivuudesta suurelta osin tilaajalle itselleen.

2.2 Hankintalain velvoitteet

Kuntasektorin hankintatoimessa toimitaan julkisten hankintojen lain periaatteiden mukaisesti. Uusi julkisten hankintojen laki tuli voimaan 1.6.2007. Hankintalain uudistuksen tavoitteena on ollut tehostaa julkisten varojen käyttöä sekä turvata tarjoajille tasapuolinen ja syrjimätön kohtelu.

Hankinnalla tarkoitetaan taloudellista vastiketta vastaan tehtävää osto- tai leasingsopimusta, jolla hankintayksikkö hankkii aineita, tavaroita, palveluja tai rakennuttaa urakalla. Hankintalaki ja -asetus määrittävät puitteet julkisen hankintayksikön toiminnalle. Julkiset hankinnat jaetaan kansallisiin ja EU-hankintoihin hankinnan kokonaisarvon mukaan.

2.2.1 Julkisten hankintojen kynnsarvot

Laskemalla hankinnan ennakoitu arvo selvitetään, mitkä säännöt soveltuvat valmisteilla olevaan hankintaan. Ennakoidun hankinnan kokonaisarvon laskemisessa käytetään suurinta maksettavaa kokonaiskorvausta ilman arvonlisäveroa. Osina toteutettavan hankinnan ennakoitun kokonaisarvon laskemisessa on otettava huomioon kaikkien osien ennakoitu yhteisarvo, ja jokaisen osan osalta on sovellettava yhteisarvon mukaisia sääntöjä eräitä hankintalaissa esitettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta.

Jäähallin kylmälaitoksen peruskorjaus ylittää poikkeuksetta hankinta-asetuksessa rakennusurakoiden ja käyttöoikeusurakoiden kansalliset kynnsarvot (taulukko 4). EU-kynnsarvot eivät kuitenkaan yleensä ylity, joten hankinnasta tarvitsee ilmoittaa vain Suomessa. Jos halli ei ole kunnan omistama, kunnan viranomaiset eivät valvo toimintaa, ja jos julkista tukea ei ole saatu yli puolet hankinnan arvosta, sitä eivät myöskään koske julkisen hankinnan säädökset. Kynnsarvoja tarkistetaan aika ajoin, joten voimassa olevat arvot on syytä tarkistaa ennen hankkeeseen ryhtymistä.

Taulukko 4. Julkisten hankintojen kynnsarvot.

Hankintalaji	Kansalliset kynnsarvot 1.6.2010 alkaen	EU-kynnsarvot 1.1.2010 alkaen
Tavara- ja palveluhankinnat	30 000	193 000
Suunnittelukilpailut	30 000	193 000
Rakennusurakat	150 000	4 845 000
Käyttöoikeusurakat	150 000	4 845 000

2.2.2 Hankintaprosessin kulku hankintalain mukaan (avoin menettely)

Hankintalaissa kuvataan yleisesti hankintaprosessin vaiheet. Laki onkin hyvä ohjenuora myös yksityisen sektorin hankinnoille. Hankintalaissa on kuvattu kaikkiaan yhdeksän eri hankintamenettelyä ja niiden pelisäännöt. Pääosa julkisista hankinnoista toteutetaan avoimella tai rajoitetulla hankintamenettelyllä. Avoin hankintaprosessi koostuu seuraavista osista:

- hankintatarpeen kartoitus ja hankinnan suunnittelu
- hankintamenettelyn valinta
- tarjouspyynnön laatiminen
- hankintailmoitus (ennakkoilmoitus)
- tarjouspyynnön lähettäminen ehdokkaille
- tarjousten laadinta ja toimittaminen perille

2. Jääratalaitteiston korjauspalveluiden hankinta

- tarjousten vastaanottaminen
- tarjousten avaaminen
- tarjousten käsittely
- tarjoajien soveltuvuuden tarkistaminen
- tarjousten tarjouspyynnön mukaisuuden tarkistaminen
- tarjousten vertailu
- hankintapäätöksen tekeminen
- tarjoajien informointi
- muutoksenhakumahdollisuus päätöksestä
- hankintasopimus ja mahdollinen jälki-ilmoitus
- sopimusaikainen yhteistyö mm. laadun varmistamiseksi.

Rajoitettu hankintamenettely poikkeaa avoimesta siinä, että yrityksiä valitaan kilpailuun ennalta ilmoitettu määrä (vähintään viisi) ilmoitettujen valintakriteerien perusteella.

2.2.3 Tarjouspyynnön sisältö hankintalain mukaan

Tarjouspyynnössä kuvataan hankinnan kohde, laajuus, tekniset ja toiminnalliset vaatimukset sekä hankittavat palvelut ja palvelutasovaatimukset. Lisäksi tarjouspyynnössä on ilmoitettava kaikki tarjousten arviointiperusteet selkeästi ja konkreettisesti. Ehdot tulee kuvata siten, että niiden perusteella voidaan antaa yhteismitallisia ja keskenään vertailukelpoisia tarjouksia. Tarjouspyynnössä on mainittava vähintään

- hankinnan sisältöä ja laajuutta kuvaavat tekniset eritelmät ja muut vaatimukset, kuten vaihtoehtoisten tarjousten hyväksyttävyyys tai hankintasopimuksen erityisehdot
- tarjoajien soveltuvuusvaatimukset
- tarjousten valintaperuste, mahdolliset vertailuperusteet ja niiden suhteellinen painotus tai tärkeysjärjestys
- määräaika tarjousten tekemiselle, tarjousten voimassaoloaika ja yhteystiedot tarjousten toimitamiselle
- viittaus julkaistuun hankintailmoitukseen ja tarjouksissa käytettävä kieli (EU-hankinta).

3. Hankintaprosessi

3.1 Kylmäkoneiston hankintaprosessi

Jäähallien elinkaaren aikana kylmäkoneistot on tarpeellista uusia yhden tai useamman kerran, koska niiden taloudellinen ja tekninen käyttöikä on rakennuksia lyhyempi. Kylmäkoneiston uusimistarvetta aiheuttaa myös kylmäainevaatimusten muuttuminen. Vanhaan kylmäkoneistoon ei yleensä voida vaihtaa toisenlaista kylmäainetta, koska eri aineet edellyttävät erilaista laitetekniikkaa, mitoitusta ja materiaali- valintoja.

Uusintatarve voi rajoittua vain kylmäkoneistoon, mutta usein myöskään jäälustan putkiston kunto tai mitoitus ei ole riittävä. Eräissä tapauksissa vanhaa jäälustaa putkistoineen saatetaan voida hyödyntää. Toisissa halleissa korjaushankkeeseen voi olla tarvetta yhdistää myös muita urakoita, kuten ilmastointi- laitteiden, tilojen, valaistuksen ja energiasäästöön tähtääviä korjaustoimia. Korjaushankkeen laajuus on otettava huomioon hankintatapaa valittaessa ja urakkarajoissa.

Korjaushanke aloitetaan korjaustarpeiden selvittämällä. Tarveselvityksen yhteydessä on usein hyödyllistä teettää kuntoarvio rakenteista ja tekniikasta. Samalla kannattaa arvioida jäähallin palvelu- kyky seuraavien 10–15 vuoden aikana. Tarveselvityksen yhteydessä tehdään yhteenveto jäähallin ja kylmäkoneiston korjauksista viimeisen 5–10 vuoden ajalta. Selvityksen perusteella tehdään esitys hankesuunnittelun käynnistämisestä.

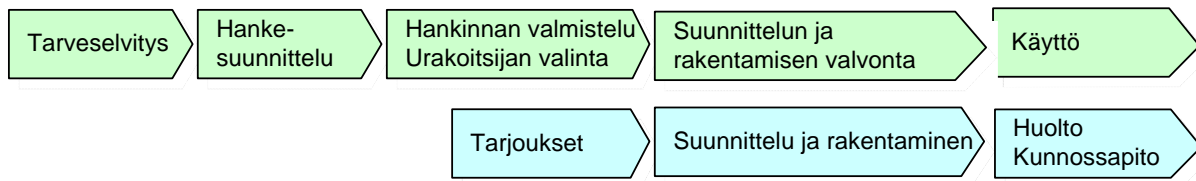
Hankesuunnittelun ensimmäinen osa on hankeselvitys, jossa tutkitaan erilaiset korjaus- ja uusinta- vaihtoehdot. Kuntotutkimuksella saadaan arvio kylmäkoneiston ja rataputkistojen uusintatarpeista. Se voidaan kohdentaa tarpeen mukaan myös taloteknisiin järjestelmiin, rakenteisiin ja tiloihin. Hankesel- vityksessä määritetään korjaus- ja uusintatöiden laajuus ja alustavasti myös eri korjausvaihtoehtojen kustannukset. Hankeselvityksen perusteella rajataan laajuudeltaan soveltuvin korjausvaihtoehto, josta laaditaan hankesuunnitelma. Se sisältää arvion hankkeen kokonaiskustannuksista.

Hankeselvityksen yhteydessä on hyödyllistä teettää turvallisuus- ja terveellisyys selvitys terveydelle mahdollisesti haitallisista aineista. Rakennuttajan vastuuta työturvallisuusasioiden hoidosta on koros- tettu valtioneuvoston 1.6.2009 voimaan tulleella asetuksella 205/2009, jonka mukaan rakennuttajan tulee nimetä hankkeeseensa turvallisuuskoordinaattori.

Hankesuunnittelun yhteydessä valitaan korjauspalveluiden hankintatapa. Vaihtoehtoja ovat

- suunnittelun ja asennusten hankkiminen samassa kokonaisuudessa ja huoltopalvelujen osta- minen eri sopimuksella
- suunnittelun, asennusten ja huoltopalveluiden hankkiminen samassa kokonaisuudessa
- suunnittelun, asennusten ja huoltopalveluiden hankkiminen pitkäaikaisena palveluna, josta toimittajalle maksetaan vuosittain palvelumaksua.

3. Hankintaprosessi



Kuva 7. Jäähallin kylmäkoneiston korjaushankinnan päävaiheet.

Kylmäkoneistoiksi on tarjolla erilaisia teknisiä ratkaisuja. Tilaajan ei siis kannata ensin teettää laitteisto-suunnittelua, koska laitteistotoimittajat suunnittelevat joka tapauksessa itse omat laitteistonsa. Hanke-päätöksen jälkeen laaditaan tarjouspyyntöasiakirjat ja valitaan toteuttaja.

Mikäli hallikiinteistössä korjataan kylmäkoneiston lisäksi muita järjestelmiä, tiloja tai pintarakenteita, on valittava hankintatapa, jolla kokonaisuus toteutetaan. Vaihtoehtoja ovat

- koko urakkakokonaisuuden hankkiminen suunnitteluineen yhtenä kokonaisuutena, jolloin pääurakoitsijana voi olla joko rakennusurakoitsija tai kylmälaitetoimittaja
- rakennusteknisten urakoitsijoiden valitseminen erikseen mutta niiden alistaminen työmaan yleisjohdon osalta pääurakkaan (alistetut sivu-urakat)
- jääkoneiston ja rakennusteknisten töiden hankkiminen toisistaan erillisinä urakoina.

Urakkasopimuksen solmimisen jälkeen kylmäkoneistotoimittaja suunnittelee laitekokonaisuuden, hankkii komponentit, asentaa laitteiston toimintakuntoon, tekee jään yhdessä tilaajan henkilöstön kanssa, perehdyttää nämä ja luovuttaa laitteiston tilaajalle. Laitteistotoimittaja huoltaa ja korjaa kylmäkoneistoa sovittujen vasteaikojen puitteissa, mikäli hankintasopimus sisältää kyseiset palvelut.

3.2 Tarveselvitys

Tarveselvityksessä arvioidaan hallikiinteistön ja jääkoneiston korjaustoimenpiteiden tarpeellisuus. Selvityksen tulosten perusteella päätetään jäähallin jääkoneiston ja mahdollisesti muiden peruskorjauksen hankesuunnittelun käynnistämisestä. Tarveselvityksen vetäjäksi valitaan yleensä henkilö, jolla on aikaisempaa kokemusta jäähallien toiminnasta ja kunnossapidosta.

Tarveselvityksen aikana laaditaan yhteenveto jäähallin nykyisestä kunnosta, energian- ja vedenkulutuksesta, tehdyistä korjauksista, käyttökustannuksista ja ilmenneistä toiminnallista ja teknisistä puutteista. Nykyisten laitteiden ikä ja korjaushistoria selvitetään ja jäljellä oleva käyttöikä arvioidaan. Tarveselvityksen tueksi on hyödyllistä teettää koko hallia koskeva kuntoarvio. Kuntoarvion laadintaan tarvitaan sekä LVI-, rakennus- ja sähkötekniikan asiantuntijoita. Kuntoarvion toteuttajalla tulee olla riittävää tietämystä jäähallin olosuhdevaatimuksista ja jääkoneiston tekniikasta. Kuntoarvioraportin tulee sisältää ehdotukset korjauksista ja niiden toteuttamisen kiireellisyysjärjestyksestä.

Perusteita jääkoneiston uusimiselle ja mahdollisille muille korjauksille ovat

- nykyisen laitteiston huono energiatehokkuus ja toimivuus
- jään heikko laatu
- kylmäaineen vaihtotarve (lainsäädäntö)
- hallin toimivuuteen ja palvelukykyyn liittyvät kehittämistarpeet (mm. katsomotilat, pukeutumis- ja pesutilat)

- tilojen ja rakenteiden muut korjaustarpeet
- korjauskustannusten kasvu
- jääkoneiston ja muun laitekannan ikääntyminen.

Jos kylmäkoneistossa käytetään kylmäainetta, jonka käyttöä voidaan määräysten mukaan jatkaa enää muutamia vuosia, kylmäkoneiston uusiminen on ajankohtaista.

Jos jäähallin tai kunnan jäähallien kehittämiseksi on olemassa kehittämissuunnitelma tai korjausohjelma, sitä päivitetään. Jos ohjelmaa ei ole, sellainen laaditaan. On arvioitava, ovatko käyttötarpeet mahdollisesti muuttuneet tai mihin suuntaan ne ovat muuttumassa tulevina vuosina. Tarveselvityksen yhteenvedonä on esitys korjaustarpeista, korjaamisen aikataulusta sekä alustava kustannusarvio. Jäähallin jääkoneiston ja -kentän korjaamisen tarveselvitys tuottaa siten tietoa kunnan liikuntapaikkojen kehittämisen suunnitteluun pitkällä jännteellä.

Tarveselvityksen perusteella paikkakunnasta riippuen hallitus, johtoryhmä tai joku muu toimielin tekee päätöksen hallin jääkoneiston uusintaan tai mahdollisesti hallin laajempaan peruskorjaukseen liittyvän hankesuunnittelun käynnistämisestä ja rahoittamisesta. Jos halli on kokonaisuudessa huonokuntoinen ja muutenkin ominaisuuksiltaan riittämätön, voidaan päätyä myös uuden hallin rakentamiseen.

3.3 Hankesuunnittelu

3.3.1 Hankesuunnittelun tarkoitus ja organisointi

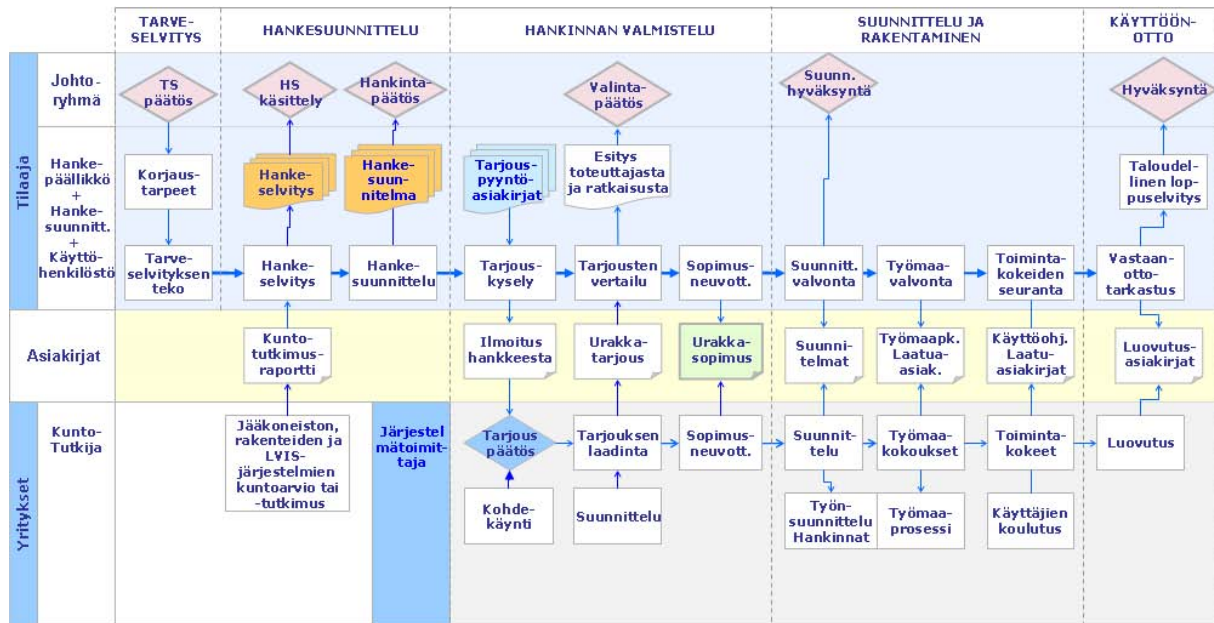
Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään yksityiskohtaisesti korjaustarpeet, korjausmahdollisuudet ja vaihtoehtoiset toteuttamistavat. Hankesuunnitelmassa lopputulokselle asetetut laajuus-, laatu- ja toimivuustavoitteet määrittävät hankkeen tavoitebudjetin ja aikataulun. Hankesuunnitelman perusteella hallikiinteistön omistaja tekee korjaustoimenpiteistä investointipäätöksen (kuva 8).

Jäähallin korjaushankkeen hankesuunnitteluun on valittava hankeryhmä ja sille vetäjä. Sopiva vetäjä voi löytyä jäähallin hallinto-organisaatiosta tai kunnan rakennuttamisyksiköstä. Hankeryhmän kokoon ja tarvittavaan osaamiseen vaikuttavat korjaushankkeen laajuus ja kohdentuminen. Hankeryhmään tulisi kuitenkin kuulua (Jäähallin lämpö- ja kosteustekniikka 2007):

- päätöselinten edustaja
- toiminnan ja käytön asiantuntija
- rakennuttamisen ja rakentamisen asiantuntija
- LVIS- ja kylmätekniikan asiantuntija.

Hanketyöryhmän ulkopuolisten jäsenten kanssa tehdään sopimus hankesuunnittelusta. Käytettävissä ovat Konsulttitoiminnan sopimusmalli (RT 13–10578) ja Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot (RT 13–10574).

3. Hankintaprosessi



Kuva 8. Jäähallin kylmäkoneiston korjaushankkeen hankintaprosessi.

3.3.2 Hankesuunnitelman laadinta

Hankeselvitys

Jos korjaustarpeita on vaikea rajata riittävästi hankesuunnittelun alussa, kannattaa hankesuunnittelu aloittaa hankeselvityksellä. Siinä tutkitaan potentiaaliset korjausvaihtoehdot ja arvioidaan niiden kustannukset. Kysymys voi olla myös korjausten eri laajuusvaihtoehtojen tutkimisesta. Riittääkö vain kylmäkoneiston ja jääalustan uusinta vai onko tarvetta uudistaa laajemmin talotekniikkaa ja tiloja?

Sisäolosuhteiden, tilojen, vanhan kylmäkoneiston ja LVIS-järjestelmien toiminnassa ilmenneet puutteet ovat oleellisia lähtötietoja korjaustarpeiden ja -vaihtoehtojen arvioinnissa. Hallin käyttöhenkilöstöä ja huoltoyritystä haastatteleamalla on mahdollista saada tilannekuva korjaustarpeista.

Hankeselvityksen yhteydessä suoritettavia tehtäviä ovat

- vanhojen suunnitelmien kokoaminen
- hallin käytön ja hoidon tavoitteiden määrittäminen
- korjaushankkeen perustietojen kokoaminen
- kuntotutkimuksen tekeminen
- turvallisuus- ja terveellisyys selvityksen tekeminen
- korjausvaihtoehtojen ja niiden arviointikriteerien määrittäminen
- korjaustoimenpiteiden määrittäminen
- eri korjausvaihtoehtojen kustannuksien arvioiminen.

Kylmäkoneiston uusimisessa oleellinen kysymys on, missä määrin vanhaa koneistoa ja putkistoa voidaan hyödyntää. Jos kylmäaine vaihtuu, ei vanhaa kylmäkoneistoa voida yleensä hyödyntää. Rataputkiston osalta kysymys on sekä putkiston kunnosta että mitoituksen riittävydestä. Vanhalle rataputkistolle on vaikea saada takuuta, jolloin riski jää ko. osin tilaajalle. Se, voidaanko vanhaa rataputkistoa hyödyntää, selviää vasta, kun ehdolla olevat urakoitsijat ovat tutustuneet kohteeseen ja kommentoineet vanhan jääalustan ja putkistojen sopivuutta heidän tekniikalleen. Urakoitsijoille voi pitää tutustumis-

tilaisuuden jo hankeselvityksen yhteydessä ja kysyä heidän kantaansa olemassa olevan rata-alustan mahdolliseen hyödyntämiseen. Samalla ilmoittautuneilta urakoitsijoilta voi pyytää tietoja heidän kylmäkoneistojensa ominaisuuksista ja ohjausjärjestelmistä.

Keskeisimmät kysymykset vanhan jäähdytysputkiston ja jääalustan jatkokäytölle ovat

- jäähdytyskapasiteetin riittävyys: putkien koko ja jakoväli
- putkiston materiaali
- jääalustan kunto ja putkiston arvioitu jäljellä oleva käyttöikä.

Uusi jääkoneisto voidaan sijoittaa joko rakennuksen sisälle tai rakennuksen yhteydessä olevaan tilaan tai erilliseen konttiin. Korjausvaihtoehdoissa koneiston siirto rakennuksen sisältä erilliseen konttiin on yleensä helpompi toteuttaa kuin päinvastoin. Konttiratkaisun etuna on lyhyempi asennusaika.

Hankeselvityksen tuloksena syntyy esitys jäähallikiinteistön ja kylmäkoneiston eri korjausvaihtoehdoista ja arvio vaihtoehtojen kustannuksista. Hankesuunnittelua jatketaan soveltuvimman vaihtoehdon pohjalta.

Kuntoarviot ja -tutkimukset

Kuntotutkimus kohdennetaan asioihin, joista halutaan saada lisää tilannetietoa. Kovin suurta varmuutta jääalustan putkiston kestävydestä ei kuitenkaan kuntotutkimuksella saada, koska putkisto on valettu betonilaatan sisään. Hankeselvityksen yhteydessä on tutkittava liuosten ja muiden haitallisten aineiden esiintyminen: voiko laitteistoissa tai eristeissä olla esimerkiksi asbestia.

Kompressoreiden (mäntä ja ruuvi) teknisenä käyttöikäenä voitaneen pitää 20:tä vuotta tai 120 000–140 000 käyttötuntia. Hyvän kylmäkoneiston kunnan mittarina on huoltokustannusten kasvu. Käytännössä koneiden kestossa on suuria eroja: vankat teollisuuskoneistot saattavat kestää pidempäänkin kuin edellä mainitut käyttöikäarviot.

Ryhdyttäessä kylmäkoneiston saneeraukseen joudutaan arvioimaan, kuinka paljon vanha järjestelmää voidaan hyödyntää uudessa järjestelmässä. Joskus vanhoja kompressoreita voidaan hyödyntää, kun vaihdetaan vain kylmäaine, esimerkiksi R22 ammoniakkiin. Kylmäaineen vaihtaminen edellyttää kuitenkin teknisiä muutostöitä kylmäkoneistoon sekä komponenttien vaihtamista, mikä saattaa tulla yllättävän kalliiksi. Lisäksi sivuvaikutuksena saattaa olla suoritusarvojen muuttuminen. Vanhan kylmäkoneikon hyödyntämistä kannattaa harkita vain uudehkojen (ikä < 10 vuotta) ja hyväkuntoisten koneistojen tapauksessa.

Vanha R22-laitos, jossa on suorahöyrystysrataputkisto, on saneerauksen yhteydessä syytä muuttaa välilliseksi järjestelmäksi. Syinä tähän ovat ainakin seuraavat seikat:

- Puhtaan ammoniakkin käyttö rataputkistossa on kielletty turvallisuussyistä.
- R404A:n täytös kylmäkoneistossa tulisi ympäristösyistä minimoida (R404A ja muut ns. drop in -kylmäaineet ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja).
- Muita kylmäaineita, jotka tulisivat kysymykseen suorahöyrysteisessä järjestelmässä, ei tällä hetkellä ole markkinoilla. Hiilidioksidi saattaa tulla kysymykseen muutaman vuoden tähtämällä, mutta vanha rataputkistusta tuskin voidaan tällöin käyttää. Hiilidioksidin käyttö nimittäin edellyttää putkilta varsin suurta paineen kestoa.

Vanhaa, hyväkuntoista suorahöyrysteistä rataputkistoa voidaan joissain tapauksissa hyödyntää epäsuorassa järjestelmässä. Tällöin täytyy arvioida, kuinka rata lämpöteknisesti toimii ja soveltuvatko vanha putkimateriaali ja tiivisteet uudelle kylmäliuokselle. Vanhan putkiston hyödyntäminen edellyttää joka

3. Hankintaprosessi

tapauksessa putkiston huolellista puhdistamista ennen uuden kylmäliuoksen käyttöönottoa. Puhdistus saattaa olla varsin työläs operaatio. Lämpötekniisessä arvioissa kiinnitetään huomiota ennen kaikkea putkien asennusväliin, putkidimensioon, pinnoitemateriaaliin sekä routasuojaukseen. Putkien asennusvälin olisi syytä olla alle 15 cm ja putkidimension mahdollisimman suuri (nykyisin käytetyin putkikoko muoviputkilla on 25 x 2,3). Pienten putkien ongelmana on joko suuri painehäviö tai suuri lämpötilaero liuoksen meno- ja paluulämpötilan välillä. Huonosti lämpöä johtavat pinnoitemateriaalit heikentävät koneiston lämpötaloutta.

Ratarakenteen korjaamiseen on kaksi tapaa: 1) puretaan vanha rakenne tai 2) rakennetaan uusi rata vanhan päälle. Vanhan päälle rakennettava uusi rata on edullisempi vaihtoehto, jos se vain teknisesti on mahdollista. Routivan radan uusiokäyttö on kuitenkin riski, joten rata-alusta olisi tällöin syytä uusia täydellisesti.

Putkistojen kuntotutkimusmenetelmiä on selvitetty putkistokorjaushankkeessa (Paiho et al. 2009). Hankkeesta kootussa raportissa todetaan putkistojen kuntotutkimusmenetelmistä seuraavasti: ”Putkistojen kuntotutkimusten tavoitteena on saada tietoa putkien seinämäpaksuuksista, putkiliitosten kunnosta, putkien siirtymistä, murtumista, halkeamista, tukkeumista yms. Nykyisin ei kuitenkaan ole menetelmiä, joilla edellä mainitut tiedot saataisiin todennettua kattavasti kohtuullisin kustannuksin.”

Käytössä olevia menetelmiä ovat muun muassa erilaiset putkien sisäpuoliset videokuvaukset, röntgenkuvaukset, erilaiset tähytysmenetelmät, nesteiden kemialliset analyysit sekä putkiston tiiviyskokeet joko ilmalla tai nesteellä. Putkien sisäpuolisen videokuvausten ja erilaisten tähytysten rajoitteena on se, ettei putkien seinämäpaksuuksista saada todennettua tietoa. Kuvaus voi kyllä osoittaa vauriopaikkoja, mutta vaurioiden laajuutta on mahdotonta arvioida tarkasti. Rataputkistot ovat kooltaan niin pieniä ja pitkiä, että sisäpuolisia kuvauslaitteita on vaikea saada mahtumaan ja ulottumaan joka paikkaan.

Röntgenkuvauksella voidaan saada varsin yksityiskohtaista tietoa kuvattavan putkikohdan tilasta, mutta röntgenkuvausta voidaan käyttää vain putkiin, jotka ovat näkyvillä. Röntgenkuvauksella saadaan tietoa muun muassa seinämäpaksuudesta, mutta kuvauksia voidaan tehdä taloudellisten seikkojen vuoksi vain pistokoeluohteisesti. Maanvaraisen laatan sisässä olevia putkia ei voi röntgenkuvauksella tutkia.

Kemiallisilla analyyseillä saadaan selvitettyä putkistossa olevia epäpuhtauksia, jotka voivat viitata sakkaumiin putkistoissa. Tiiviyskokeen tulos kertoo putkiston toimivuuden koestushetkellä; se siis kertoo, onko putkistossa vuotoa vai ei. Tiiviyskokeen tulosten perusteella ei voida kuitenkaan antaa minkäänlaista ennustetta järjestelmän toimivuudesta tulevaisuudessa.

Laitteiston kuntoa ja teknistä toimivuutta joudutaan arvioimaan myös lauhdutusjärjestelmän ja mahdollisesti hallin ilman kuivausjärjestelmän suhteen. Lämmitys- ja kuivauspattereiden sekä niihin liittyvän putkiston (varusteineen) lämpötekniistä toimivuutta pitää arvioida lähinnä kapasiteetin riittävyyden kannalta. Saneerauksen yhteydessä lämpötilamitoitukset saattavat muuttua, jolloin saattaa käydä niin, että vanha putkisto ja/tai patterit ovat alimitoitettuja uudessa tilanteessa.

Hankesuunnitelma

Hankesuunnitelmaa varten on määritettävä korjaustöiden kohdentuminen ja laajuus. Samalla on määritettävä tavoitteet suunnittelulle ja toteutukselle. Hankesuunnittelun lähtötietoja ovat jääaika vuodessa sekä käyttöaika viikoittain ja vuorokaudessa. Jääkoneiston ja jääalustan osalta tarvitaan seuraavat tiedot:

- vaatimukset jään teknopeudelle
- vaatimukset jään lämpötilalle
- ilman kosteuden raja-arvot

- vaatimukset jääkoneiston ohjausjärjestelmälle
- tavoitteet energian kulutuksen tehostamiselle ja lauhdelämmön hyödyntämiselle.

Jos tarkoituksena on uusia laajemmin myös hallin LVIS-järjestelmiä sekä automaatiota ja tehdä tila- ja rakennekorjauksia, on niille asetettava omat tavoitteensa. Lauhdelämmön hyödyntämisen osalta tärkeimpiä ovat talotekniset järjestelmät: ilmastointi, lämmitys, lämmin käyttövesi ja ilman kuivaus sekä automaatiojärjestelmä.

Määriteltyjen korjausten suunnittelun ja toteutuksen kustannukset arvioidaan. Samoin määritetään alustava toteutusaikataulu. Kustannuspuitteiden asettamisessa ollaan usein liian optimistisia, minkä seurauksena puitteet joko ylitetään huomattavasti tai suunnitelmia joudutaan myöhäisessä vaiheessa karsimaan.

Korjausinvestoinnin tulisi pienentää vuosittaisia käyttökustannuksia, minkä seurauksena myös elinkaarikustannukset pienenevät. Käyttökustannuksia pienentävät

- uusi, energiatehokkaampi jääkoneisto
- lauhdelämmön tarkka hyödyntäminen
- korjauskustannusten pieneminen jatkossa
- kehittyneempi ohjaus- ja valvontajärjestelmä.

Hankesuunnitteluvaiheessa tulee arvioida eri vaihtoehtojen investointi- ja käyttökustannukset sekä tehdä karkea elinkaarikustannustarkastelu. Kustannustarkastelujen lisäksi tulee arvioida eri vaihtoehtojen vahvuuden ja heikkoudet. Tällä parannetaan valmiutta arvioida ja vertailla eri yritysten tarjouksia tarjouspyyntövaiheessa.

Kun halutaan tehostaa hallin energiataloutta, on jäädytyksen lauhdelämpö hyödynnettävä mahdollisimman hyvin. Tilaajan ja toimittajan kannalta selkeintä on liittää hallin lämmityksen ja ilmankuivauksen tehostaminen osaksi kylmälaitetoimitusta.

Hankintakokonaisuuteen liittyy

- laitteiston suunnittelu
- kylmäkoneiston asennus
- jääalustan ja putkistojen asennus
- lauhdelämmön lauhduttimien asennus (+ mittarointi)
- hallin lämmitys- ja kuivauslaitteiston asennus (lauhdelämpöjen hyödyntäminen)
- kylmäkoneiston ohjaus- ja vikahälytysjärjestelmän asennus
- mittaroinnit: sähkö ja kylmäliuos
- vanhan laitteiston purku ja kierrätys.

Hankesuunnitelmassa esitetään

- korjaushankkeen perustiedot
- korjaushankkeen tavoitteet, hankinnan laajuus (suunnittelu, asennukset, palvelut käytön aikana)
- toimivuus- ja laatutavoitteet (suunnittelukriteerit)
- kustannusarvio ja riskien arviointi
- viranomaislupien tarve
- suunnittelun ja rakentamisen alustava aikataulu
- koneistohankinnan yhteydessä toteutettavat muut korjaukset ja laatutason nostot
- olosuhde- ja toimivuusvaatimukset (lämpötila, kosteus, energiankulutus)
- aikataulu, budjetti, rahoitus
- hankintatapa.

3. Hankintaprosessi

Vanhan laitteiston purku kannattaa liittää hankintakokonaisuuden osaksi, koska urakoitsija voi rajata purkutyöt uuden kylmäkoneiston suunnitelmien perusteella. Vanhojen kylmäaineiden ja liuosten poisto edellyttää urakoitsijalta TUKESin rekisteröimää pätevyyttä tehdä kylmäalan töitä. Mikä tahansa rakennus- tai purku-urakoitsija ei siten voi purkaa vanhaa kylmäkoneistoa ja poistaa kylmäaineita.

Siihen, tarvitaanko kylmäkoneiston ja jääalustan uusimiseen rakennuslupaa, vaikuttavat hankkeen laajuus ja sisältö. Jos kylmäkoneisto sijoitetaan hallin ulkopuolelle erilliseen konttiin tai julkisivuihin tulee muutoksia, rakennuslupa yleensä tarvitaan. Myös muutokset hallin LVI-järjestelmissä edellyttävät ainakin toimenpidelupaa ja tarkastuksia. Rakennustarkastajat eivät valvo kylmäkoneistojen suunnittelua ja asennusta. Tilaajan tulee varmistaa urakoitsijaa valittaessa, että urakoitsijalla on oikeus tehdä kylmälaite-suunnittelua ja -asennuksia. Rakennusluvista on kuntakohtaisia tulkintaeroja, joten asia tulee hankesuunnitteluvaiheessa tarkistaa kunnan rakennusvalvonnasta.

3.3.3 Tilaajan suunnittelu

Kun jääkoneisto ja jääalusta suunnitteluineen hankitaan yhtenä kokonaisuutena, tilaaja keskittyy tavoitteiden, toimivuusvaatimusten ja urakkarajojen määrittelyyn. Pyrittäessä parantamaan hallin energiataloutta kannattaa usein uusia samalla hallin ilmankuivaus- ja lämmityslaitteet. Tilaaja asettaa tällöin vaatimukset jääkentän lisäksi myös hallin sisäolosuhteille.

Jos kylmäkoneiston korjaamisen yhteydessä suoritetaan muita korjaustöitä, jotka kohdistuvat talotekniikkaan, rakenteisiin ja tiloihin, ja jos niitä ei sisällytetä samaan hankintaan kylmäkoneiston kanssa, kannattaa kyseiset suunnitelmat teettää ennen kylmälaiteurakoitsijan valintaa. Tilaajan talotekniikkasuunnittelijoiden on kuitenkin vaikea laatia taloteknisiä suunnitelmia valmiiksi ennen urakoitsijan valintaa ja tämän tekemiä suunnitelmia, koska kylmälaiteiston mitoitus ja ominaisuudet määritetään hallin lähtötietojen, käyttötavan ja jäävaatimusten perusteella (Jäähallin lämpö- ja kosteustekniikka 2007). Kylmäkoneistourakoitsijan ja tilaajan taloteknisten suunnittelijoiden tulee silloin yhdessä ratkaista lauhdelämmön hyödyntämisen yksityiskohdat, kosteudenhallinta ja rakennusautomaation toiminta kylmäkoneiston ohjausjärjestelmän kanssa.

Hallin rakenteiden ja tilojen muut korjaukset on mahdollista teettää erillisurakkana tai osana kylmäkoneiston uusimista. Hallin vaipan lämmöneristyksen ja tiiviyyden parantamisen vaatimukset ovat tärkeitä lähtötietoja myös kylmälaiteiston suunnittelussa.

4. Hankinnan valmistelu

4.1 Hankinnan tavoitteet ja hankinta-asiakirjat

Hankinnan valmistelussa lähtökohtana ovat korjaushankkeen hankesuunnittelussa määritetyt tavoitteet sekä investointipäätöksen perustelut ja suuntaviivat. Urakkakilpailua järjestettäessä tarjouspyyntöasiakirjoissa esitetään kaikki urakkaehdot ja tarjouspyyntöasiakirjat toimitetaan kaikille urakoitsijoille samanaikaisesti. Jos urakoitsijoilta tulee täsmentäviä kysymyksiä tarjousten laskenta-aikana, ilmoitetaan vastaukset kaikille urakoitsijoille kuten myös mahdollinen tarjousajan pidentäminen (Kankainen & Junnonen 2001).

Tarjouspyyntöasiakirjat sisältävät

- tarjouspyyntökirjeen
- urakkaohjelman
- urakkarajaliitteen
- yksikköhintaluettelon (muutostöiden hinnoittelu) ja tarjouslomakkeen
- tekniset asiakirjat
 - hallin ja laitteiston lähtötiedot (vanhat oleelliset suunnitelmat)
 - tilaajan omien hankintojen suunnitelmat ja liityntä jääkoneistoon (tarvittaessa)
 - huolto- ja korjaushistorian
 - jääkoneiston ja muiden mahdollisten tehtävien toimivuusvaatimukset
 - vanhan järjestelmän toimivuuteen liittyvät puutteet.

Tarjouspyyntökirjeessä ja urakkaohjelmassa esitetään urakkamuoto, maksuperusteet ja urakoitsijan valintakriteerit, joita tilaaja tulee hankkeessa käyttämään. Urakkaohjelmassa esitetään myös sopimusrakenne, jos samassa yhteydessä pyydetään tarjousta laitteiston huollosta ja kunnossapidosta tai käytetään elinkaarivastuuhankintaa. Urakkarajaliitteellä täsmennetään urakoitsijan suoritusvelvollisuudet.

4.2 Toteuttajan valinta ja sopimus

4.2.1 Avoin ja rajoitettu hankintamenettely

Julkisissa hankinnoissa on mahdollista käyttää joko avointa tai rajoitettua hankintamenettelyä. Suunnittelu–toteutus–menettelyllä tai elinkaarivastuulla toteutettavissa hankinnoissa on suositeltavaa käyttää rajoitettua menettelyä. Siinä toimittajat esivalitaan tilaajan kriteerien perusteella kilpailuun. Rajoitetussa hankintamenettelyssä tarjouskilpailuun tulee valita vähintään viisi yritystä, jollei soveltuvia ehdokkaita ole tätä vähemmän.

4. Hankinnan valmistelu

4.2.2 Yritysten suorituskyvyn arviointi

Yritysten valintaa rakennushankkeisiin säätelee tilaajavastuulaki, joka velvoittaa sekä julkisia että yksityisiä tilaajia ottamaan selvää toimittajistaan ja varmistamaan, että yritykset ovat hoitaneet yhteiskunnalliset velvoitteensa. Toimittajien esivalintakriteerien vähimmäisvaatimukset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Yritysten esivalintakriteereiden vähimmäisvaatimukset.

Esivalintakriteereitä yrityksen esivalinnassa (minimivaatimukset)
Lainsäädännöllisten velvoitteiden täyttäminen, Tilaajavastuulaki (2006): <ul style="list-style-type: none">• selvitys yrityksen merkitsemisestä ennakkoperintälain (1118/1996) mukaiseen ennakkoperintärekisteriin ja työnantajarekisteriin sekä arvonlisäverolain (1501/1993) mukaiseen arvonlisäverovelvollisten rekisteriin• kaupparekisteriote• todistus verojen maksamisesta, verovelkatodistus tai selvitys siitä, että verovelkaa koskeva maksusuunnitelma on tehty• todistukset eläkevakuutusten ottamisesta ja eläkevakuutusmaksujen suorittamisesta tai selvitys siitä, että erääntyneitä eläkevakuutusmaksuja koskeva maksusopimus on tehty• selvitys työhön sovellettavasta työehtosopimuksesta tai keskeisistä työehdoista.
Kylmäalan pätevyys: <ul style="list-style-type: none">• pätevyystodistus kylmäalan urakoinnista (yritys/henkilöt) (Kylmäalan asetus 452/2009)
Taloudelliset edellytykset: <ul style="list-style-type: none">• tilinpäätöksen mukaan oman pääoman suhde osakepääomaan > 50 % (Osakeyhtiölaki 2006)• Aiemman toiminnan liikevaihdon riittävyys suhteessa projektin kokoon.

Esivalinnassa käytettävien vähimmäisvaatimusten lisäksi toimittajilta voidaan edellyttää referenssejä aikaisemmista hankkeista, teknisestä osaamisesta ja tuotteista. Taulukossa 6 on esimerkki yritysten pätevyyden arviointikriteereistä ja kriteerien painotuksista. Urakkakokonaisuuden laajuudesta riippuen arviointikriteereitä voi kehittää tapaukseen sopivaksi. Jos urakassa on runsaasti muita kuin kylmälaite- töitä, voi kriteerejä täydentää. Ilmoitettaessa hankkeesta julkisesti yrityksiä pyydetään toimittamaan referenssitiedot tilaajalle.

Taulukko 6. Esimerkki yritysten pätevyyden arviointikriteereistä.

Yritysten suorituskyvyn arviointi	Painotus- %
Suunnitteluosaaminen: <ul style="list-style-type: none">• yrityksen käyttämien suunnittelijoiden kokemus ja referenssit.	25
Toteutusosaaminen: <ul style="list-style-type: none">• toteuttajan kokemus ja referenssit jääkoneistoista• referenssihankkeet viimeisen viiden vuoden ajalta.	25
Yrityksen tarjoamien järjestelmien soveltuvuus	35
Tuotannolliset edellytykset: <ul style="list-style-type: none">• laatu- tai toimintajärjestelmän kuvaus.	15

Esivalintakriteereiden tulee olla sellaisia, että yritykset pystyvät toimittamaan tarvittavat tiedot osaamisestaan ja tuotteistaan ja arviointi voidaan niiden perusteella tehdä. Kriteerit on avattava ja määriteltävä ominaisuudet, jotka järjestelmältä halutaan. Kriteerien painotus on tilaajan harkinnassa, ja yksittäinen kriteeri voi olla myös suoraan poissulkeva. Arviointi tulee tallentaa, jotta valinnat pystytään tarvittaessa perustelemaan jälkikäteen.

Vaikka tilaaja tuntisi osan tarjoajaehdokkaista etukäteen, tulee kaikilta pyytää samat tiedot esivalintaa varten. Näin varmistetaan, että tilaaja toimii neutraalisti kaikkien ilmoittautuneiden suhteen.

4.2.3 Tarjousten vertailu ja urakoitsijan valinta

Suunnittelu–toteutus- ja elinkaarivastuuhankinnassa toteuttajaa valittaessa on vertailtava sekä tarjottujen ratkaisujen ominaisuuksia että hintatekijöitä eli kokonaistaloudellista edullisuutta. Hankintalaki tarjoaa siihen varsin laajat mahdollisuudet. Kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen vertailuperusteina voidaan käyttää laatua, hintaa, teknisiä ansioita, esteettisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia, ympäristöystävällisyyttä, käyttökustannuksia, kustannustehokkuutta, myynnin jälkeistä palvelua ja teknistä tukea, huoltopalveluja, toimituspäivää, toimitus- ja toteutusaikaa tai elinkaarikustannuksia (Laki julkisista hankinnoista 2007). Kokonaistaloudellista edullisuutta arvioitaessa voidaan ottaa huomioon myös asianomaisen yleisön tarpeisiin liittyviä taloudellisia ja laadullisia perusteita sekä ympäristövaatimuksiin liittyviä perusteita, jos ne perusteet ovat mitattavissa ja liittyvät hankinnan kohteeseen.

Käytettäessä valintaperusteena kokonaistaloudellista edullisuutta vertailuperusteet ja niiden suhteellinen painotus on ilmoitettava hankintailmoituksessa tai tarjouspyyntöasiakirjoissa. Painotus voidaan ilmaista myös ilmoittamalla kohtuullinen vaihteluväli. Jos vertailuperusteiden suhteellisen painotuksen ilmaiseminen ei ole perustellusti mahdollista, vertailuperusteet on ilmoitettava tärkeysjärjestyksessä.

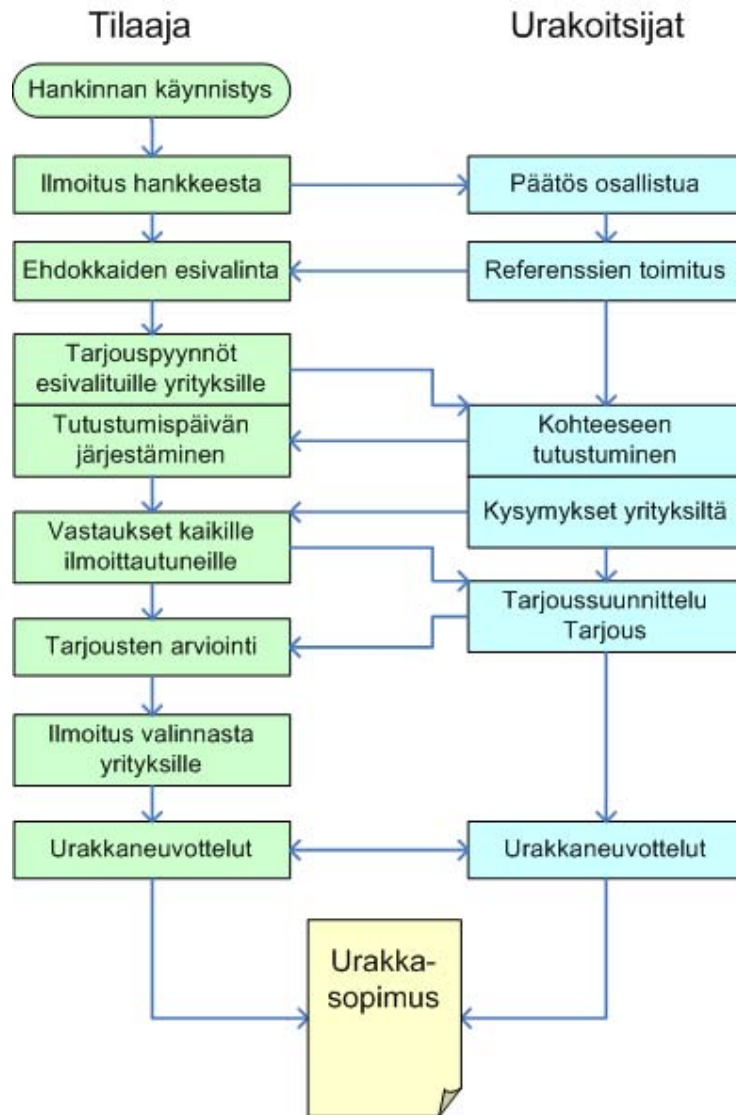
Hankintaprosessin eteneminen rajoitetulla hankintamenettelyllä on esitetty kuvassa 9. Tilaaja ilmoittaa hankkeesta Suomessa julkisten hankintojen ilmoitustaululla (<http://www.hankintailmoitukset.fi>). Lisäksi hankkeesta voi tiedottaa lehdistössä ja suoraan potentiaalisille yrityksille. Yrityksiä pyydetään toimittamaan halutut referenssitiedot toiminnastaan. Yrityksiltä voi kysyä myös käsitystä kohtuullisen tarjousajan pituudesta.

Tilaaja valitsee referenssien perusteella vähintään viisi osallistujaa tarjouskilpailuun ja lähettää tarjouspyynnön yrityksille. Kaikille yrityksille ilmoitetaan, ketkä on valittu tarjouskilpailuun. Tarjouspyynnön yhteydessä yrityksille ilmoitetaan päivästä, jolloin kohteeseen pääsee tutustumaan. Yritykset voivat tehdä kysymyksiä kirjallisesti, ja vastaukset kysymyksiin jaetaan kaikille.

Tarjousten jättöpäivän jälkeen tilaajan projektiryhmä avaa kaikki tarjoukset ja asettaa ne ilmoitettujen laatu- ja hintakriteerien perusteella paremmuusjärjestykseen. Yrityksille ilmoitetaan kilpailun tulos. Urakkaneuvottelu käynnistetään parhaaksi valitun kanssa ja urakkasopimus allekirjoitetaan. Mikäli neuvotteluissa ei päästä yhteisymmärrykseen, tilaaja voi käynnistää neuvottelun toiseksi parhaaksi arvioidun tarjoajan kanssa.

Jos joku kilpailuun osallistuneista yrityksistä katsoo valinnan tapahtuneen vastoin hankintalakia, on hakemus markkinaoikeuteen tehtävä 14 päivän kuluessa siitä, kun yritys on kirjallisesti saanut tiedon valinnan tuloksesta (Hankintalaki).

Jos hankkeeseen kuuluu muita hankintoja, jotka liittyvät esimerkiksi taloteknisiin järjestelmiin, voidaan urakkaneuvottelujen yhteydessä järjestää suunnitelmakatselmuksia. Siinä käydään lävitse eri järjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät tekniset kysymykset, joilla voi olla vaikutusta myös urakkasopimuksen sisältöön.



Kuva 9. Urakoitsijan valintaprosessi hallin jääkoneiston ja jääalustan uusinnassa.

4.3 Toimittajan suunnittelu

Urakka- tai elinkaarisopimuksen solmimisen jälkeen toimittaja laatii kylmäkoneiston työ- ja valmistussuunnitelmat. Liitynnät tilaajan muihin suunnitelmiin ja olemassa oleviin järjestelmiin käydään lävitse yhdessä tilaajan suunnittelijoiden kanssa. Jos hankintakokonaisuuteen kuuluu myös hallin kosteuden hallinta ja lämmitysjärjestelmän uudistaminen, kylmälaitetoimittajan tehtävänä on suunnitella kokonaisuudessaan toimiva ja energiatehokas kokonaisratkaisu.

Jos korjaushankkeessa tarvitaan rakennus- tai toimenpidelupa, tilaajan on huolehdittava niiden hankinnasta ja veloitettava urakoitsija osallistumaan lupahakemukseen tarvittavien suunnitelmien laadintaan. Yhteydenpito rakennusvalvontaan viranomaistarkastusten osalta voidaan siirtää sopimuksella urakoitsijalle.

Kylmäkoneikon ja jääalustan suunnitteluvaiheessa oleellisia tehtäviä ja asioita ovat

- suunnittelu-aikataulun laadinta ja hyväksyminen
- koko suunnittelu- ja asennusurakan aikataulun laadinta ja hyväksyminen
- suunnittelukokouksien järjestäminen
- hallin kosteuden ja energiankäytön suunnittelu
- suunnitteluratkaisun esittely tilaajalle ja tilaajan hyväksyntä
- rakennuslupa-asiakirjat (tarvittaessa)
- yhteistyö tilaajan suunnittelijoiden ja kylmälaitetoimittajan suunnittelijoiden kesken
- asennussuunnitelmien laadinta
- työselostusten laadinta
- hankintojen suunnittelu
- käyttö- ja huolto-ohjeiden laadinta
- purkusuunnitelma ja työmaan perustamissuunnitelma.

Jotta suunnittelu saadaan etenemään sujuvasti, on tilaajan edustajien osallistuttava suunnittelukokouksiin. Jos hankkeessa on samanaikaisesti kylmälaitteurakasta erillisiä hankintoja, on eri järjestelmien rajapintoihin ja yhteistoimintaan kiinnitettävä erityistä huomiota. Tilaajan hyväksyntä suunnitelmille eivät vähennä urakoitsijan vastuuta tuloksen laadusta ja toimivuudesta.

Urakkasopimuksen velvoitteisiin liitetään lopullisten suunnitteluasiakirjojen luovuttaminen tilaajalle. Lisäksi on tarpeen sopia, missä muodossa (paperikopioina vai tiedostoina) ja missä vaiheessa asiakirjat luovutetaan. Rakentamisen aikana ja sen päättyessä suunnitelmia joudutaan yleensä joiltakin osin täydentämään ja tarkentamaan. Tilaajan tulee saada käyttöönsä lopulliset valmiit suunnitelmat. Seuraavassa on lueteltu tyypilliset luovutettavat asiakirjat:

- kylmäkoneiston toimintokaavio ja piirustukset
- jääalustan putkistopiirustus poikkileikkauksineen
- työselitykset
- käyttö- ja huolto-ohjeet
- tuote- ja materiaalisertifikaatit
- etäohjaus- ja valvontajärjestelmän käyttöohjeet
- kosteudenhallintasuunnitelma
- laitteiston toimintakokeiden dokumentit.

Vaikka kylmäkoneiston uusinnassa käytetään elinkaarisopimusta, on tilaajan syytä saada käyttöönsä täydelliset suunnitteluasiakirjat ja laitteiston käyttöohjeet. Laitteiston toimittanut yritys voidaan velvoittaa päivittämään suunnitelmat myös mahdollisissa muutos- ja korjaustapauksissa ja luovuttamaan tilaajalle pääsy niihin. Elinkaarisopimuksissa tilaajalla tulee olla mahdollisuus ottaa laitteisto haltuunsa ja valita toinen palvelutoimittaja kesken sopimuskauden, jos laitteiston toimittanut yritys ei täytä sopimusvelvoitteitaan.

4.4 Kylmäkoneiston rakentaminen

Kylmäkoneiston uusiminen alkaa työmaan perustamisella. Työmaan käytännön järjestelyihin liittyviä asioista on sovittu jo suunnittelun yhteydessä. Jos kylmäkoneistotoimittaja on samalla hankkeen pääurakoitsija, on vastuu työmaan perustamisesta ja järjestelyistä urakoitsijalla. Jos tilaajalla on muita rinnakkaisia hankintoja, on työmaan yleisjärjestelyistä sovittava etukäteen. Järjestelyt tulee määrittellä jo tarjouspyyntöasiakirjoissa.

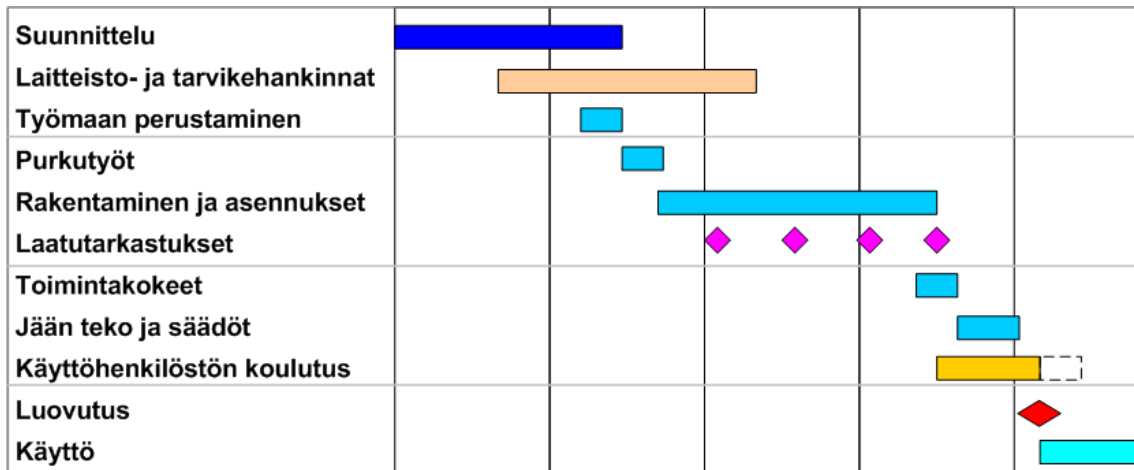
Työmaa käynnistetään aloituskokouksella. Tarvittavasta aloituskokouksesta määrätään rakennusluvassa (Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895). ”Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee sopia kunnan rakennusvalvontaviranomaisen kanssa aloituskokouksen ajankohdasta ja kutsua kokous koolle ennen rakennustyön aloittamista. Aloituskokouksessa tulee olla läsnä ainakin rakennushankkeeseen ryhtyvä tai tämän edustaja, rakennuksen pääsuunnittelija sekä vastaava työnjohtaja. Aloituskokouksen perusteella rakennusvalvontaviranomainen harkitsee, tarvitaanko erillistä selvitystä toimenpiteistä rakentamisen laadun varmistamiseksi (laadunvarmistusselvitys).”

Korjaushankkeissa ilmenee usein työn edetessä asioita, joista pitää neuvotella tilaajan kanssa. Säännölliset työmaakokoukset ovat tähän tarkoitukseen soveltuva foorumi. Työmaakokouksia pidetään suunnitellusti tarpeen mukaan.

Jos urakoitsija havaitsee, että työssä ei voida edetä laadittujen suunnitelmien mukaisesti, on tällä velvollisuus informoida tilaajaa asiasta. Korjausrakentamisessa muutostarpeita suunnitelmiin voivat aiheuttaa esimerkiksi vanhojen rakenteiden ja järjestelmien oletettua heikompi kunto, putkistojen reititysten muutostarpeet tai muut seikat.

Työmaatilojen järjestäminen on yleensä pääurakoitsijan vastuulla (varastotilat, sosiaalilat ja työnjohdon työskentelytilat). Jos jäähallissa on käytettävissä soveltuvia tiloja, tilaaja voi mahdollisesti luovuttaa ne työn ajaksi urakoitsijoiden käyttöön, jolloin urakkahinta on vastaavasti alhaisempi. Vastaavalla tavalla voidaan toimia myös työmaan aikana tarvittavan veden ja sähkön osalta. Muutoin sähkölle ja vedelle tulisi asentaa erilliset takamittarit ja laskuttaa urakoitsijaa syntyneen kulutuksen perusteella. Työmaavaiheen keskeisiä tehtäviä ja asioita jäähallin korjaushankkeessa ovat

- työmaakokoukset
- työmaa-aikataulut
- tilaajan hyväksynnät
- vanhan kylmäaineen ja muiden nesteiden poisto ja toimittaminen jälkikäsitteilyyn
- vanhojen koneistojen ja rakenteiden purku
- toimitusten vastaanotto ja suojaaminen
- rakennustyöt ja asennukset
- työmaan vartiointi
- säädöt ja toimintakokeet
- työmaavalvonta
- luovutuskunnon tarkastukset
- luovutus- ja laatuasiakirjat.



Kuva 10. Jäähallin korjaushankkeen pääpiirteinen aikataulu.

Rakennusvaiheen yleisaikataulu laaditaan jo suunnitteluvaiheessa. Koska urakoitsija vastaa myös suunnitteluratkaisuista, samaan aikatauluun kannattaa liittää myös oleelliset suunnittelutehtävät. Ennen työmaan käynnistämistä aikataulua pitää yleensä tarkentaa. Samalla siihen liitetään eri aliorakoitsijoiden aikataulut.

Vaikka rakennus- ja asennustehtävien toteutus on urakoitsijan vastuulla, on tilaajan edun mukaista käyttää omaa valvojaa työmaavaiheessa. Valvoja kannattaa valita jo suunnitteluvaiheessa, jolloin hän voi osallistua suunnittelukokouksiin ja perehtyä sitä kautta suunnitteluratkaisuihin. Valvojalla on hyvä olla kokemusta kylmätekniikasta ja taloteknisistä järjestelmistä. Jos hankkeessa tehdään rakennusteknisiä korjauksia laajemmin, on perusteltua käyttää niihin eri valvojaa. Rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden laadunvarmistus on jäähallissa erityisen tärkeä asia, kuten myös jääalustan routimisen estäminen.

Urakoitsijan tehtävänä on varmistaa omilla laatutarkastuksillaan, että kaikki asennus- ja rakennustyöt ovat virheettömästi tehtyjä. Asennustöiden lopussa urakoitsija tarkistaa kaikkien laitteistojen kytkennät ja aloittaa laitteiden toimintakokeet. Kylmäkoneiston toimivuus saadaan selville, kun halliin tehdään jää. Jään teon yhteydessä laitteistoa voidaan virittää toimimaan suunnitellulla tavalla.

Hallin käyttöhenkilöstön koulutus tulee liittää osaksi urakoitsijan sopimusvelvoitteita. Käyttöhenkilöstön on hyödyllistä perehtyä laitteistoon jo asennusten yhteydessä ja viimeistään toimintakokeista alkaen. Ensimmäisen jääntekovaiheessa käyttöhenkilöstö perehdytään kylmälaiteiston ohjaus- ja valvontajärjestelmään, jolloin hallin laitteiston käyttö siirtyy tilaajan henkilöstölle. Hallin käytön aikana urakoitsija velvoitetaan antamaan tarvittavaa tukea ja opastusta hallin laitteistojen käyttöön ja kulutusten seurantaan.

4.5 Vastaanotto ja toimivuuden todentaminen

Hallin kylmälaiteurakan luovutus tilaajalle alkaa tilaajan valvojien suorittamalla tarkastuksella, jossa kirjataan ylös kaikki havaitut puutteet ja poikkeamat. Tämän jälkeen tarkistetaan urakoitsijan suorittamien toimintakokeiden tulokset. Tilaajan valvojien ja käyttöhenkilöstön tulisi osallistua toimintakokeisiin sekä jään tekoon ja ylläpitoon.

Kylmälaiteiston suoritusarvoja verrataan tavoitearvoihin. Jos tarkastuksissa havaitut puutteet tai poikkeamat ovat vähäisiä ja kylmälaiteiston suorituskyky on käytännössä sovitun mukainen, voidaan

4. Hankinnan valmistelu

laitteiston todeta olevan luovutuskunnossa. Samassa yhteydessä tarkistetaan luovutusasiakirjat. Myös niissä olevat puutteet kirjataan. Tilaaja arvioi, onko laitteisto asiakirjojen osalta sopimuksen mukainen.

Jos sopimukseen kuuluu vastuu laitteiston energiatehokkuudesta, sitä ei vielä voida luovutuksen yhteydessä todentaa. Laitteiston toimintaa ja hallin energiankulutusta on seurattava ainakin takuuajan, jolloin saadaan tiedot vuosittaisesta kulutuksesta. Laitteiston asentanut yritys virittää kylmälaitteistoa toimimaan takuuajana mahdollisimman energiatehokkaasti. Tavoitteisiin liittyy lauhde-energioiden tehokas hyödyntäminen hallin lämmityksessä, ilman kuivauksessa ja käyttöveden tuottamisessa.

Vastaanottoon valmistautumisessa käyttöhenkilöstöltä tulee kysyä, ovatko he saaneet riittävän koulutuksen laitteiston käyttöön, onko laitteiston toiminnassa havaittu ongelmia ja toimiiko kylmäkoneisto ja siihen liittyvät järjestelmät moitteetta.

Kun kohteeseen on haettu rakennuslupa, pitää rakennusvalvonta lopputarkastuksen. Rakennusvalvonta antaa luvan joko kohteen käyttöönottoon tai esittää korjaustarpeita, jotka on korjattava ennen käyttöönottoa. Vikojen ja puutteiden korjaamisen jälkeen voidaan pitää kohteen taloudellinen loppuselvitys, jossa käydään lävitse osapuolten hankkeen aikana toisilleen esittämät vaateet. Niistä sopimisen jälkeen tilaaja ottaa vastaan korjausurakan. Rakennushankkeissa on tapana, että vastaanottovaiheessa havaittuja pieniä korjaustarpeita siirretään takuukorjausten yhteyteen 1–2 vuoden päähän. Laatu-tietoisempi toimintatapa kuitenkin on, että hanke luovutetaan virheettömänä ja kaikki puutteet korjataan viimeistään luovutusvaiheessa.

Laitteiston vastaanoton jälkeen alkaa takuuajaka. Kyseisenä aikana urakoitsija korjaa kustannuksellaan laitteiston toiminnassa esiintyvät viat ja poikkeamat. Jos kylmäkoneisto on hankittu elinkaarisopimuksella, urakoitsija pitää laitteiston toimintakunnossa koko sopimusjakson ajan.

4.6 Käyttö, hoito ja kunnossapito

Jäähallin kylmälaitteiston pitkäaikaiseen huoltosopimukseen tai laitteiston elinkaarisopimukseen sisällytetään velvoitteet pitää laitteistot jatkuvasti käyttökunnossa. Laitteistotoimittajan henkilöstöt eivät pääsääntöisesti ole paikalla hallin käytön aikana. Nykyisten kehittyneiden ohjaus- ja valvontajärjestelmien avulla laitteiston toimittaja voi toimia käyttöhenkilöstön etätukena, koska etäohjausjärjestelmän avulla hälytykset voidaan kohdentaa ja tilaajan käyttöhenkilöstöä myös opastaa.

Kylmälaitteistoa huolletaan toimittajan laatiman huolto-ohjelman mukaisesti. Suunnitellut huollot sovitaan ajankohtiin, jolloin hallin käyttö on vähäisempää. Huolto- ja palvelusopimuksessa tulisi olla sovitut vasteajat, joiden puitteissa toimintahäiriöihin ja vikoihin reagoidaan.

Laitteisto voi myös rikkoontua käytön aikana siten, että hallia ei voida käyttää ennen korjausta. Näiden tapausten varalta tulisi sopimuksessa olla toiminta- ja korvauseriaate: miten laitetoimittajan hallin pitkäaikainen seisokkiaika vaikuttaa palkkioon. Jos toimittaja veloitetaan korvaamaan hallin seisokkipäivistä, maksaa tilaaja jatkuvasti suurempia palvelumaksuja. Sopimuksen tulisi ennen kaikkea kannustaa toimittajaa korjaamaan laitteisto mahdollisimman nopeasti. Kaikki laitteistoviat eivät kuitenkaan aiheuta käyttökatkosta, koska muun muassa jään ylläpitoon ei tarvita kaikkien kompressoreiden tehoja.

Hallin seuranta- ja raportointijärjestelmän tulee tuottaa selkeitä raportteja energian kulutuksesta ja olosuhteista trendeinä ja jaksoittain. Raportit auttavat henkilöstöä käyttämään laitteistoa taloudellisesti. Myös huolto- ja palveluyritys voi raporttien avulla parantaa laitteiston toimivuutta ja suorituskykyä. Huolto- ja ylläpitosopimusten tulisi sisältää myös kannusteita (positiivisia ja negatiivisia sanktioita) toimivuuden jatkuvaksi parantamiseksi.

Huolto- ja elinkaarisopimusten jatkamisperiaatteet esitetään sopimuksissa. Kun kysymyksessä on julkinen tilaaja, jatkosopimusten tekeminen edellyttää lainsäädännön velvoitteiden täyttämistä.

4.7 Kylmälaitteiston omistus

Suunnittelun, rakentamisen, huollon ja kunnossapidon sisältämässä hankintatavassa jääkoneisto siirtyy tilaajan omistukseen urakan luovutusvaiheessa. Sen sijaan elinkaarisopimusmallissa on olemassa eri vaihtoehtoja. Tilaaja ostaa palvelua esimerkiksi 20 vuoden ajan. Jos sopimukseen on määritetty, että laitteisto siirtyy tilaajan omistukseen sopimusjakson päättyessä tai että tilaajalla on lunastusvelvollisuus laitteistoon, riskinä palveluntuottajalle on EVL 19§:n tulkinta. Sopimus saatetaan tulkita osamaksukaupaksi, jolloin kauppahinta on tuloutettava kokonaisuudessaan sinä verovuonna, jona sopimus on tehty tai hyödyke luovutettu ostajalle (Elron Oy 2009). Jos vuosittaiset tulot lasketaan koko elinkaarisopimuksen ajalta ensimmäisen vuoden tuloksi, ei tulevien vuosien kustannuksia voida verotuksessa enää kohdistaa tulevien vuosien tuloihin, ja tällöin elinkaarisopimuksen kannattavuus muuttuu sekä palveluntuottajan että tilaajan kannalta oleellisesti heikommaksi (Efeko Oy 2005).

EVL 19§:n pykälän osamaksukauppatulkinnan riski voidaan välttää sillä, että laitteiston omistusoikeus ei automaattisesti siirry tilaajalle sopimuksen päättyessä vaan että tilaaja voi halutessaan lunastaa laitteiston. On myös mahdollista tehdä jatkosopimus palveluntuottajan kanssa kylmäpalvelun ostamisesta, jos kylmälaitteistolla on jäljellä riittävästi taloudellista käyttöikää. Jatkosopimuksen tekeminen saman palveluntuottajan kanssa neuvottelumenettelyllä on mahdollista, koska muut palveluntuottajat eivät voi osallistua tarjouksen tekoon samanarvoisesta lähtötilanteesta. Jos kylmäkoneisto päätetään uusiksi kokonaan, tilanne on silloin toinen ja neuvottelumenettely vaikeasti perusteltavissa. Kolmas vaihtoehto on järjestää uusi kilpailu ja uusia laitteisto. Tilaaja voi myös sopimusjakson päätteeksi lunastaa laitteiston itselleen ja kilpailuttaa eri yritykset keskenään huolto- ja kunnossapitopalveluiden osalta.

On syytä tiedostaa, että elinkaarisopimukseen liittyvä lainsäädäntö voi muuttua oleellisesti 15–20 vuoden aikajaksolla muun muassa verosäädösten osalta (Efeko Oy 2005). Elinkaaripalveluhankinnassa neuvottelut sopimuksen jälkeisistä vaihtoehdoista ja järjestelyistä tulisi käynnistää hyvissä ajoin ennen sopimuksen päättymistä.

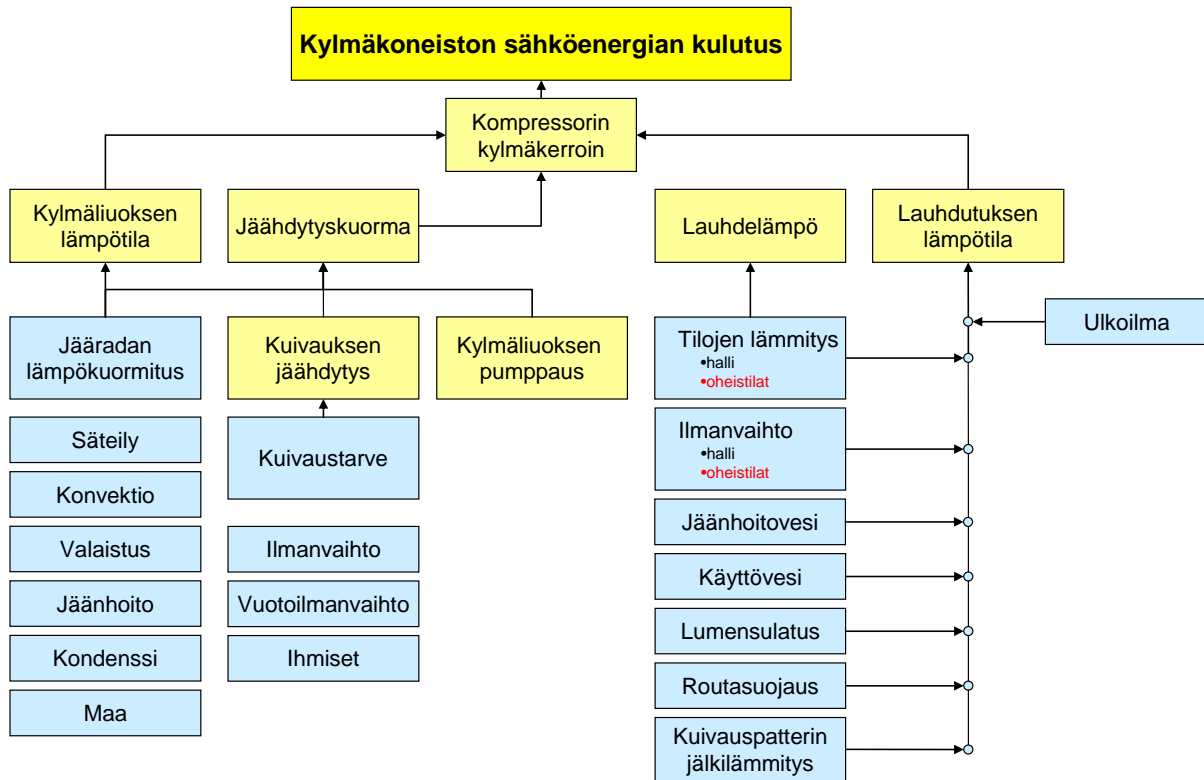
5. Tavoitearvot

Kylmälaite saneerauksen alkuvaiheessa (hankesuunnittelu) on lyötävä lukkoon saneerauksen tavoitteet ja asetettava tavoitteet hallin lämpö- ja kosteusolosuhteille, jotka pitkälti määrittelevät laitemitoituksen ja hallin energiankulutuksen. Lähtökohtana ovat hallin nykyiset olosuhteet ja niissä havaitut ongelmat. Tähän liittyen on pohdittava seuraavia asioita:

- Onko hallissa liian kylmä tai kuuma?
- Onko hallissa esiintynyt kosteusongelmia (sumua, veden kondensoitumista pinnoille, hometta, ruostetta)?
- Onko jään ylläpidossa esiintynyt ongelmia (jää liian kylmä tai lämmin)?
- Onko hallin käyttöaikaan tulossa muutoksia (suunnitellaanko esimerkiksi kokovuotista käyttöä, kun aiemmin halli on ollut auki elokuun puolivälistä huhtikuun puoliväliin)?

Hallin lämpötila vaikuttaa suoraan kylmäkoneiston sähköenergiankäyttöön ja hallin lämmitystarpeeseen: mitä lämpimämpi halli, sitä suurempi on kylmäkoneiston sähkön- ja lämmönkulutus. Tosin on huomattava, että hallin lämpötilan nostaminen pienentää kuivaimen energiankulutusta, joka ympäri-vuotisessa käytössä saattaa olla varsin merkittävää. Lisäksi jos hallin lämmitys voidaan kattaa ”ilmaisella” lauhde-energialla, saattaa hallin lämpötilan nostaminen olla harkitseminen arvoista. Kannattaa myös harkita hallin lämpötilan ohjausarvon muuttamista vuodenajan mukaan: kesällä ja alkusyksystä korkeampi lämpötila ja talvella viileämpi. Vuodenajan mukainen ohjaus on myös katsojaystävällinen mukaillessaan vaatetuskäytäntöä: kesällä on kevyempi vaatetus kuin talvella. Hallin olosuhteiden tavoitearvojen valintaan on annettu ohjeellisia lukuarvoja Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisussa nro 71 (Opetusministeriö 1999).

Kylmäkoneiston energiankulutukseen ja lauhdelämmön hyödyntämiseen vaikuttavat monet tekijät. Kuvassa 11 on esitetty kylmäkoneiston tavoitearvojen laskentaan liittyvät tekijät.



Kuva 11. Kylmäkoneiston sähköenergiankulutuksen tavoitearvojen laskentakaavio. Keltaisella merkityt tekijät ovat useimmissa tapauksissa toimittajan vastuulla ja sinisellä merkityt tilaajan.

Tavoitearvojen laskennan tulokset voidaan esittää taulukkomuodossa. Tästä ovat esimerkkinä seuraavat taulukot.

Taulukko 7. Tavoitearvotaulukko, tilaaja (KJ = käyttäjaksolla, KJU = käyttöjaksen ulkopuolella).

Kuukausi	Jään lämpökuorma		Kuivaus-tarve		Hallin lämmitys-tehontarve		Hallin lämmityksen lämpötila,		Hallin il-manvaihd-on lämmi-tystehon-tarve		Hallin il-manvaihd-on lämmi-tyksen lämpötila		Jään-hoitoveden lämmitys-tarve läm-pötilalla (XX °C)		Lämpimän käyttö-veden lämmitys-tarve		Lumen-sulatuksen teho		Routa-suojauksen lämmitys-teho					
	W/m ²		g/s		kW		°C		kW		°C		kW		kW		kW		kW					
	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU
Tammi																								
Helmi																								
Maalis																								
Huhti																								
Touko																								
Kesä																								
Heinä																								
Elo																								
Syys																								
Loka																								
Marras																								
Joulu																								
Vuosi																								

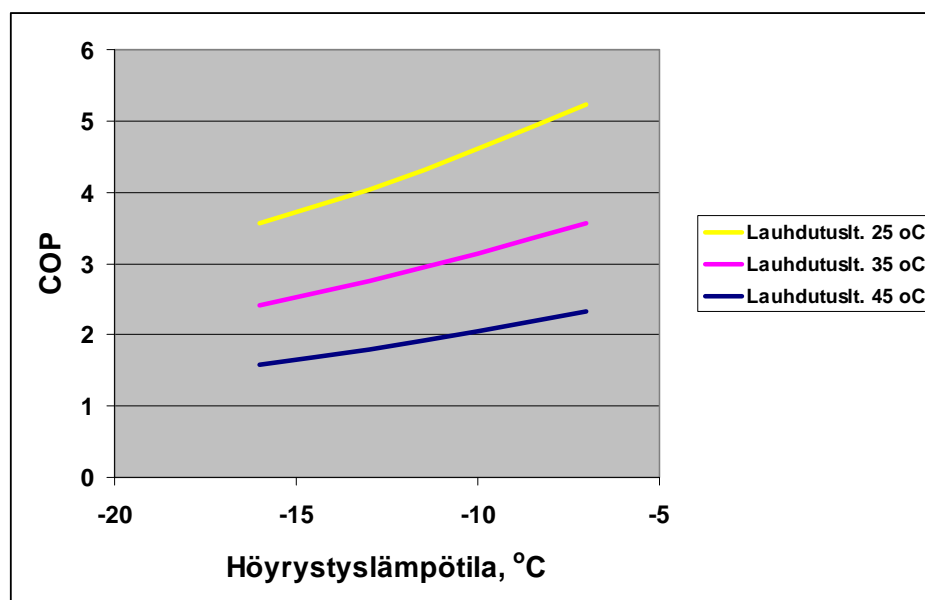
Taulukko 8. Tavoitearvotaulukko, toimittaja (KJ = käyttöjaksolla, KJU = käyttöjakson ulkopuolella).

Kuukausi	Kylmäliuoksen lämpötila		Kuivauksen jäähdytysteho		Kylmäliuos-pumpun teho		Kylmäkoneen jäähdytystehontarve yhteensä		Lauhelämpö hallin lämmitykseen		Lauhelämmön lämpötila hallin lämmitykseen		Lauhelämpö hallin ilmanvaihdon lämmitykseen		Lauhelämmön hallin ilmanvaihdon lämmityksen lämpötila °C		Lauhejäänhoitoon		Lauhe käyttöve-teen		Lauhelumen-sulatukseen		Lauhe rouda-suojaukseen	
	°C		kW		kW		kW		kW		°C		kW		°C		kW		kW		kW		kW	
	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU	KJ	KJU
Tammi																								
Helmi																								
Maalis																								
Huhti																								
Touko																								
Kesä																								
Heinä																								
Elo																								
Syys																								
Loka																								
Marras																								
Joulu																								
Vuosi																								

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

Kylmälaite saneerauksen lähtökohdaksi on olemassa olevan hallin nykyinen energiankulutus. Parhaimmassa tapauksessa on tiedossa jäähdytykseen kuluva sähköenergia sekä lämmitykseen tarvittava lämpöenergia (tilat, ilmanvaihto, käyttövesi, sulatus ym.) eriteltyinä eri kulutuskohteisiin. Energiankulutuksen lisäksi tulisi tietää lämpötilatasot, joissa eri järjestelmät toimivat. Saneerauksen laajuudesta riippuen nykytilanne ei usein ole hyvä tavoite saneeraukselle. Jos saneeraus esimerkiksi sisältää ratarakenteen uusimisen, ollaan aivan uuden tilanteen edessä. Toisaalta uusi kylmäkoneisto on huomattavasti energiatehokkaampi kuin vanha laitteisto ja sen toiminta-arvot toiset kuin vanhassa järjestelmässä.

Kompressorin energiankulutuksen määrittelevät sen tekniset ominaisuudet ja lämpöolosuhteet, joissa se toimii. Lämpöolosuhteilla tarkoitetaan tässä höyrystyslämpötilaa ja lauhdutuslämpötilaa. Kuvassa 12 on esitetty periaate höyrystys- ja lauhdutuslämpötilan vaikutuksesta kompressorin kylmäkertoimeen.



Kuva 12. Kompressorin kylmäkertoimen riippuvuus höyrystyslämpötilasta ja lauhdutuslämpötilasta.

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

Aluksi tarkastellaan, mitkä tekijät vaikuttavat höyrystyslämpötilaan. Tarkastelu on luontevinta aloittaa jäädästä, siis siitä palvelusta, jota varten kylmäkoneistoa tarvitaan. Jäärheilu asettaa jäälle lämpötilavaatimuksen, joka vaihtelee jääkiekon -5 °C asteesta taitoluistelun optimilämpötilaan, -3 °C asteeseen. Mainittakoon jo tässä vaiheessa, että mitä korkeampi jään lämpötila on, sitä pienempi on myös energiankulutus. Jään lämpötilasta on hyvä tietää, että se muuttuu radan pinnasta (betonin pinta) jään pintaan: betonin pinnassa on kylmintä ja jään pinnassa lämpimintä. Jään lämpötilaa mitataan halleissa usein betonin pinnasta, mihin myös edellä esitetyissä lajikohtaisilla optimilämpötiloilla viitataan. Jään ja betonin pintalämpötilojen ero riippuu jään paksuudesta ja jäähdystehosta (taulukko 9). Harjoitushallin keskimääräisissä käyttöolosuhteissa betonin pinnan ja jään pinnan lämpötilaero on luokkaa $0,6\text{--}1\text{ °C}$. Jään hoidon aikana lämpötilaero on toki hetkellisesti paljon suurempi. Jään lämpökuormaa laskettaessa käytetään jään pintalämpötilaa.

Taulukko 9. Jään pintalämpötilan ja betonin pintalämpötilan erotus, jään lämpökuorman vaihdellessa. Lämpötilaero on laskettu jään paksuudella 30 mm .

Jään lämpökuorma W/m^2	Lämpötilaero jään pinnan ja betonin pinnan välillä °C
20	0,29
40	0,57
60	0,86
80	1,14
100	1,43
120	1,71
140	2,00
160	2,29

Jäähän kohdistuu ympäristöstä lämpökuorma, joka pitää kompensoida jään alla olevan jäähdytysputkiston jäähdyttävällä vaikutuksella. Mitä suurempi jään lämpökuorma on, sitä kylmempää täytyy jäähdytysputkistossa kiertävän liuoksen olla, jotta jään lämpötila säilyisi muuttumattomana. Tähän perustuu koko lämpötasapainon ylläpitäminen.

Jään lämpökuorma määrittelee siis pitkälti sen, kuinka paljon jäähdytysenergiaa kuluu. Jään lämpökuorman muodostavat useat eri tekijät, joista merkittävimmät ovat

- hallin ilmasta jäähän siirtyvä lämpö (konvektio)
- hallin vaipan sisäpinoista sähkömagneettisella säteilyllä siirtyvä lämpö (säteily)
- valaistuksesta jäähän sähkömagneettisella säteilyllä siirtyvä lämpö
- jäänhoitoveden jäähdyttämiseen tarvittava lämpö
- hallin ilman kosteuden tiivistyminen jäähän
- ihmisistä jäähän säteilevä lämpö
- maasta johtuva lämpö.

Jään lämpökuormitukseen vaikuttaa pitkällä aikajänteellä vuodenaika ja lyhyellä aikajänteellä vuorokausirytmä. Vuodenaikojen mukaan lämpökuormitus on suurempaa kesällä kuin talvella, ja vuorokauden

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

mukaan lämpökuormitus on suurempaa käyttöjaksolla kuin sen ulkopuolella. Seuraavassa esitetään, kuinka jään lämpökuorma lasketaan kuukausitasolla käyttöjaksolla ja käyttöjakson ulkopuolella. Käyttöjaksolla jäähän vaikuttaa huomattavasti suurempi lämpökuorma (valaistus, jäänhoito, ym.) kuin käyttöjakson ulkopuolella. Kylmäkoneiston mitoitusilanteen lämpökuormitusta tarkastellaan myöhemmin erikseen.

6.1 Jään lämpökuormitus

6.1.1 Jään kokonaislämpökuorma

Jään lämpökuorma lasketaan käyttöjaksolla kuukausittain kaavalla

$$q_{jää,kj} = q_{jää,kj,konv.} + q_{jää,sät.} + q_{jää,hoito} + q_{jää,kj,kond.} + q_{jää,valaistus} + q_{jää,kuorma} + q_{jää,maa} \quad (1)$$

jossa

- $q_{jää,kj}$ on jään kokonaislämpökuorma käyttöjaksolla, W/m^2
- $q_{jää,kj,konv.}$ on jään konvektiolämpökuorma käyttöjaksolla, W/m^2
- $q_{jää,sät.}$ on jään säteilylämpökuorma kyseisenä kuukautena, W/m^2
- $q_{jää,hoito}$ on jäänhoidosta aiheutuva jään lämpökuorma, W/m^2
- $q_{jää,kj,kond.}$ on ilmasta jäähän kondensoituvan veden lämpökuorma käyttöjaksolla, W/m^2
- $q_{jää,valaistus}$ on valaistuksesta aiheutuva jään lämpökuorma, W/m^2
- $q_{jää,kuorma}$ on lämpökuormista (ihmiset, laitteet) aiheutuva jään lämpökuorma, W/m^2
- $q_{jää,maa}$ on maasta johtumalla siirtyvä lämpökuorma, W/m^2 .

Käyttöjakson ulkopuolella kaava yksinkertaistuu siten, että jäänhoidon ja valaistuksen sekä usein lämpökuormien (ihmiset) kuormitus on nolla. Lisäksi lämmönsiirto konvektiolla on pienempää. Käyttöjakson ulkopuolella jään lämpökuorma saadaan yksinkertaistetusti

$$q_{jää,kju} = q_{jää,kju,konv.} + q_{jää,sät.} + q_{jää,kju,kond.} + q_{jää,maa} \quad (2)$$

jossa

- $q_{jää,kju}$ on jään kokonaislämpökuorma käyttöjakson ulkopuolella, W/m^2
- $q_{jää,kju,konv.}$ on jään konvektiolämpökuorma käyttöjakson ulkopuolella, W/m^2
- $q_{jää,sät.}$ on jään säteilylämpökuorma, W/m^2
- $q_{jää,kju,kond.}$ on ilmasta jäähän kondensoituvan veden lämpökuorma käyttöjakson ulkopuolella, W/m^2
- $q_{jää,maa}$ on maasta johtumalla siirtyvä lämpökuorma, W/m^2 .

Kuukausittainen jäähdytysenergiantarve lasketaan kaavalla

$$Q_{jää,kk} = (q_{jää,kj} \Delta t_{kj} + q_{jää,kju} \Delta t_{kju}) A_{jää} / 1000 \quad (3)$$

jossa

- $Q_{jää,kk}$ on kuukausittainen jään jäähdytysenergiantarve, kWh
- $q_{jää,kj}$ on jään kokonaislämpökuorma käyttöjaksolla, W/m^2

Δt_{kj} on käyttöaika kuukaudessa, h

$q_{jää,kju}$ on jään kokonaislämpökuorma käyttöjakson ulkopuolella, W/m^2

Δt_{kju} on käyttöajan ulkopuolinen aika kuukaudessa, h

$A_{jää}$ on jään pinta-ala, m^2

1 000 on muuntokerroin $Wh \rightarrow kWh$.

6.1.2 Konvektion lämpökuorma

Konvektioon vaikuttavat hallin ilman lämpötila, jään lämpötila ja ilman liike jään pinnalla. Konvektion lämpökuorma on sitä suurempi, mitä suurempi on hallin ilman ja jään lämpötilan välinen erotus – eli mitä korkeampi hallin ilman lämpötila on. Ilman liike vaikuttaa konvektioon niin sanotun konvektion lämmönsiirtokertoimen välityksellä: mitä suurempi ilman liikenopeus on, sitä suurempi on konvektion lämmönsiirtokerroin ja sitä suuremmaksi lämpökuorma samalla kasvaa. Ilman liikenopeuteen vaikuttaa puolestaan muun muassa ilmanvaihdon ilmasuihkujen suuntaus ja luistelijat. Ilmasuihkut on syytä ohjata siten, että ne eivät puhalla suoraan jään pinnalle, mikäli mahdollista. Luistelijat aiheuttavat liikkuessaan liikettä ilmaan ja siten kasvattavat jään lämpökuormitusta. Edellä mainituista tekijöistä johtuen konvektion lämpökuorma on yleensä pienempi yöllä kuin päivällä.

Konvektion lämpökuorma lasketaan käyttöjaksolla kaavalla

$$q_{jää,kj,konv.} = \alpha_{kj,konv.} (T_S - T_{jää,pinta}) \quad (4)$$

jossa

$q_{jää,kj,konv.}$ on jäähän konvektiolla siirtyvä lämpökuorma käyttöjaksolla, W/m^2

$\alpha_{kj,konv.}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin käyttöjaksolla, $W/(m^2K)$

T_S on hallin ilman lämpötila keskellä hallia, $^{\circ}C$

$T_{jää,pinta}$ on jään pintalämpötila, $^{\circ}C$.

Konvektion lämpökuorma lasketaan käyttöjakson ulkopuolella kaavalla

$$q_{jää,kju,konv.} = \alpha_{kju,konv.} (T_S - T_{jää,pinta}) \quad (5)$$

jossa

$q_{jää,kju,konv.}$ on jäähän konvektiolla siirtyvä lämpökuorma käyttöjakson ulkopuolella, W/m^2

$\alpha_{kju,konv.}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin käyttöjaksolla, $W/(m^2K)$

T_S on hallin ilman lämpötila keskellä hallia, $^{\circ}C$

$T_{jää,pinta}$ on jään pintalämpötila, $^{\circ}C$.

Laskennassa käytettävät konvektion lämmönsiirtokertoimet on esitetty taulukossa 10. Tarkemmin lämmönsiirtokertoimien laskentaa on esitetty liitteessä B.

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

Taulukko 10. Konvektion lämmönsiirtokertoimet harjoitushallissa käyttöjaksolla ja sen ulkopuolella.

$\alpha_{kj, \text{konv.}} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\alpha_{kju, \text{konv.}} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
1	0,5

6.1.3 Lämpösäteilyn lämpökuorma

Säteilyn lämmönsiirto tapahtuu aina pintojen välillä – jäähallissa siis hallin vaipan sisäpinnan ja jään välillä. Säteily on sitä suurempaa, mitä suurempi on pintojen välinen lämpötilaero. Hallin vaipan pintalämpötilaan vaikuttavat vaipan lämpötekniset ominaisuudet eli eristystaso ja pinnan ominaisuudet. Lisäksi säteilytehoon vaikuttaa jään pinta-alan suhde vaipan pinta-alaan.

Vaipan pintamateriaaleilla on erilaisia säteilylämmönsiirto-ominaisuuksia, joita kuvataan niin sanotulla emissiviteetillä. Emissiviteetti on lukuarvo, joka saa arvoja välillä 1–0. Mitä pienempi emissiviteetti on, sitä pienempi on jään lämpökuorma. Normaaleilla rakennusmateriaaleilla emissiviteetti on noin 0,9, mutta on olemassa erityisiä, ns. matalaemissiviteettipintoja, joilla emissiviteetti on vain 0,1 tai jopa vähemmän. Tällaiset matalaemissiviteettipinnat ovat usein kiiltäviä metallisia pintoja, esimerkiksi alumiinista valmistettuja.

Vaipan eristystaso vaikuttaa vaipan pintalämpötilaan hieman monimutkaisemmin. Mitä paremmin vaippa on eristetty, sitä lämpimämpi vaipan pintalämpötila on talvella, jolloin jään lämpökuorma on suurempi. Kesällä puolestaan paremmin eristetyn vaipan sisäpinta on kylmempi ja lämpökuorma pienempi. Hyvä eristys tasaa jään lämpökuormitusta talven ja kesän välillä, mutta se ei välttämättä pienennä jään keskimääräistä lämpökuormitusta.

Lämpösäteilyn lämpökuorma lasketaan kuukausittain sekä käyttöjaksolle että sen ulkopuolella kaavalla

$$q_{\text{jää, sät.}} = \alpha_{\text{sät.}} (T_S - T_{\text{jää, pinta}}) \quad (6)$$

jossa

$q_{\text{jää, sät.}}$ on jäähän lämpösäteilyllä ympäröivistä pinnoista siirtyvä lämpökuorma, W/m^2

$\alpha_{\text{sät.}}$ on säteilyn lämmönsiirtokerroin kuukausittain, $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

T_S on hallin ilman lämpötila keskellä hallia, $^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{jää, pinta}}$ on jään pintalämpötila, $^{\circ}\text{C}$.

Säteilyn lämmönsiirtokerroin vaihtelee kuukausittain riippuen hallin vaipan lämpöteknisistä ominaisuuksista. Liitteen C taulukoissa on esitetty valmiiksi laskettuja lämmönsiirtokerroimen arvoja eri tapauksille, joita soveltamalla säteilyn lämpökuorma voidaan arvioida erityyppisille halleille.

6.1.4 Jäänhoidon lämpökuorma

Jäänhoitoveden jäälle aiheuttama lämpökuorma voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen: 1) veden lämpötilan jäädyttäminen 0°C asteeseen, 2) veden jäädytys ja 3) jään jäädyttäminen 0°C asteisesta toimintalämpötilaan (esim. -3°C). Jäänhoitoveden lämpökuorma jäälle riippuu näin ollen käytetyn veden lämpötilasta, veden määrästä ja jään toimintalämpötilasta.

Jäänhoidon keskimääräinen lämpökuorma käyttöjaksolla lasketaan kaavalla

$$q_{jää,hoito} = \frac{V_{jh} k_{jh} \rho_v}{3600 \times \Delta t_{kj} A_{jää}} \left[c_{p,v} (T_{jh} - 0) + l_j + c_{p,j} (0 - T_{jää}) \right] \quad (7)$$

jossa

- $q_{jää,hoito}$ on jäähoidon keskimääräinen lämpökuorma käyttöjaksolla, W/m²
- V_{jh} on jäänhoitoon käytettävä vesimäärä ajoa kohti, m³/ajo
- k_{jh} on jäänhoitokertojen määrä käyttöjaksolla, ajoa
- ρ_v on veden tiheys, 1 000 kg/m³
- Δt_{kj} on käyttöjakson pituus, h
- $A_{jää}$ on jään pinta-ala, m²
- $c_{p,v}$ on veden ominaislämpökapasiteetti, 4 190 Ws/(kgK)
- T_{jh} on jäänhoitoon käytettävän veden lämpötila, °C
- l_j on jäätyminen faasimuutoslämpö, 334 000 Ws/(kgK)
- $c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, 1 800 Ws/(kgK)
- $T_{jää}$ on jään keskilämpötila käyttöjaksolla, °C.

6.1.5 Ilmasta jäähän kondensoituvan veden lämpökuorma

Ilman sisältämästä vesihöyrystä tiivistyy kosteutta jään pintaan lähes ympäri vuoden, koska jään pinta-lämpötila on useimmiten alle ns. kastepistelämpötilan. Kosteuden tiivistyessä ja jäätyessä aiheutuu jäälle lämpökuorma, joka on verrannollinen hallin ilman kosteuteen (tarkemmin sanottuna ilman vesisisältöön, joka riippuu suhteellisesta kosteudesta ja hallin lämpötilasta) sekä konvektioon, josta oli puhetta jo edellä. Lämpökuorma kasvaa kosteuden lisääntyessä ja konvektion (ilman virtauksen) kasvaessa. Lämpökuorma muodostuu kolmesta eri prosessista: 1) höyryn lauhtuminen vedeksi, 2) veden jäätyminen ja 3) jään jäähtyminen 0 °C -asteisesta toimintalämpötilaan (esim. -3 °C).

Käyttöjakson kondenssin aiheuttama lämpökuorma jäälle lasketaan kaavalla

$$q_{jää,kj,kond.} = g_{kj,kond.} \left[l_h + l_j + c_{p,j} (0 - T_{jää}) \right] \quad (8)$$

jossa

- $q_{jää,kj,kond.}$ on kondenssin lämpökuorma käyttöjaksolla, W/m²
- $g_{kj,kond.}$ on jäähän kondensoituva vesivirta neliötä kohti käyttöjaksolla, g/(sm²)
- l_h on vesihöyryn lauhtumisen (höyry -> vesi) faasimuutoslämpö, 2 501 000 Ws/(kgK)
- l_j on jäätyminen faasimuutoslämpö, 334 000 Ws/(kgK)
- $c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, 2 100 Ws/(kgK)
- $T_{jää}$ on jään keskilämpötila käyttöjaksolla, °C.

Vastaavasti käyttöjakson ulkopuolella kondenssin jäälle aiheuttama lämpökuorma lasketaan kaavalla

$$q_{jää,kju,kond.} = g_{kju,kond.} \left[l_h + l_j + c_{p,j} (0 - T_{jää}) \right] \quad (9)$$

jossa

- $q_{jää,kju,kond.}$ on kondenssin lämpökuorma käyttöjakson ulkopuolella, W/m²

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

$g_{kju,kond}$ on jäähän kondensoitua vesivirta neliötä kohti käyttöjaksos ulkopuolella, $g/(sm^2)$
 l_h on vesihöyryn lauhtumisen (höyry \rightarrow vesi) faasimuutoslämpö, 2 501 000 Ws/(kgK)
 l_j on jäätymisen faasimuutoslämpö, 334 000 Ws/(kgK)
 $c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, 2 100 Ws/(kgK)
 $T_{jää}$ on jään keskilämpötila käyttöjaksolla, °C.

Jäähän kondensoitua vesivirta käyttöjaksolla voidaan arvioida kaavalla

$$g_{kj,kond} = \frac{\alpha_{kj,konv.}}{c_{p,i}} (x_S - x_{jää}) \quad (10)$$

jossa

$g_{kj,kond}$ on jäähän kondensoitua vesivirta käyttöjaksolla, $g/(sm^2)$
 $\alpha_{kj,konv.}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin käyttöjaksolla (taulukko 10), $W/(m^2K)$
 $c_{p,i}$ on ilman lämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)
 x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, liite E), g/kg
 $x_{jää}$ on jään pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan vesisisältö (taulukko E2, liite E), g/kg.

Jäähän kondensoitua vesivirta käyttöjaksos ulkopuolella voidaan arvioida kaavalla

$$g_{kju,kond} = \frac{\alpha_{kju,konv.}}{c_{p,i}} (x_S - x_{jää}) \quad (11)$$

jossa

$g_{kju,kond}$ on jäähän kondensoitua vesivirta käyttöjaksos ulkopuolella, $g/(sm^2)$
 $\alpha_{kju,konv.}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin käyttöjaksos ulkopuolella (taulukko 10), $W/(m^2K)$
 $c_{p,i}$ on ilman lämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)
 x_S on hallin sisäilman vesisisältö (Taulukko E1, Liite E), g/kg
 $x_{jää}$ on jään pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan vesisisältö (taulukko E2, liite E), g/kg.

6.1.6 Valaistuksen lämpökuorma

Valaistus aiheuttaa jään lämpökuormitusta sähkömagneettisen säteilyn välityksellä, ja lisäksi valaisimet lämmittävät hallin ilmaa konvektiolla. Jäähän kohdistuvan lämpösäteilyn määrä on verrannollinen valaisimien sähkötehoon. Lämpösäteilyn ja konvektion suhde riippuu lampputyypistä ja valaisimen rakenteesta. Valaisimien valmistajat eivät ilmoita tuote-esitteissään säteilyn ja konvektion suhdetta, joten valaistuksen jälle aiheuttaman lämpökuorman määrittäminen on hankalaa. Karkeasti arvioiden säteilyn osuus lämpökuormasta on 50–70 % ja konvektion 50–30 %.

Seuraavassa oletetaan, että säteilyn osuus lämpökuormasta on 70 %, ja määritetään jään lämpökuorma tällä oletuksella. Säteilylämmöstä suurin osa suuntautuu jäähän, arviolta 60 %, ja loppu ympäröiviin seiniin. Konvektion osuus lämmittää hallin ilmaa. Edellä esitetyn päätelmäkettjun lopputulos on, että valaisimen sähkötehosta 42 % siirtyy lämpötehoon jäähän, 30 % ilmaan ja 28 % ympäröiviin pintoihin, muihin kuin jäähän (seinät, katto, ym.).

Valaistuksen lämpökuorma jäälle lasketaan kaavalla

$$q_{\text{jää, valaistus}} = \frac{0.42 \cdot P_{\text{valaistus}}}{A_{\text{jää}}} \quad (12)$$

jossa

$q_{\text{jää, valaistus}}$ on valaistuksen keskimääräinen lämpökuorma käyttäjaksolla, W/m^2

$P_{\text{valaistus}}$ on ratavalaisituksen keskimääräinen kokonaissähköteho käyttäjaksolla, W

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m^2

0.42 on kerroin, jolla määritellään valaistuksen sähkötehosta se osuus, joka kuormittaa jäätä.

6.1.7 Ihmiset ja muut lämpökuormat

Ihmistä ja muista lämpökuormista (katsojat ja luistelijat, näyttötaulu) aiheutuu jäälle säteilylämpökuormitusta saman ilmiön vuoksi kuin vaipan sisäpinnasta. Ihmisten säteilylämpökuorma riippuu ihmisten lukumäärästä ja pukeutumisesta. Paksumpi ja kattavampi vaatetus pienentää kuormitusta. Myös hallin lämpötila vaikuttaa ihmisten lämmönluovutukseen: mitä kylmempi halli, sitä suurempi lämpökuorma. Etenkin harjoitushallissa ihmisten lämpökuorma on vähäinen verrattuna muihin lämpökuormiin. Taulukossa 11 on esitetty arvioita ihmisen aiheuttamasta lämpökuormituksesta jäähalliolosuhteissa. Luisteleavan henkilön kokonaislämmönluovutus on suurempi johtuen suuremmasta aineenvaihdunnan (metabolisesta) lämmöntuotosta. Lämmönluovutus tapahtuu ns. tuntuvana lämpönä (johtumalla, konvektiolla ja säteilyllä) ja latenttina lämpönä (hikoilu, hengitys). Ihmisen lämmönluovutus tuntuvana lämpönä on noin $70 \text{ W} + 21 \text{ }^\circ\text{C}$:seen ympäristön lämpötilassa. Tuntuva lämmönluovutus kasvaa ympäristön lämpötilan laskiessa noin $7 \text{ W/}^\circ\text{C}$ (Kovanen 1993). Konvektiivisen lämmönluovutuksen osuus on noin 60 % ja säteilyn 40 % tuntuvasta lämmöstä. Taulukossa 11 on laskettu edellä esitetyn korrelaation mukaan ihmisten lämmönluovutus eri lämpöolosuhteissa. Jääkiekko-ottelussa pelaajan lämmöntuotanto on jopa $1\,400\text{--}2\,000 \text{ W}$ (Vuori & Taimela 2005), mutta harjoitustilanteessa keskimäärin 500 W . Istuvan katsojan lämmöntuotto on huomattavasti pienempi kuin pelaajan, arviolta 209 W . Taulukosta 11 näkyy lämpötasapainon (lämmöntuotto = lämpöhäviö tuntuvana lämpönä + lämpöhäviö latenttina lämpönä) mukaan laskettu latentti lämmönluovutus ja sitä vastaava haihtuminen eli kosteuskuorma sekä katsojalle että pelaajalle.

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

Taulukko 11. Arvio katsojan ja pelaajan lämpö- ja kosteuskuormituksesta jäähalliolosuhteissa. Oletuksena on, että pelaajan ja katsojan tuntuva lämpöteho on yhtä suuri mutta lämmöntuotto ja siitä johtuva latentti lämpöteho erilainen. Pelaajan keskimääräiseksi (harjoitustilanne) lämmöntuotoksi on arvioitu 500 W ja katsojan 209 W.

Hallin lämpötila	Tuntuva lämpö yhteensä W/hlö	Konvektio W/hlö	Säteily W/hlö	Latentti lämpöteho, pelaaja/katsoja W/hlö	Kosteuskuorma, pelaaja/katsoja g/h
+4 °C	190	114	76	310/19	455/28
+6 °C	176	106	70	324/33	476/48
+8 °C	162	97	65	338/47	497/69
+10 °C	148	90	60	352/61	517/90
+12 °C	134	80	54	366/75	538/110
+14 °C	120	72	48	380/89	559/130
+16 °C	106	64	42	394/103	579/151

Luistelijoiden lämpökuorma jäähän arvioidaan kaavalla

$$q_{\text{jää,luistelija}} = \frac{0.45 \cdot q_{\text{sät,luistelija}} \cdot k_{\text{luistelija}}}{A_{\text{jää}}} \quad (13)$$

jossa

$q_{\text{jää,luistelija}}$ on luistelijan säteilylämpökuorma jäähän käyttöjaksolla, W/m²

$q_{\text{sät,luistelija}}$ on luistelijan säteilylämpökuorma (taulukko 11), W/hlö

$k_{\text{luistelija}}$ on luistelijoiden lukumäärä keskimäärin käyttöjaksolla, hlö

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

0.45 on kerroin, jolla otetaan huomioon se osuus säteilylämmöstä, joka kohdistuu jäähän.

Katselijoiden lämpökuorma jäähän harjoitushallissa arvioidaan kaavalla

$$q_{\text{jää,katselija}} = \frac{0.05 \cdot q_{\text{sät,katselija}} \cdot k_{\text{katselija}}}{A_{\text{jää}}} \quad (14)$$

jossa

$q_{\text{jää,katselija}}$ on katselijan säteilylämpökuorma jäähän käyttöjaksolla, W/m²

$q_{\text{sät,katselija}}$ on katselijan säteilylämpökuorma (taulukko 11), W/hlö

$k_{\text{katselija}}$ on katselijoiden lukumäärä keskimäärin käyttöjaksolla, hlö

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

0.05 on kerroin, jolla otetaan huomioon se osuus säteilylämmöstä, joka kohdistuu jäähän.

Harjoitusjäähallissa voidaan muut lämpökuormat (näyttötäulu ym.) olettaa merkityksettömän pieniksi jään lämpökuormituksen kannalta.

6.1.8 Maan lämpökuorma

Jään lämpökuorman lisäksi kompressorin jäähdytyskuormaa ja kylmäliuoksen lämpötilaa määritettäessä on laskettava mukaan maan lämpökuorma. Jääradan alla on useimmiten ns. routalämmitys, jolla estetään rata-pohjan routiminen. Maasta siirtyy rataputkistoon lämpöä, joka on poistettava kylmäkoneistolla.

Maan lämpökuormaan vaikuttavat radan rakenne (lähinnä alapohjan lämpöeristys) ja routalämmitys sekä jäähdytysliuoksen lämpötilataso, johon puolestaan vaikuttaa jään lämpökuorma. Maan lämpökuorma on kohtuullisen pieni ($2\text{--}5 \text{ W/m}^2$) verrattuna jään lämpökuormiin.

Laskennassa maan lämpökuorma oletetaan vakioksi

$$q_{\text{jää,maa}} = 3 \text{ W/m}^2 \quad (15)$$

jossa

$q_{\text{jää,maa}}$ on maasta johtuvan lämmön aiheuttama lämpökuorma, W/m^2 .

6.1.9 Kylmäliuospumpun lämpökuorma

Kylmäliuoksen pumppaus aiheuttaa kylmäkoneistolle lämpökuorman. Pumppauksen lämpökuormaa ei lasketa mukaan jään lämpökuormitukseen, jonka perusteella määräytyy kylmäliuoksen lämpötila. Sen sijaan se on otettava huomioon kompressorin jäähdytystehontarvetta laskettaessa. Pumppauksen lämpökuorma riippuu pumpun sähkötehosta (mitoituksesta), ominaisuuksista sekä säätö- ja ohjaustavasta. Kuivamoottoripumpussa kylmäkoneiston lämpökuormaksi siirtyy sähkötehosta suurin osa; vain sähkömoottorin häviöteho siirtyy lämpönä konehuoneeseen. Märkämoottoripumpussa myös sähkömoottorin häviöteho aiheuttaa jäähdytyskuormaa. Pumppauksen sähkötehon laskenta on esitetty liitteessä D.

6.2 Kylmäliuoksen lämpötilatasot

Tietyn jäähdytystehon vaatiman kylmäliuoksen lämpötilaan vaikuttavat monet tekijät, kuten radan rakenne (rakennepaksuudet, lämmönjohtavuudet), jäähdytysputket (materiaali, dimensio, asennusväli) ja käytetty kylmäliuos. Näiden tekijöiden erittely ei ole yhtä yksinkertaista kuin lämpökuormitukseen vaikuttavien suureiden. Siksi tässä turvaututaan tietyille yleisimmille ratarakenteille valmiiksi lasketuihin käyrästöihin ja taulukoihin, joista kylmäliuoksen lämpötilataso voidaan arvioida.

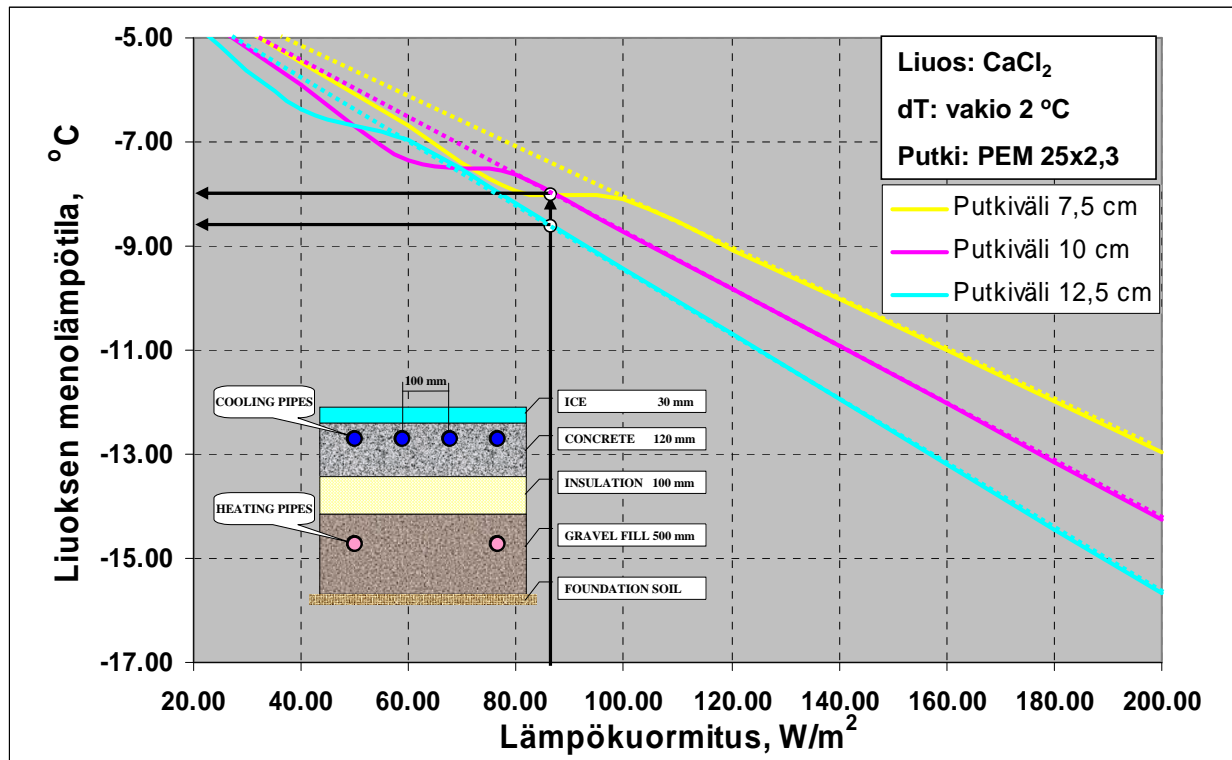
Kun kylmäkoneiston lämpökuormitus on laskettu kuukausittain sekä käyttöjaksolle (kaava 1) että käyttöjakson ulkopuoliselle ajalle (kaava 2), voidaan kylmäliuoksen lämpötila määrittää kullekin tarkastelujaksolle esimerkiksi oheisten käyrästöjen perusteella.

Kuvien käyrissä näkyvät epälineaarisuudet (mutkat) johtuvat siitä, että kyseisillä lämpökuormitus-tasoilla lämmönsiirto putkesta kylmäliuokseen heikkenee. Tämä puolestaan johtuu siitä, että virtaus pienenee jäähdytystehontarpeen vähentyessä (virtausta säädetään taajuusmuuttajilla siten, että lämpötilaero liuoksen meno ja paluulämpötilojen välillä pysyy vakiona $2 \text{ }^\circ\text{C}$) ja muuttuu luonteeltaan turbulenta laminaariseksi. Samaa käyrästöä voidaan hyvällä tarkkuudella käyttää myös vakiovirtaamille eli tapauksille, joissa pumppua ei säädetä ja kylmäliuoksen lämpötilaero vaihtelee lämpökuormituksen

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

mukaan. Tällöin tosin ei tapahdu kuvassa näkyvää suuntaissiirtoa vaan käyrät jatkuvat lineaarisina pilkutettujen käyrien mukaisesti.

Kylmäliuoksen lämpötilojen avulla laitetoimittaja pystyy arvioimaan kylmäkoneiston vuotuisen energiankulutuksen. Tosin energiankulutuksen arviointiin tarvitaan myös lauhdepuolen lämpötilan tuntemista.



Kuva 13. Kylmäliuoksen menolämpötila lämpökuorman funktiona. Parametrina on putkien asennusväli. Käyrästä pätee ratarakenteelle, jossa jään paksuus on 30 mm, betonilaatan paksuus 120 mm, jäähdytysputken asennussyvyys 25 mm, putkimateriaalina muovi, putkidimensiona 25 x 2,3 mm, routaeristeen paksuus 100 mm, salaojakerros + routalämmitys, käytetty kylmäliuos CaCl₂. Yhtenäiset käyrät pätevät, kun kylmäliuoksen virtaamaa ohjataan 2 °C:n vakiolämpötilaeron perusteella ja pilkkukäyrät vakiovirtaamille.

6.3 Lauhdelämmön hyödyntäminen

Kylmäkoneiston saneerauksen yhteydessä tulee aina miettiä myös lauhdelämmön hyödyntämistä. Lauhdetta voidaan käyttää hallin, tuloilman, käyttöveden tai jäänhoitoveden lämmittämiseen sekä lumen sulatukseen. Yli jäävää lauhdetta voidaan mahdollisesti myydä lähellä sijaitseviin kohteisiin (jalkapallohallit, urheilukentät, uimahallit, toimistot, teollisuustilat ym.).

Tarjouspyynnössä pitäisi pystyä esittämään riittävän tarkat tiedot lauhteen käyttökohteista, ja myös käyttökohteiden toiminta-arvot pitäisi selvittää. Toiminta-arvoilla tarkoitetaan mitoitustehoa, mitoituslämpötiloja, ohjaus- ja säätöjärjestelmän toimintaa sekä muita reunaehtoja, joita varsinkin vanhaa lait-

teistoa hyödynnettäessä voi olla paljon (pumput, putkidimensiot, verkostojen kytkennät ym.). Lauhdelämmön hyödyntämisessä tulisi esittää vähimmäistavoitetaso mutta sallia se, että tarjoajat esittävät omia innovatiivisia ratkaisujaan.

Lauhdelämmön käyttöselvityksessä tulisi kartoittaa järjestelmällisesti kaikki hallin lämmitysjärjestelmät: sosiaalitilojen lämmitys, sosiaalitilojen ilmanvaihto, pukuhuoneiden lämmitys, pelivarusteiden kuivaus, hallin lämmitys, hallin ilmanvaihto, käyttöveden tuotto, jäänhoitoveden lämmitys, jäsohjon sulatus ym. Käyttökohteiden toiminta-arvojen lisäksi tulisi esittää kunkin kulutuskohteen energiantarve sekä lämpötilavaatimukset. Ilmanvaihdon ja sosiaalitilojen (lämpimät tilat) energiankulutus voidaan laskea normaalisti soveltaen Rakentamismääräysten (D5) mukaista laskentaa, mutta hallin osalta näin ei voida menetellä johtuen jään dominoivasta vaikutuksesta lämmitysenergiatarpeeseen.

Seuraavassa käydään läpi hallin lämmitysenergian tarpeen laskenta, jonka perusteella voidaan arvioida lauhdelämmön hyödyntämispotentialiaali.

6.3.1 Hallin lämmitystehontarve ja energiankulutus

Jäähallin lämmitystarve muodostuu jään aiheuttamasta lämmitystarpeesta, ilmanvaihdon ja vuotoilman lämmitystarpeesta ja vaipan johtumislämpöhäviöistä. Lämmitystarvetta pienentävät hallissa olevat lämpökuormat, kuten valaistus ja ihmiset, sekä oheistiloista väliseinien kautta johtumalla siirtyvä lämpö. Lämmitystehontarve lasketaan erikseen käyttöjaksolle ja käyttöjakson ulkopuoliselle ajalle. Käyttöjaksolle lämmitystehontarve lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{lämmitys,kj}} = \phi_{\text{konv.,kj,jää}} + \phi_{\text{vaippa}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{iv,kj}} - \phi_{\text{lämpök.,kj}} \quad (16)$$

jossa

$\phi_{\text{lämmitys,kj}}$ on hallin lämmityksen nettotehontarve käyttöjaksolla, kW

$\phi_{\text{konv.,kj,jää}}$ on jäähän siirtyvä lämpöteho konvektiolla käyttöjaksolla, kW

ϕ_{vaippa} on vaippaan siirtyvä lämpöteho, kW

$\phi_{\text{vuotoilma}}$ on vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, kW

$\phi_{\text{iv,kj}}$ on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho käyttöjaksolla, kW

$\phi_{\text{lämpök.,kj}}$ on lämpökuormien lämpöteho, joka hyödynnetään lämmityksessä käyttöjaksolla, kW.

Käyttöjakson ulkopuolisen ajan lämmitystehontarve lasketaan puolestaan kaavalla

$$\phi_{\text{lämmitys,kju}} = \phi_{\text{konv.,kju,jää}} + \phi_{\text{vaippa}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{iv,kju}} - \phi_{\text{lämpök.,kju}} \quad (17)$$

jossa

$\phi_{\text{lämmitys,kju}}$ on hallin lämmityksen nettotehontarve käyttöjakson ulkopuolella, kW

$\phi_{\text{konv.,kju,jää}}$ on jäähän siirtyvä lämpöteho konvektiolla käyttöjakson ulkopuolella, kW

ϕ_{vaippa} on vaippaan siirtyvä lämpöteho, kW

$\phi_{\text{vuotoilma}}$ on vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, kW

$\phi_{\text{iv,kju}}$ on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho käyttöjakson ulkopuolella, kW

$\phi_{\text{lämpök.,kju}}$ on lämpökuormien lämpöteho, joka hyödynnetään lämmityksessä käyttöjakson ulkopuolella, kW.

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

Lämmitysenergian kulutus laskentajaksolla (kuukausi) lasketaan kaavalla

$$Q_{\text{lämmitys}} = \left[t_{\text{käyttöjakso}} \phi_{\text{lämmitys,kj}} + (24 - t_{\text{käyttöjakso}}) \phi_{\text{lämmitys,kju}} \right] \Delta t \quad (18)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys}}$ on hallin lämmitysenergiantarve tarkastelujaksolla, kWh

$\phi_{\text{lämmitys,kju}}$ on hallin lämmityksen nettotehontarve käyttöjaksolla, kW

$\phi_{\text{lämmitys,kj}}$ on hallin lämmityksen nettotehontarve käyttöjakson ulkopuolella, kW

$t_{\text{käyttöjakso}}$ on vuorokautisen käyttöjakson pituus, h

Δt on tarkastelujakson pituus (kuukausi), h.

6.3.2 Konvektion lämpöteho jäähän

Konvektion lämpöteho lasketaan erikseen käyttöjaksolle ja käyttöjakson ulkopuoliselle ajalle. Käyttöjaksolle pätee kaava

$$\phi_{\text{jää,kj,konv.}} = \alpha_{\text{kj,konv.}} A_{\text{jää}} (T_S - T_{\text{jää,pinta}}) / 1000 \quad (19)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,kj,konv.}}$ on jäähän konvektiolla siirtyvä lämpöteho käyttöjaksolla, kW

$\alpha_{\text{kj,konv.}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin käyttöjaksolla (taulukko 10), W/(m²K)

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

T_S on hallin ilman lämpötila keskellä hallia, °C

$T_{\text{jää,pinta}}$ on jään pintalämpötila, °C

1 000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Käyttöjakson ulkopuolelle pätee puolestaan kaava

$$\phi_{\text{jää,kju,konv.}} = \alpha_{\text{kju,konv.}} A_{\text{jää}} (T_S - T_{\text{jää,pinta}}) / 1000 \quad (20)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,kju,konv.}}$ on jäähän konvektiolla siirtyvä lämpöteho käyttöjakson ulkopuolella, kW

$\alpha_{\text{kju,konv.}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin käyttöjakson ulkopuolella (taulukko 10), W/(m²K)

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

T_S on hallin ilman lämpötila keskellä hallia, °C

$T_{\text{jää,pinta}}$ on jään pintalämpötila, °C

1 000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi.

6.3.3 Konvektion lämpöteho vaippaan

Konvektiivisesti hallin ilmasta vaippaan siirtyvä teho riippuu vaipan pintalämpötilan ja hallin ilman lämpötilasta sekä konvektion lämmönsiirtokertoimesta. Vaipan pintalämpötilan laskenta ei onnistu

yksinkertaisesti, vaan se on iteroitava vaipan pinnan lämpötaseesta. Siihen puolestaan vaikuttavat paitsi johtuminen vaipan läpi, myös säteilylämmönsiirto vaipan, jään ja katsomon välillä sekä lämpökuormien säteilyteho vaippaan. Vaipan pintalämpötilan iteratiivinen laskenta on esitetty liitteessä C, jossa on myös esitetty taulukoituja vaipan pintalämpötiloja eri hallityypeille ja eri lämpötiloille. Taulukkoarvoja voidaan käyttää arvioitaessa vaipan konvektion lämpövirtoja.

Konvektion lämpöteho vaippaan lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{vaippa}} = \alpha_{\text{konv.,vaippa}} A_{\text{vaippa}} (T_S - T_{\text{vaippa,pinta}}) / 1000 \quad (21)$$

jossa

ϕ_{vaippa} on konvektiolla siirtyvä lämpöteho vaippaan, kW

$\alpha_{\text{konv.,vaippa}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin vaipan pinnalla = 3 W/(m²K)

A_{vaippa} on vaipan pinta-ala, m²

T_S on hallin ilman lämpötila keskellä hallia, °C

$T_{\text{vaippa,pinta}}$ on vaipan sisäpinnan pintalämpötila, °C

1 000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateista kilowateiksi (W -> kW).

Kaavassa 21 vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokertoimena käytetään vakioarvoa 3 W/(m²K). Koska vaipan pintalämpötilan laskenta on hankalaa, apuna voidaan käyttää taulukoituja pintalämpötilan arvoja yleisimmille tapauksille, joita on esitetty liitteessä C.

6.3.4 Vuotoilman lämmitystehontarve

Vuotoilma on ulkoilmaa, joka kulkeutuu halliin vaipan vuotoreittien kautta tuulen ja lämpötilaerojen synnyttämien paine-erojen vaikutuksesta. Vuotoilmavirran määrittäminen on esitetty myöhemmin tässä alaluvussa.

Vuotoilman lämmitystehontarve lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{vuotoilma}} = q_{\text{v,vuotoilma}} c_{\text{pi}} \rho_i (T_S - T_U) / 1000 \quad (22)$$

jossa

$\phi_{\text{vuotoilma}}$ on vuotoilman lämmitystehontarve, kW

$q_{\text{v,vuotoilma}}$ on vuotoilmavirta

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

T_S on hallin sisäilman lämpötila, °C

T_U on ulkoilman lämpötila, °C.

Vuotoilmavirta on hallitsematonta ilmanvaihtoa, joka syntyy vaipan vuotoreittien kautta tuulen ja lämpötilaerojen synnyttämistä paine-eroista. Vuotoilmavirta lasketaan kaavalla

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{n_{vuotoilma} V}{3600} \quad (23)$$

jossa

$q_{v,vuotoilma}$ on vuotoilmavirta, m^3/s

$n_{vuotoilma}$ on hallin vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h

V on hallin ilmatilavuus, m^3

3 600 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos $m^3/h \rightarrow m^3/s$.

Vuotoilmakertoimen voidaan laskelmissa käyttää arvoa 0,16 1/h, ellei ilmanpitävyyttä tunneta. Mikäli hallin vaipan ilmanvuotoluku n_{50} on tunnettu (mitattu), käytetään vuotoilmakertoimen seuraavan kaavan mukaista arvoa:

$$n_{vuotoilma} = \frac{n_{50}}{25} \quad (24)$$

jossa

$n_{vuotoilma}$ on hallin vaipan vuotoilmakerroin 1/h

n_{50} on rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h.

Taulukko 12. Tyypillisiä ilmanvuotolukuja ja niitä vastaavia vuotoilmakertoimia.

Ilmanpitävyys	Tyypillinen n_{50} -luku, 1/h	Vuotoilmakerroin $n_{vuotoilma}$, 1/h
Hyvä	1	0.04
Keskimääräinen	3	0.12
Huono	6	0.24

6.3.5 Ilmanvaihdon lämmitystehontarve

Halliin johdettavan ilmavirran lämmitystehontarve lasketaan erikseen käyttöjaksolle ja käyttöjakson ulkopuoliselle ajalle. Hallin ulkoilmavirtaa kannattaa ohjata käyttötilannetta vastaavasti energiansäästösyistä, ja uusissa rakennuksissa sitä jo edellytetään.

Ilmanvaihdon lämmitystehontarve käyttöjaksolla lasketaan kaavalla

$$\phi_{iv,kj} = q_{v,kj,poisto} c_{pi} \rho_i (1 - \eta_a) (T_S - T_U) / 1000 \quad (25)$$

jossa

$\phi_{iv,kj}$ on ilmanvaihdon lämmitystehontarve käyttöjaksolla, kW

$q_{v,kj,poisto}$ on käyttöjakson poistoilmavirta, m^3/s

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/ m^3

η_a on poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

T_S on hallin sisäilman lämpötila, °C

T_U on ulkoilman lämpötila, °C.

Ilmanvaihdon lämmitystehontarve käyttöjakson ulkopuolella lasketaan kaavalla

$$\phi_{iv,kju} = q_{v,kju,poisto} c_{pi} \rho_i (1 - \eta_a) (T_S - T_U) / 1000 \quad (26)$$

jossa

$\phi_{iv,kju}$ on ilmanvaihdon lämmitystehontarve käyttöjakson ulkopuolella, kW

$q_{iv,kju,poisto}$ on poistoilmavirta käyttöjakson ulkopuolella, m³/s

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

η_a on poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta

T_S on hallin sisäilman lämpötila, °C

T_U on ulkoilman lämpötila, °C.

Jos lämmöntalteenottoa poistoilmasta ei ole, käytetään vuosihyötysuhteena kaavoissa 25 ja 26 arvoa 0.

Uusien rakennusten vähimmäisilmavirroista määrätään Suomen rakentamismääräyskokoelmassa (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 22.12.2008). Uudessa vuonna 2010 voimaan tulleessa määräyksessä todetaan, että oleskelutiloihin on käytön aikana johdettava terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilman laadun takaava ulkoilmavirta. Käytön aikana ulkoilmavirran tulee vastata vähintään ilmanvaihtokerrointa 0.5 1/h ja käyttöajan ulkopuolella vähintään kerrointa 0.2 1/h. Katsomolisessa hallissa ulkoilmavirran tulee olla yleisötalouden aikana vähintään 8 (dm³/s) / henkilö. Ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilöperusteen mukaan. Nämä ulkoilmavirrat ovat myös hyvät tavoitearvot kylmäkoneiston ja kuivauslaitteiston mitoitus- ja energiankulutuslaskelmissa saneeraushankkeissa.

Taulukko 13. Minimiulkoilmavirrat käytön aikana ja käyttöjakson ulkopuolella Suomen rakentamismääräysten osan D2 (2010) mukaan uusille rakennuksille. Katsojamäärän ylittäessä taulukossa ilmoitetun maksimikatsojamäärän, minimiulkoilmavirta määräytyy katsojien lukumäärän mukaan (8 (dm³/s) / hlö).

Hallin tilavuus m ³	Ulkoilmavirta käytön aikana (0.5 1/h) m ³ /s	Maksimi katsojamäärä hlö	Ulkoilmavirta käytön ulkopuolella (0.2 1/h) m ³ /s
20 000	2,8	350	1,1
40 000	5,6	700	2,2
80 000	11,1	1 400	4,4

Pennasen raportissa (2005) käytön aikaiseksi minimi-ilmanvaihtomääräksi suositellaan 0.25 1/h. Tämä on ristiriidassa uusien rakennusten 0,5 1/h -vaatimuksen kanssa, jota suositellaan käytettäväksi myös saneerauskohteissa. Pennanen (2005) antaa hyviä ilmavirran tehostamiseen ja turvallisuuteen liittyviä ohjeita ja raja-arvoja. Ulkoilmavirtaa tulisi voida tehostaa ilmanlaatumittausten perusteella. Ilmanvaihtoa tulisi tehostaa, kun CO-pitoisuus ylittää 20 mg/m³ (17 ppm) tai NO₂-pitoisuus ylittää 150 g/m³ (0,08 ppm). Halli tulisi evakuoida CO-pitoisuuden ylittäessä 60 mg/m³ (50 ppm) tai NO₂-pitoisuuden

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

ylittäessä $2\,000\text{ g/m}^3$ (1 ppm), jos pitoisuuksia ei saada merkittävästi vähennettyä 15–30 minuutin kuluessa. Kaikissa halleissa, joissa on käytössä polttomoottorikäyttöinen jäähdytyskone, tulisi olla evakuointisuunnitelma.

6.3.6 Lämpökuormat

Harjoitushallin lämpökuorman muodostavat pääasiassa valaistuksen ja henkilöiden (katsojat ja luistelijat) konvektiokuormat. Hallitilassa olevien sähkölaitteiden (näyttötaulut, äänentoistojärjestelmät, puhaltimet, pumput ym.) sähkötehon voidaan laskennassa olettaa siirtyvän kokonaisuudessaan lämpökuormaksi. Poikkeuksen tekevät kuitenkin poistoilmapuhaltimet, joiden sähkötehoa ei lasketa mukaan lämpökuormaan.

Lämpökuorma käyttöjaksolla lasketaan kaavalla

$$\phi_{kuorma,kj} = (0.3 \cdot P_{valaistus,kj} + \phi_{henkilö} n + \sum P_{laitteet,kj} + \phi_{oheis} + \phi_{aurinko}) / 1000 \quad (27)$$

jossa

$\phi_{kuorma,kj}$ on lämpökuormien halliin luovuttama lämpöteho käyttöjaksolla, kW

0.3 on konvektiivisen lämmönsiirron osuus valaistuksen lämpökuormasta, -

$P_{valaistus,kj}$ on valaistuksen kokonaissähköteho, W

$\phi_{henkilö}$ on yhden henkilön luovuttama konvektiivinen lämpöteho (taulukko 11), W

n on henkilöiden lukumäärä, -

$\sum P_{laitteet,kj}$ on laitekuormien yhteenlaskettu sähköteho käyttöjaksolla, W

ϕ_{oheis} on ympäröivistä halliin väliseinien kautta johtuva lämpöteho käyttöjaksolla, W

$\phi_{aurinko}$ on ikkunoista halliin tuleva auringon keskimääräinen säteilyteho käyttöjaksolla, W.

Käyttöjakson ulkopuolella voidaan valaistus-, henkilö- ja aurinkokuormien olettaa olevan merkityksettömiä. Lämpökuorma käyttöjakson ulkopuolella lasketaan tällöin kaavalla

$$\phi_{kuorma,kju} = \sum P_{laitteet,kju} + \phi_{oheis} \quad (28)$$

jossa

$\phi_{kuorma,kju}$ on lämpökuormien halliin luovuttama lämpöteho käyttöjakson ulkopuolella, kW

$\sum P_{laitteet,kj}$ on laitekuormien yhteenlaskettu sähköteho käyttöjakson ulkopuolella, W

ϕ_{oheis} on ympäröivistä halliin väliseinien kautta johtuva lämpöteho käyttöjakson ulkopuolella, W.

6.3.7 Johtuminen ympäröivistä tiloista

Hallia ympäröivistä lämpimistä tiloista (pukuhuoneet, yleisötilat, käytävät ym.) siirtyy johtumalla rakenteiden läpi lämpöä halliin.

Ympäröivien tilojen johtumislämpöteho lasketaan kaavalla

$$\phi_{oheis} = \sum_i U_i A_i (T_{Y,i} - T_S) \quad (29)$$

jossa

ϕ_{ohais} on hallia ympäröivistä tiloista johtumalla siirtyvä teho, kW

U_i on rakenneosan i lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2K)$

A_i on rakenneosan i pinta-ala, m^2

$T_{Y,i}$ on ympäröivän tilan i sisäilman lämpötila, $^{\circ}C$

T_S on sisäilman lämpötila, $^{\circ}C$.

Rakenneosan (seinä, ikkuna ym.) lämmönläpäisykerroin saadaan joko suunnitelmista tai rakennetiedoista laskemalla Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 avulla.

6.3.8 Ikkunoiden kautta halliin tuleva auringon säteilyenergia

Useimmissa halleissa ei ole lainkaan ulkoilmaan suoraan yhteydessä olevia ikkunoita, joiden kautta halliin tulisi auringon säteilyenergiaa. Jos ikkunoita kuitenkin on, auringon säteilyteho lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{aurinko}} = \frac{Q_{\text{aur}}}{\Delta t} \cdot 1000 \quad (30)$$

jossa

Q_{aur} on ikkunoiden kautta halliin tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk

Δt on tarkasteltavan kuukauden kokonaistuntimäärä, h/kk

1 000 on muuntokerroin kilowateista wateiksi.

Ikkunoiden kautta halliin tuleva auringon säteilyenergia, Q_{aur} , lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 esitetyllä tavalla.

6.3.9 Käyttöveden lämmitys

Lämmintä käyttövettä kuluu jäähallissa jäänhoitoon sekä suihkuveden lämmittämiseen. Jonkin verran kuluu lisäksi muun muassa käsienpesuun ja siivoukseen.

Lämpimän käyttöveden energiantarve lasketaan kaavalla 31. Lämpimän veden energiankulutus voidaan laskea samalla kaavalla erikseen esimerkiksi jäänhoitovedelle ja suihkuvedelle. Erittely kannattaa tehdä siitä syystä, että tarvittavat lämpötilat ovat erisuuruisia: jäänhoidossa käytetään usein huomattavasti viileämpää vettä kuin suihkuissa (kuuman veden minimilämpötila $+55^{\circ}C$). Alhaisempi lämpötilataso on eduksi lauhdelämmön talteenotossa.

$$Q_{\text{lkv}} = V_{\text{lkv}} \rho_v C_{p,v} (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 \quad (31)$$

jossa

Q_{lkv} on lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh

V_{lkv} on lämpimän käyttöveden kulutus tarkastelujaksolla, m^3

ρ_v on veden tiheys, kg/m^3

$c_{p,v}$ on veden ominaislämpökapasiteetti, $kWs/(kgK)$

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

T_{lkv} on käyttöveden lämpötila, °C
 T_{kv} on kylmän veden lämpötila, °C
3 600 on laatumuunnoskerroin (kWs → kWh).

Keskimääräinen käyttöveden lämmitysteho tarkastelujaksolla määritellään kaavalla

$$\phi_{lkv} = \frac{Q_{lkv}}{\Delta t} \quad (32)$$

jossa

ϕ_{lkv} on keskimääräinen käyttöveden lämmitystehontarve tarkastelujaksolla, kW
 Q_{lkv} on lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh
 Δt on tarkastelujakso, h.

6.3.10 Lumen sulatus

Halleissa, joissa jäähoidossa syntyvää jäähilettä ei voida ajaa ulos, yhtenä vaihtoehtona on sulattaa jää lauhteella. Jään sulatuksen vuorokautinen keskimääräinen lämmitystehontarve lasketaan kaavalla

$$\phi_{sulatus} = \frac{V_{jh} k_{jh} \rho_v}{24 \cdot 3600} l_j \quad (33)$$

jossa

$\phi_{sulatus}$ on jäähoidon keskimääräinen lämpökuorma käyttöjaksolla, W
 V_{jh} on jäähoidon käytettävä vesimäärä ajoa kohti, m³/ajo
 k_{jh} on jäähoidokertojen määrä käyttöjaksolla, ajoa
 ρ_v on veden tiheys, 1 000 kg/m³
 l_j on jäätyneen faasimuutoslämpö, 334 000 Ws/kg
24 on vuorokauden tuntien määrä
3 600 on tunnin sekuntien määrä.

6.3.11 Routalämmitys

Lauhdetta käytetään paljon ratapohjan routasuojaukseen, johon se onkin erittäin suositeltavaa. Routalämmityksen keskimääräinen tehontarve arvioidaan kaavalla

$$\phi_{routa} = q_{maa} A_{jää} \quad (34)$$

jossa

ϕ_{routa} on routalämmityksen keskimääräinen tehontarve, W
 q_{maa} on maan lämpökuorma jäälle, 3 W/m²
 $A_{jää}$ on jään pinta-ala, m².

6.3.12 Muut lauhteen käyttökohteet

Muita lauhteen käyttökohteita ovat hallin oheistilojen ja ilmanvaihdon lämmitys. Oheistilojen lämmityksessä lauhdetta voidaan käyttää erityisesti lattialämmitykseen, jonka lämpötilataso on alhainen. Myös sosiaalityötilojen ilmanvaihdon esilämmitys on otollinen kohde, koska tarvittava lämpötilataso on erityisesti talvella hyvin alhainen. Liitettäessä lauhdelämpöä olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään on otettava huomioon, että lauhdepiirissä on käytettävä jäätymätöntä kylmäliuosta. Kylmäliuoksen käyttö olemassa olevassa lämmitysjärjestelmässä saattaa aiheuttaa käyttöongelmia esimerkiksi tiivisteiden vaurioitumisen, materiaalivaurioiden ja lämmönsiirtimien vajaatehoisuuden ym. vuoksi. Lauhteelle voi löytyä käyttöä myös jäähallin lähiympäristöstä. Käyttökohteita voivat olla muun muassa uimahallit, urheiluhallit ja teollisuusrakennukset.

6.3.13 Ilmalämmityksen ilmavirta ja sähköenergiankulutus

Ilmalämmityksessä tarvittava ilmavirta saadaan kaavalla

$$q_{iv,lämmitys} = \frac{\phi_{lämmitys}}{c_{p,i} \rho_i (T_t - T_s)} \quad (35)$$

jossa

- $q_{iv,lämmitys}$ on ilmalämmityksessä tarvittava tuloilman tilavuusvirtaus, m³/s
- $\phi_{lämmitys}$ on hallin lämmitystehontarve, kW
- $c_{p,i}$ on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)
- ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³
- T_t on halliin puhallettavan tuloilman lämpötila, °C
- T_s on hallin lämpötila, °C.

Tuloilmapuhaltimen ominaissähköteho voidaan laskea ilmakehän painehäviön ja puhaltimen hyötysuhteen sekä moottorin ja säätölaitteen hyötysuhteiden perusteella. Ilman tarkentavia laskelmia tuloilmapuhaltimen ominaissähkötehona voidaan käyttää arvoa 1,5 kW/(m³/s). Tuloilmapuhaltimen sähköenergiankulutus saadaan kaavalla

$$W_{tuloilma} = P_{es} q_{iv,lämmitys} \Delta t \quad (36)$$

jossa

- $W_{tuloilma}$ on tuloilmapuhaltimen sähköenergiankulutus, kWh
- P_{es} on puhaltimen ominaissähköteho, kW/(m³/s)
- $q_{iv,lämmitys}$ on ilmalämmityksen keskimääräinen ilmavirta laskentajaksolla, m³/s
- Δt on puhaltimen käyttöaika laskentajaksolla, h.

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

6.4 Hallin ilman kuivaustarve

Jäähallin kosteuskuormitus muodostuu ulkoilman kosteudesta ja hallissa syntyvistä kosteuskuormista. Ulkoilman kosteus pääsee halliin ilmanvaihdon ja vuotoilman välityksellä. Ulkoilman kosteus vaihtelee suuresti eri vuodenaikoina: talvella ulkoilma on kuivempaa kuin hallin sisäilma ja kesällä huomattavasti kosteampaa. Ilmanvaihdon ulkoilmaa voidaan ja kannattaa kuivata ennen halliin puhaltamista, mutta vuotoilman mukana tuleva kosteus pääsee aina halliin saakka. Hallissa kosteutta syntyy normaalisti ihmisten hengityksestä, polttomoottorikäyttöisen jäänhoitokoneen käytöstä ja jäänhoidossa käytetävän veden höyrystymisestä sekä sosiaaliilojen ilmavuodoista. Kosteutta poistuu hallista poistoilman mukana, jäähän tiivistymällä sekä kuivaamalla ilmaa erityisellä ilman kuivaimella.

Jäähallissa pyritään ylläpitämään kosteustasoa, joka aiheuttaa mahdollisimman pienen energiankulutuksen eikä aiheuta kosteusongelmia. Kosteusongelmia ovat liian suuresta kosteuspitoisuudesta aiheutuvat vauriot (esim. laho, korroosio) ja sisäilmaongelmat (esim. sienet, homeet, sumu). Liian suurta kosteutta esiintyy lähinnä kesäkaudella, jolloin ulkoilman kosteus on suuri verrattuna hallin tavoitteelliseen sisäilman kosteuteen. Kosteusongelmien välttämiseksi etenkin kylmissä ja viileissä halleissa ilmaa on kuivattava erityisellä ilmankuivaimella. Kuivaimella poistettava vesivirta käyttöjaksolla kuukausittain lasketaan kaavalla

$$G_{kuivaus,kj} = G_{iv,kj,U} + G_{vuoto} + G_{henkilö} - G_{jää,kj} \quad (37)$$

jossa

$G_{kuivaus,kj}$ on kuivaimella poistettava vesivirta käyttöjaksolla, g/s

$G_{iv,kj,U}$ on ulkoilmavirran kosteuskuorma käyttöjaksolla, g/s

G_{vuoto} on vuotoilman kosteuskuorma, g/s

$G_{henkilö}$ on ihmisten kosteuskuorma, g/s

$G_{jää,kj}$ on jäähän kondensoituva vesivirta käyttöjaksolla, g/s.

Kuivaimella poistettava vesivirta käyttöjakson ulkopuolella lasketaan kaavalla

$$G_{kuivaus,kju} = G_{iv,kju,U} + G_{vuoto} - G_{jää,kju} \quad (38)$$

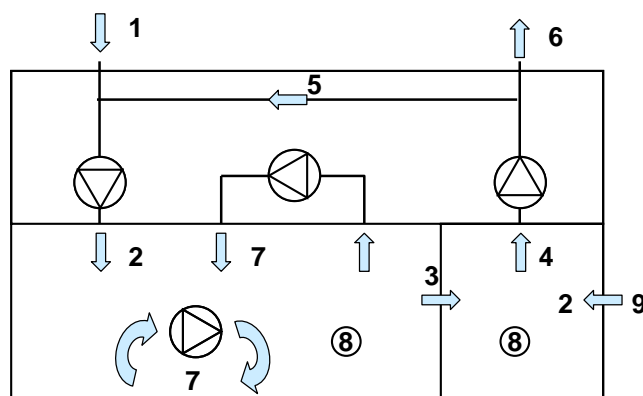
jossa

$G_{kuivaus,kju}$ on kuivaimella poistettava vesivirta käyttöjakson ulkopuolella, g/s

$G_{iv,kju,U}$ on ulkoilmavirran kosteuskuorma käyttöjakson ulkopuolella, g/s

G_{vuoto} on vuotoilman kosteuskuorma, g/s

$G_{jää,kju}$ on jäähän kondensoituva vesivirta käyttöjakson ulkopuolella, g/s.



Kuva 14. Ilmavirtojen nimitykset Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan: 1. ulkoilma, 2. tuloilma, 3. siirtoilma, 4. poistoilma, 5. palautusilma, 6. jäteilma, 7. kierrätysilma, 8. sisäilma, 9. ulkoilma (korvausilma).

6.4.1 Ulkoilmavirran kosteuskuorma

Ilmanvaihdon ulkoilmavirran mukana tuleva kosteuskuorma käyttöjaksolle lasketaan kaavalla

$$G_{iv,kj,U} = q_{iv,kj,U} \rho_i (x_{T,kj} - x_S) \quad (39)$$

jossa

$G_{iv,kj,U}$ on ulkoilmavirran kosteuskuorma käyttöjaksolla, g/s

$q_{iv,kj,U}$ on ulkoilmavirta käyttöjaksolla, m³/s

ρ_i on ulkoilman tiheys, 1,2 kg/m³

$x_{T,kj}$ on ulkoilmavirran vesisisältö käyttöjaksolla, g/kg

x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, liite E), g/kg.

Ulkoilmavirtana käytetään joko ulkoilmavirtaa tai jäteilmavirtaa. Ilmavirtana käytetään aina kyseisistä virtauksista suurempaa.

Jos ulkoilmaa ei erikseen kuivata, ulkoilmavirran vesisisältö on sama kuin ulkoilman vesisisältö ($x_{T,kj} = x_U$). Ulkoilman vesisisältö kuukausittain saadaan laskettua ilmastovyöhykkeen mukaan liitteen F taulukoista (taulukot F1–F4). Hallin sisäilman vesisisältö saadaan puolestaan laskettua hallin ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan liitteen E taulukosta (taulukko E1). Jos ulkoilmavirtaa kuivataan, ulkoilmavirran vesisisältö on arvioitava. Kondensoivan (jäähdytyspatteri) kuivaimen yhteydessä ulkoilmavirran vesisisältö voidaan arvioida alaluvussa 6.4.5 esitetyllä tavalla. Jos tiedetään kuivaimen kuivausominaisuudet eri ulkoilmaolosuhteissa, vesisisältö voidaan laskea kuukausittaisista ulkoilmaolosuhteista vähentämällä ulkoilman vesisisällöstä kuivaimella poistettava vesi:

$$x_{T,kj} = x_U - \frac{G_{kuivain,kj}}{q_{iv,kj,U} \rho_i} \quad (40)$$

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

jossa

$x_{T,kj}$ on ulkoilmavirran vesisisältö kuivaimen jälkeen käyttöjaksolla, g/kg

x_U on ulkoilman vesisisältö, g/kg

$G_{\text{kuivain},kj}$ on kuivaimella poistettava vesi käyttöjaksolla, g/s

$q_{iv,kj,U}$ on ulkoilmavirta käyttöjaksolla, m³/s

ρ_i on ulkoilman tiheys, 1,2 kg/m³.

Ulkoilman vesisisältö kuivainpatterin jälkeen voi olla alle hallin vesisisällön, jolloin ulkoilma kuivaa hallin ilmaa (kosteuskuorma on tällöin negatiivinen).

Vastaavasti ulkoilmavirran mukana tuleva kosteuskuorma käyttöjakson ulkopuolella lasketaan kaavalla

$$G_{iv,kju,U} = q_{iv,kju,U} \rho_i (x_{T,kju} - x_S) \quad (41)$$

jossa

$G_{iv,kju,U}$ on ulkoilmavirran kosteuskuorma käyttöjakson ulkopuolella, g/s

$q_{iv,kju,U}$ on ulkoilmavirta käyttöjakson ulkopuolella, m³/s

ρ_i on ulkoilman tiheys, 1,2 kg/m³

$x_{T,kju}$ on ulkoilmavirran vesisisältö käyttöjakson ulkopuolella, g/kg

x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, taulukko E), g/kg.

Ulkoilmavirran vesisisältö käyttöjakson ulkopuolella lasketaan kaavalla

$$x_{T,kju} = x_U - \frac{G_{\text{kuivain},kju}}{q_{iv,kju,U} \rho_i} \quad (42)$$

jossa

$x_{T,kju}$ on ulkoilmavirran vesisisältö kuivaimen jälkeen käyttöjakson ulkopuolella, g/kg

x_U on ulkoilman vesisisältö, g/kg

$G_{\text{kuivain},kju}$ on kuivainpatterilla poistettava vesi käyttöjakson ulkopuolella, g/s

$q_{iv,kju,U}$ on ulkoilmavirta käyttöjakson ulkopuolella, m³/s

ρ_i on ulkoilman tiheys, 1,2 kg/.

6.4.2 Vuotoilmavirran kosteuskuorma

Vuotoilman kosteuskuormitus lasketaan kaavalla

$$G_{\text{vuoto}} = q_{V,\text{vuotoilma}} \rho_i (x_U - x_S) \quad (43)$$

jossa

G_{vuoto} on vuotoilman kosteusvirta, g/s

$q_{V,\text{vuotoilma}}$ on vuotoilmavirta, m³/s

ρ_i on ulkoilman tiheys, 1,2 kg/m³

x_U on ulkoilman vesisisältö (taulukko F1–F4, liite F), g/kg

x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, liite E), g/kg.

6.4.3 Henkilöiden kosteuskuorma sekä muut kosteuskuormat

Ihmistä hengitysilman mukana syntyvä kosteus, $G_{\text{henkilö}}$, on esitetty aiemmin taulukossa 11. Jäänhoidosta syntyvät kosteuskuormat (polttomoottorin kosteus päästöt ja jäänhoitovedestä haihtuminen) oletetaan merkityksettömän pieniksi.

6.4.4 Jäähän kondensoitua vesivirta

Jäähän kondensoitua vesivirta käyttöjaksolla voidaan arvioida kaavalla

$$G_{\text{jää,kj}} = \frac{A_{\text{jää}} \alpha_{\text{konv.,kj,jää}}}{c_{p,i}} (x_S - x_{\text{jää}}) \quad (44)$$

jossa

$G_{\text{jää,kj}}$ on jäähän kondensoitua vesivirta käyttöjaksolla, g/s

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

$\alpha_{\text{konv.,kj,jää}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin käyttöjaksolla (taulukko 10), W/(m²K)

$c_{p,i}$ on ilman lämpökapasiteetti, 1 000 J/(kgK)

x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, liite E), g/kg

$x_{\text{jää}}$ on jään pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan vesisisältö (taulukko E2, liite E), g/kg.

Hallin ilman vesisisältö saadaan hallin sisäilman tavoitelämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan taulukosta (taulukko E1, liite E). Samoin jään pintalämpötilaa vastaavat kylläisen tilan vesisisällöt on taulukoitu (taulukko E2, liite E).

Jäähän kondensoitua vesivirta käyttöjakson ulkopuolella arvioidaan kaavalla

$$G_{\text{jää,kju}} = \frac{A_{\text{jää}} \alpha_{\text{konv.,kju,jää}}}{c_{p,i}} (x_S - x_{\text{jää}}) \quad (45)$$

jossa

$G_{\text{jää,kju}}$ on jäähän kondensoitua vesivirta käyttöjakson ulkopuolella, g/s

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

$\alpha_{\text{konv.,kju,jää}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin käyttöjakson ulkopuolella (taulukko 10), W/(m²K)

$c_{p,i}$ on ilman lämpökapasiteetti, 1 000 J/(kgK)

x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, liite E), g/kg

$x_{\text{jää}}$ on jään pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan vesisisältö (taulukko E2, liite E), g/kg.

6.4.5 Kondensoivan kuivainpatterin ilmvirta ja energiankulutus

Kun kuivaimella poistettava vesivirta (G_{kuivain}) on tiedossa, voidaan arvioida, kuinka suuri ilmvirta kondensoivan patterin kautta tarvitaan kyseisen vesimäärän poistamiseen ilmasta. Tarvittava ilmvirta lasketaan kaavalla

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

$$q_{i,kuivain} = \frac{G_{kuivain}}{\rho_i (1 - \eta_{ok,kuivain}) (x_1 - x_p)} \quad (46)$$

jossa

$q_{i,kuivain}$ on kondensoivan kuivaimen ilmavirta, m³/s

$G_{kuivain}$ on kuivaimella poistettava vesivirta, g/s

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

$\eta_{ok,kuivain}$ on kuivainpatterin ohituskerroin, -

x_1 on ilman vesisisältö ennen kuivainpatteria, g/kg.

x_p on kuivainpatterin keskimääräistä pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan vesisisältö, g/kg.

Jäähdytyspatterin ohituskerroin (hyötysuhde) ottaa huomioon sen, että osa ilmavirrasta aina niin sanotusti ohittaa kylmän pinnan, joten patterin jälkeisen ilman tila on kylläisen ilman ja ohitse menneen ilman sekoitus. Jos patterin ohituskerrointa ei ole tiedossa, voidaan arviolaskelmissa käyttää lukuarvoa 0,2.

Kuivauksen tarvitsema jäähdytysteho saadaan kaavalla

$$\phi_{kuivain,jäähditys} = q_{i,kuivain} \rho_i (1 - \eta_{ok,kuivain}) (h_1 - h_p) + \phi_{jää} \quad (47)$$

jossa

$\phi_{kuivain,jäähditys}$ on kondensoivan kuivaimen aiheuttama jäähdytystehontarve, kW

$q_{i,kuivain}$ on kondensoivan kuivaimen ilmavirta, m³/s

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

$\eta_{ok,kuivain}$ on kuivainpatterin ohituskerroin

h_1 on ilman entalpia ennen kuivainpatteria, kW/kg

h_p on kuivainpatterin pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan entalpia, kW/kg

$\phi_{jää}$ on patterille kondensoituvan veden jäätyksen aiheuttama tehontarve, kW.

Jos kuivainpatterin pintalämpötila on $T_p > 0^\circ\text{C}$, niin $\phi_{jää} = 0$ Kaavassa (47), muussa tapauksessa kondenssiveden jäätyksen aiheuttama tehontarve lasketaan kaavalla

$$\phi_{jää} = G_{kuivain} (l_j + c_{p,j} (0^\circ\text{C} - T_p)) / 1000 \quad (48)$$

jossa

$\phi_{jää}$ on kuivaimen kondensoituvan veden jäätyksestä aiheutuva tehontarve, kW

$G_{kuivain}$ on kuivaimella poistettava vesivirta, g/s

l_j on veden sulamislämpö, 334 kW/kg

$c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, 2,1 kW/(kgK)

T_p on kuivainpatterin pintalämpötila, °C

1 000 on laatumuunnoskerroin (g/s → kg/s).

Ilman vesisisältö kuivainpatterin jälkeen saadaan kaavalla

$$x_2 = x_p + \eta_{ok,kuivain} (x_1 - x_p) \quad (49)$$

jossa

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

x_2 on ilman vesisisältö kuivainpatterin jälkeen, g/kg

x_p on kuivainpatterin keskimääräistä pintalämpötilaa vastaavan kylläisen ilman vesisisältö, g/kg

$\eta_{ok,kuivain}$ on kuivainpatterin ohituskerroin, -

x_1 on ilman vesisisältö ennen kuivainpatteria, g/kg.

Ilman lämpötilan likiarvo kuivainpatterin jälkeen saadaan kaavalla

$$T_2 = T_p + \eta_{ok,kuivain} (T_1 - T_p) \quad (50)$$

jossa

T_2 on ilman lämpötila kuivainpatterin jälkeen, °C

T_p on kuivainpatterin keskimääräinen pintalämpötila, °C

$\eta_{ok,kuivain}$ on kuivainpatterin ohituskerroin, -

T_1 on ilman lämpötila ennen kuivainpatteria, °C.

Jos kuivauksen aikana samaan aikaan on hallin lämmitystarvetta, on kuivaimella jäähtynyt ilma jälleen lämmitettävä hallin tavoitelämpötilaan. Kuivauksen aiheuttama lämmitystehontarve saadaan likimäärin kaavalla

$$\phi_{kuivain,lämmitys} = q_{i,kuivain} \rho_i c_{p,i} (T_s - T_p - \eta_{ok,kuivain} (T_1 - T_p)) \quad (51)$$

jossa

$\phi_{kuivain,lämmitys}$ on kondensoivan kuivaimen aiheuttama lämmitystehontarve, kW

$q_{i,kuivain}$ on kondensoivan kuivaimen ilmavirta, m³/s

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

$c_{p,i}$ on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kW/(kgK)

T_s on hallin tavoitelämpötila

T_p on kuivainpatterin pintalämpötila, °C

$\eta_{ok,kuivain}$ on kuivainpatterin ohituskerroin, -

T_1 on ilman lämpötila ennen kuivainpatteria, °C.

Tapauksessa, jossa kuivainpatterin pintalämpötila on alle 0 °C, tarvitaan lisäksi patterin sulatusta aika ajoin, jotta patterille kertyvä jää ei tukkisi ilmavirtausta ja toisaalta huonontaisi patterin kuivaustehoa. Sulatuksen lämpötehtäjä voidaan arvioida kaavalla (52), jos sulatuksessa kaikki patterille kertyvä jää sulatetaan.

$$\phi_{kuivain,sulatus} = \frac{G_{kuivain} (l_{jää} + c_{p,j} (0^\circ C - T_p))}{1000 \cdot \eta_{sulatus}} \quad (52)$$

jossa

$\phi_{kuivain,sulatus}$ on kondensoivan kuivaimen sulatusteho, kW

$G_{kuivain}$ on kuivaimella poistettava vesivirta, g/s

$l_{jää}$ on jään sulamislämpö, 334 kW/kg

$c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, 2,1 kW/(kgK)

T_v on sulamisveden lämpötila sulatuksen jälkeen, °C

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

η_{sulatus} on sulatuksen hyötysuhde, -
1 000 on laatumuunnoskerroin (g/s \rightarrow kg/s).

6.4.6 Sorptiokuivaimen tehontarve

Sorptiokuivaimien, mm. adsorptiokuivaimet, tehontarve ja energiankulutus selviää tarkimmin laite-toimittajan antamien tietojen perusteella. Tehontarpeeseen ja energiankulutukseen vaikuttavat kuivat-tavan ilman lämpötila ja kosteus. Hallin sisälämpötiloilla 2–10 °C ja ilman suhteellisen kosteuden ollessa 60–80 %, tehontarvetta voi arvioida kaavalla

$$P_{\text{kuivain}} = G_{\text{kuivain}} (19.37 - 0.137 \cdot \varphi_S + (-1.015 + .0095 \cdot \varphi_S) T_S) \quad (53)$$

jossa

P_{kuivain} on adsorptiokuivaimen sähköteho, kW
 G_{kuivain} on kuivaimella poistettava vesivirta, g/s
 φ_S on hallin sisäilman suhteellinen kosteus, %
 T_S on hallin sisäilman lämpötila, °C.

6.5 Kylmäkoneiston tehomitoitus

Kylmälaiteiston teho mitoitetaan joko jääntekovaiheen tai maksimikäyttötilanteen perusteella, joista kumpikin tilanne ajoittuu heinä- tai elokuuhun. Liitteessä A on esitetty ulkoilman mitoituolosuhteet neljälle eri ilmastovyöhykkeelle. Mitoittava tilanne sen sijaan saattaa vaihdella hallityypistä ja asetet-tavista vaatimuksista riippuen. Harjoitushallissa on määrävänä tekijänä jään teolle asetettava aikakri-terei. Aikakriteerillä tarkoitetaan sitä, kuinka nopeasti jää on saatava tehtyä; mitä nopeammin jää on saatava aikaan, sitä suurempitehoinen kylmäkoneisto tarvitaan. Käyttötilanteessa kylmäkoneisto kuormittuu eniten turnausten aikana, jolloin hallissa on paljon ihmisiä ja valaistuskuormitus ja jään-hoito ovat suurimmillaan. Lisäkuormitusta aiheuttaa ilmanvaihdon edellyttämä ilman kuivaus, jos kuivaus hoidetaan jääratakoneistolla. Kylmäkoneistolle olosuhteet ovat hankalat johtuen korkeasta ulkolämpötilasta ja sitä kautta korkeasta lauhdutuslämpötilasta. Ulkolämpötilan ollessa korkea myös lauhteen hyväksikäyttö on minimissään.

6.5.1 Hallin käyttöönottovaiheen tehontarve

Useimmiten joko heinäkuulle tai elokuulle ajoittuvassa käyttöönottovaiheessa kylmäkoneiston tehon-tarpeeseen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- ratapohjan jäähdytys
- ratarakenteen jäähdytys
- hallin jäähdytys käyttölämpötilaan
- ilman kuivaus (niissä tapauksissa, joissa kuivaus toteutetaan jääntekolaitteistolla)
- jään tekeminen
- jään lämpökuormitus (konvektio, säteily, valaistus).

Ennen jään tekemisen aloittamista rata on saatava jäähdytettyä riittävän alhaiseen lämpötilaan. Samalla alkavat vähitellen jäähtyä myös hallin ilma ja muut rakenteet (seinät ja katto); vähitellen tapahtuva jäähtyminen on dynaaminen prosessi. Käyttöönottovaiheen tehontarvetta tarkastellaan kahdessa eri vaiheessa: 1) radan jäädytyksen valmisteluvaiheessa ja 2) jääntekovaiheessa.

Jäädytyksen valmisteluvaiheessa ratarakenteen jäädyttämisen tehontarve riippuu siitä ajasta, jossa rata on saatava jäähdytettyä jään tekemisen aloituslämpötilaan. Mitä pidempi aika sallitaan, sitä alhaisempi on tehontarve. Kuten edellä oli puhetta, jäädytys on dynaaminen prosessi, jossa tehontarve muuttuu koko ajan jäähtymisen edetessä. Radan jäädytysvaiheessa koko halli on dynaamisessa muutostilassa, jolloin kaikki lämpötilat (vaipparakenteet, rata, kylmäliuoslämpötilat) ja kosteudet liukuvat. Tässä tilanteessa ei jäädytystehontarpeen laskemiseksi ole järkevää käyttää yksinkertaisia stationääri-tilan laskentakaavoja, vaan tehontarve tulisi määrittää dynaamisilla malleilla. Kokemuksesta tiedetään, että betonilaatan jäähtymisnopeus nykyisin käytetyillä kylmäkonetehoilla on noin 1 °C tunnissa. Tällöin laatan jäädytys lämpötilaan, jossa varsinainen jään teko voidaan aloittaa, kestää noin yhden vuorokauden. Näin ollen radan jäädytysvaihe ei muodostu ainakaan harjoitushalleissa mitoittavaksi kriteeriksi.

Myös jääntekovaihe on dynaaminen prosessi, jossa tehontarve muuttuu (pienenee) koko ajan jään teon edistyessä. Suurimmillaan tehontarve on jään teon alkuvaiheessa, jolloin hallin rakenteet ja rata-pohja vielä jäähtyvät jossain määrin. Muutokset ovat kuitenkin jo huomattavasti lievempiä kuin radan jäädytysvaiheessa, ja stationäärisellä tarkastelulla päästään tehontarvemäärittämisessä jo kohtuulliseen tarkkuuteen. Seuraavassa tarkastelussa asiaa on yksinkertaistettu ja jäädytystehontarve arvioidaan stationäärisenä tarkasteluna, eli vakio-olosuhteiden oletetaan vallitsevan jään teon aikana. Jään teon aikana kylmäkoneiston jäädytystehontarpeeseen vaikuttavat jään valmistamisen lisäksi lämpökuormat ympäristöstä, kuten konvektio hallin ilmasta, lämpösäteily ympäröivistä pinnoista, ilmasta kondensoitua vesi, valaistus, maasta johtuva lämpö, kylmäliuoksen pumppaus ja laitteiston lämpöhäviöt. Kun ilmasta jäähän kondensoituvan veden lämpökuormituksen ajatellaan sisältyvän jään valmistamiseen tarvittavaan veteen, saadaan kylmäkoneiston kaava jäädytystehontarpeen laskemiseksi. Kaavassa on lisäksi oletettu, että jään teon aikana ihmisistä ja koneista jäälle aiheutuva lämpökuormitus on häviävän pieni.

$$\phi_{\text{jäädytys}} = \phi_{\text{vesi}} + \phi_{\text{jää,konv.}} + \phi_{\text{jää,sät.}} + \phi_{\text{jää,valaistus}} + \phi_{\text{jää,maa}} + \phi_{\text{pumppaus}} + \phi_{\text{häviöt}} + \phi_{\text{kuivaus}} \quad (54)$$

jossa

$\phi_{\text{jäädytys}}$ on jääntekovaiheen mitoitusteho, kW

ϕ_{vesi} on jään tekemiseen tarvittava teho, kW

$\phi_{\text{jää,konv.}}$ on radan konvektiolämpökuorma jäädytyksen aikana, kW

$\phi_{\text{jää,sät.}}$ on säteilylämpökuorma jäädytyksen aikana, kW

$\phi_{\text{jää,valaistus}}$ on valaistuksen lämpökuorma jäädytyksen aikana, kW

$\phi_{\text{jää,maa}}$ on maasta johtumalla rataan siirtyvä lämpökuorma, kW

ϕ_{pumppaus} on kylmäliuospumppun lämpökuorma, kW

$\phi_{\text{häviöt}}$ on jäädytysputkiston ja -laitteiston lämpöhäviöt, kW

ϕ_{kuivaus} on ilmankuivauksen tehontarve jään teon aikana, jos kuivaus suoritetaan jääntekolaitteistolla, kW.

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

Jään tekeminen

Jään tekemiseen tarvittavaan keskimääräiseen tehoon vaikuttaa ennen kaikkea jään teon nopeus, jään paksuus ja jään tekoon käytetyn veden lämpötila. Näistä tekijöistä voidaan tehontarpeeseen eniten vaikuttaa jään tekoon käytetyllä ajalla. Mitä pidempi on jään tekoon käytettävä aika, sitä pienempi on tehontarve. Harjoitushallissa jään tekoon käytettävä aika ei ole toiminnan kannalta kriittistä, joten tällöin siihen kannattaa käyttää hieman enemmän aikaa, jos sillä voidaan vaikuttaa kylmäkoneiston mitoitustehoon ja sitä kautta hankintahintaan. Jään tekemiseen tarvittava teho lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{vesi}} = \frac{s_{\text{jää}} A_{\text{jää}} \rho_v}{\Delta t_{\text{jäädytys}} \times 3600 \times 1000} [c_{p,v} (T_{\text{vesi}} - 0) + l_j + c_{p,j} (0 - T_{\text{jää}})] \quad (55)$$

jossa

- ϕ_{vesi} on jään tekemiseen tarvittava teho, kW
- $s_{\text{jää}}$ on valmistettavan jääkerroksen paksuus, m
- $A_{\text{jää}}$ on jääradan pinta-ala, m²
- ρ_v on veden tiheys, 1 000 kg/m³
- $\Delta t_{\text{jäädytys}}$ on jään tekoon käytettävä aika, h
- $c_{p,v}$ on veden ominaislämpökapasiteetti, 4 190 Ws/(kgK)
- T_{vesi} on jään tekoon käytettävän veden lämpötila, °C
- l_j on jäätyksen faasimuutoslämpö, 334 000 Ws/(kgK)
- $c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, 1 800 Ws/(kgK)
- $T_{\text{jää}}$ on jään loppulämpötila (= käyttölämpötila), °C
- 3 600 muuttaa tunnit sekunneiksi
- 1 000 on laatumuunnoskerroin W → kW.

Konvektio

Konvektiolämpökuorma jään teon aikana lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää,konv.}} = A_{\text{jää}} \alpha_{\text{konv.}} (T_S - T_{\text{jää,pinta}}) / 1000 \quad (56)$$

jossa

- $\phi_{\text{jää,konv.}}$ on jäähän konvektiolla siirtyvä lämpöteho jään teon aikana, kW
- $A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²
- $\alpha_{\text{konv.}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin jään teon aikana = 1 W/(m²K)
- T_S on hallin ilman lämpötila jään teon aikana, °C
- $T_{\text{jää,pinta}}$ on jään pintalämpötila jään teon aikana = -1 °C
- 1 000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi.

Edellä konvektion lämmönsiirtokerroin on arvioitu jään teon aikana yhtä suureksi kuin käyttöjakson lämmönsiirtokerroin (taulukko 10). Jään pintalämpötila vaihtelee jäädytyksen aikana sen mukaan, kun

jälle levitetään vettä, sekä veden jäätyessä. Keskimääräiseksi jään pintalämpötilaksi jään teon aikana on arvioitu -1 °C .

Lämpösäteily

Lämpösäteilyn lämpökuorma lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää,sät.}} = A_{\text{jää}} \alpha_{\text{sät.}} (T_S - T_{\text{jää,pinta}}) / 1000 \quad (57)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,sät.}}$ on jäähän lämpösäteilyllä ympäröivistä pinnoista siirtyvä lämpökuorma, kW

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m^2

$\alpha_{\text{sät.}}$ on säteilyn lämmönsiirtokerroin jään teon aikana, $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

T_S on hallin ilman lämpötila jään teon aikana, $^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{jää,pinta}}$ on jään pintalämpötila jään teon aikana = -1 °C

1 000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi.

Säteilyn lämmönsiirtokerroin riippuu hallin vaipan lämpöteknisistä ominaisuuksista ja jään teon aikana vallitsevista ulkoilman olosuhteista.

Kondenssi

Kondenssin aiheuttama lämpökuorma jälle lasketaan kaavalla

$$q_{\text{jää,kond.}} = A_{\text{jää}} g_{\text{kond.}} [l_h + l_j + c_{p,j} (0 - T_{\text{jää}})] \quad (58)$$

jossa

$q_{\text{jää,kond.}}$ on kondenssin lämpökuorma jääntekovaiheessa, W/m^2

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m^2

$g_{\text{kond.}}$ on jäähän kondensoitua vesivirta neliötä kohti, $\text{g}/(\text{sm}^2)$

l_h on vesihöyryn lauhtumisen (höyry \rightarrow vesi) faasimuutoslämpö, $2\,501\,000\text{ Ws}/(\text{kgK})$

l_j on jäätyvän faasimuutoslämpö, $334\,000\text{ Ws}/(\text{kgK})$

$c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, $2\,100\text{ Ws}/(\text{kgK})$

$T_{\text{jää}}$ on jään pintalämpötila jääntekovaiheessa = -1 °C .

Jäähän kondensoitua vesivirta riippuu hallin lämpötilasta ja ilman kosteudesta. Kondenssin vesivirta voidaan arvioida kaavalla

$$g_{\text{kond.}} = \frac{\alpha_{\text{konv.,jää}}}{c_{p,i}} (x_S - x_{\text{jää}}) \quad (59)$$

missä

$g_{\text{jää,kj}}$ on jäähän kondensoitua vesivirta jääntekovaiheessa, $\text{g}/(\text{sm}^2)$

$\alpha_{\text{konv.,jää}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin = $1\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

$c_{p,i}$ on ilman lämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)

x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, liite E), g/kg

$x_{jää}$ on jään pintalämpötilaa vastaavan kylmän tilan vesisisältö (taulukko E2, liite E), g/kg.

Valaistus

Jään teon aikana valaistuskorma kannattaa minimoida ja halli pitää pääsääntöisesti pimeänä. Valaistuksen lämpökuorma jäälle lasketaan kaavalla

$$\phi_{jää, valaistus} = 0.42 \cdot P_{valaistus} \quad (60)$$

jossa

$\phi_{jää, valaistus}$ on valaistuksen keskimääräinen lämpökuorma jään teon aikana, kW

$P_{valaistus}$ on ratavalaisuksen keskimääräinen kokonaissähköteho jääntekovaiheessa, kW

0.42 on kerroin, jolla määritellään valaistuksen sähkötehosta se osuus, joka kuormittaa jäätä.

Maa

Maan lämpökuormaan vaikuttavat radan rakenne (lähinnä alapohjan lämpöeristys) ja routalämmitys sekä jäähdytysliuoksen lämpötilataso, johon puolestaan vaikuttaa kylmälaiteiston mitoitus. Maan lämpökuorma on melko pieni ($\sim 5 \text{ W/m}^2$) verrattuna jään tekemisessä tarvittavaan tehoon. Jään teon aikana maan lämpökuorma voidaan arvioida vakioksi.

$$\phi_{jää, maa} = A_{jää} q_{jää, maa} / 1000 \quad (61)$$

jossa

$\phi_{jää, maa}$ on maan lämpökuorma jään teon aikana, kW

$A_{jää}$ on jään pinta-ala, m^2

$q_{jää, maa}$ on maasta johtuvan lämmön aiheuttama lämpökuorma = 5 W/m^2

1 000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi.

Kylmäliuospumppu

Pumppauksen lämpökuorma jäähdytyslaitteistolle riippuu monesta yksityiskohdasta: laitteiston komponenttien mitoituksesta, käytetystä kylmäliuoksesta sekä valitusta pumpusta ja säätötavasta. Ilman tarkentavia laskelmia pumppauksen lämpökuorma arvioidaan kaavalla

$$\phi_{pumppaus} = A_{jää} q_{pumppaus} / 1000 \quad (62)$$

jossa

$\phi_{pumppaus}$ on kylmäliuospumpun lämpökuorma jään teon aikana, kW

$A_{jää}$ on jään pinta-ala, m^2

$q_{pumppaus}$ on kylmäliuoksen pumppauksen aiheuttama lämpökuorma = 6 W/m^2

1 000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi.

Lämpöhäviöt

Laitteiston lämpöhäviöiden lämpökuorma riippuu monesta yksityiskohdasta: putkien ja putkieristysten mitoituksesta, kylmäliuoksen lämpötilatasosta ja ympäristön lämpötilasta. Ilman tarkentavia laskelmia lämpöhäviöiksi arvioidaan 2 % mitoitusjäähdytystehosta.

$$\phi_{\text{häviöt}} = 0.02 \times \phi_{\text{jäädytys}} \quad (63)$$

jossa

$\phi_{\text{häviöt}}$ on jäähdytysjärjestelmän lämpöhäviöt jään teon aikana, kW

0.02 on kerroin, jolla arvioidaan lämpöhäviöosuus, -

$\phi_{\text{jäädytys}}$ on mitoitusjäähdytysteho, kW.

Ilmankuivaus

Jos hallin ilmankuivaus on toteutettu kondensoivalla kuivaimella, joka on liitetty radan kylmäkoneistoon, on myös ilmankuivauksen jäähdytyskuorma laskettava mukaan mitoitustehoon. Perusajatuksena on, että ilmankuivausta tulisi välttää jään tekoprosessin aikana. Hallia kannattaakin kuivata jo ennen jään teon aloittamista, ja jään teon aikana kosteuskuormia kannattaa minimoida välttämällä turhaa ilmanvaihtoa ja ovien auki pitämistä. Näin vältetään kylmäkoneiston turhaa ylimitoittamista.

Jos hallia joudutaan kuivaamaan samanaikaisesti, kuivauksen jäähdytystehontarve voidaan laskea luvussa 6.5.3 (kohdassa *Ilmankuivaus*) esitettyä menettelyä soveltaen. Tällöin on kiinnitettävä huomiota kosteuskuormien laskentaan oikeilla jään tekotilanteeseen liittyvillä parametreilla (ulkoilmavirta, vuotoilmavirta, henkilökuormitus).

6.5.2 Maksimikäyttöjakson tehontarve

Tehomitoituksen kannalta hankalin käyttötilanne syntyy heinä–elokuussa pidettävän turnauksen aikana, jolloin ulkoilman lämpötila ja kosteus ovat korkeat, jäänhoitoon käytetty vesimäärä huipussaan, valaistus maksimiteholla ja halli tupaten täynnä ihmisiä. Tällöin myös ilmanvaihto ja vuotoilmanvaihto (ovet auki) ovat suurimmillaan ja aiheuttavat kuivaustarvetta. Tällaisessa tilanteessa on vaikeaa hallita hallin lämpötilaa, joka ilman erillistä jäähdytystä saattaa kohota ja aiheuttaa jälle lisäkuormitusta.

Kylmäkoneiston tehontarve maksimikäyttöjaksolla lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää,max}} = \phi_{\text{jää,konv.}} + \phi_{\text{jää,sät.}} + \phi_{\text{jää,hoito}} + \phi_{\text{jää,kond.}} + \phi_{\text{jää,valaistus}} + \phi_{\text{jää,kuorma}} + \phi_{\text{jää,maa}} + \phi_{\text{pumppaus}} + \phi_{\text{kuivaus}} \quad (64)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,max}}$ on jään kokonaislämpökuorma maksimikäyttöjaksolla, kW

$\phi_{\text{jää,konv.}}$ on jään konvektioliämpökuorma maksimikäyttöjaksolla, kW

$\phi_{\text{jää,sät.}}$ on jään säteilylämpökuorma maksimikäyttöjaksolla, kW

$\phi_{\text{jää,hoito}}$ on jäänhoidosta aiheutuva jään maksimilämpökuorma, kW

$\phi_{\text{jää,kond.}}$ on ilmasta jäähän kondensoituvan veden maksimilämpökuorma, kW

$\phi_{\text{jää,valaistus}}$ on valaistuksesta aiheutuva jään maksimilämpökuorma, kW

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

$\phi_{\text{jää,kuorma}}$ on lämpökuormista (ihmiset, laitteet) aiheutuva jään maksimilämpökuorma, kW

$\phi_{\text{jää,maa}}$ on maasta johtumalla siirtyvä lämpökuorma maksimikäyttöjaksolla, kW

ϕ_{pumppaus} on kylmäliuoksen pumppauksen lämpökuorma maksimikäyttöjaksolla, kW

ϕ_{kuivaus} on kuivauksen aiheuttama jäähdytystehontarve maksimikäyttöjaksolla, kW.

Konvektion maksimilämpökuormitus

Konvektion maksimilämpökuorma lasketaan käyttöjaksolla kaavalla

$$\phi_{\text{jää,konv.}} = A_{\text{jää}} \alpha_{\text{max,konv.}} (T_S - T_{\text{jää,pinta}}) \quad (65)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,konv.}}$ on jäähän konvektiolla siirtyvä lämpökuorma maksimikäyttöjaksolla, W/m²

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

$\alpha_{\text{max,konv}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin maksimikäyttöjaksolla = 1 W/(m²K)

T_S on hallin ilman lämpötila keskellä hallia maksimikäyttötilanteessa, °C

$T_{\text{jää,pinta}}$ on jään pintalämpötila, °C.

Konvektion lämmönsiirtokerroin on oletettu olevan yhtä suuri kuin normaalissa käyttötilanteessa. Hallin lämpötila sen sijaan saattaa maksimijaksolla olla korkeampi kuin tavoitelämpötila, mikä johtuu suuresta lämpökuormasta. Siksi se on syytä laskea erikseen. Hallin lämpötila saattaa kohota pari astetta maksimikuormitusilanteessa, mikä kasvattaa konvektion lämpökuormaa 20–25 % normaaliin käyttötilanteeseen verrattuna.

Lämpösäteilyn lämpökuormitus

Lämpösäteilyn lämpökuorma lasketaan maksimikäyttöjaksolle kaavalla

$$\phi_{\text{jää,sät.}} = A_{\text{jää}} \alpha_{\text{max,sät.}} (T_S - T_{\text{jää,pinta}}) \quad (66)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,sät.}}$ on jäähän lämpösäteilyllä ympäröivistä pinnoista siirtyvä lämpökuorma maksimikäyttötilanteessa, W/m²

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

$\alpha_{\text{max,sät}}$ on säteilyn lämmönsiirtokerroin maksimikäyttötilanteessa, W/(m²K)

T_S on hallin ilman lämpötila keskellä hallia maksimikäyttötilanteessa, °C

$T_{\text{jää,pinta}}$ on jään pintalämpötila, °C.

Liitteen C taulukoissa on esitetty valmiiksi laskettuja lämmönsiirtokerroimen arvoja maksimikäyttötilanteessa eri hallityypeille, joita soveltamalla säteilyn lämpökuorma voidaan arvioida erityyppisille halleille.

Jäänhoidon lämpökuorma

Jäänhoidon keskimääräinen lämpökuorma maksimikäyttäjaksolla lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää,hoito}} = \frac{V_{\text{jh}} k_{\text{jh}} \rho_v}{3600 \times \Delta t_{\text{kj}}} [c_{p,v} (T_{\text{jh}} - 0) + l_j + c_{p,j} (0 - T_{\text{jää}})] \quad (67)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,hoito}}$ on jäänhoidon keskimääräinen lämpökuorma maksimikäyttäjaksolla, W/m^2

V_{jh} on jäänhoitoon käytettävä vesimäärä ajoa kohti, m^3/ajo

k_{jh} on jäänhoitokertojen määrä maksimikäyttäjaksolla, ajoa

ρ_v on veden tiheys, $1\,000\text{ kg/m}^3$

Δt_{kj} on maksimikäyttäjaksion kesto, h

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m^2

$c_{p,v}$ on veden ominaislämpökapasiteetti, $4\,190\text{ Ws}/(\text{kgK})$

T_{jh} on jäänhoitoon käytettävän veden lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

l_j on jäätyminen faasimuutoslämpö, $334\,000\text{ Ws}/(\text{kgK})$

$c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, $1\,800\text{ Ws}/(\text{kgK})$

$T_{\text{jää}}$ on jään keskilämpötila käyttäjaksolla, $^{\circ}\text{C}$.

Maksimikäyttäjaksotarkastelussa on tarkasteluajanjaksoksi valittava ajateltavissa oleva turnauksen kesto aika (esimerkiksi 12 h).

Ilmasta jäähän kondensoituvan veden maksimilämpökuormitus

Mitoitavalla käyttäjaksolla kondenssin aiheuttama lämpökuorma jäälle lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää,kond.}} = A_{\text{jää}} g_{\text{kond.}} [l_h + l_j + c_{p,j} (0 - T_{\text{jää}})] \quad (68)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,kj,kond.}}$ on kondenssin lämpökuorma maksimikäyttäjaksolla, W/m^2

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m^2

$g_{\text{kj,kond.}}$ on jäähän kondensoituva vesivirta neliötä kohti maksimikäyttäjaksolla, $\text{g}/(\text{sm}^2)$

l_h on vesihöyryn lauhtumisen (höyry \rightarrow vesi) faasimuutoslämpö, $2\,501\,000\text{ Ws}/(\text{kgK})$

l_j on jäätyminen faasimuutoslämpö, $334\,000\text{ Ws}/(\text{kgK})$

$c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, $2\,100\text{ Ws}/(\text{kgK})$

$T_{\text{jää}}$ on jään keskilämpötila käyttäjaksolla, $^{\circ}\text{C}$.

Jäähän kondensoituva vesivirta maksimikäyttäjaksolla voidaan arvioida kaavalla

$$g_{\text{max,kond}} = \frac{\alpha_{\text{max,konv.}}}{c_{p,i}} (x_s - x_{\text{jää}}) \quad (69)$$

jossa

$g_{\text{max,kond}}$ on jäähän kondensoituva vesivirta maksimikäyttäjaksolla, $\text{g}/(\text{sm}^2)$

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

$\alpha_{\max, \text{konv}}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin maksimikäyttöjaksolla (taulukko 10), $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

$c_{p,i}$ on ilman lämpökapasiteetti, $1\,000\ \text{Ws}/(\text{kgK})$

x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, liite E), g/kg

$x_{\text{jää}}$ on jään pintalämpötilaa vastaavan kyläisen tilan vesisisältö (taulukko E2, liite E), g/kg .

Valaistuksen maksimilämpökuormitus

Valaistuksen maksimilämpökuorma jäälle lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää, valaistus}} = 0.42 \cdot P_{\text{max, valaistus}} \quad (70)$$

jossa

$\phi_{\text{jää, valaistus}}$ on valaistuksen keskimääräinen maksimilämpökuorma mitoittavalla käyttöjaksolla, W/m^2

$P_{\text{max, valaistus}}$ on ratavalaisuksen keskimääräinen kokonaissähköteho maksimikäyttöjaksolla, W

0.42 on kerroin, jolla määritellään valaistuksen sähkötehosta se osuus, joka kuormittaa jäätä.

Ihmiset ja muut lämpökuormat

Luistelijoiden lämpökuorma jäähän arvioidaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää, luistelija}} = 0.45 \cdot q_{\text{sät, luistelija}} k_{\text{max, luistelija}} / 1000 \quad (71)$$

jossa

$\phi_{\text{jää, luistelija}}$ on luistelijoiden säteilylämpökuorma jäähän maksimikäyttöjaksolla, kW

$q_{\text{sät, luistelija}}$ on luistelijan säteilylämpökuorma (taulukko 11), $\text{W}/\text{hlö}$

$k_{\text{max, luistelija}}$ on luistelijoiden lukumäärä keskimäärin maksimikäyttöjaksolla, hlö

0.45 on kerroin, jolla otetaan huomioon se osuus säteilylämmöstä, joka kohdistuu jäähän

1 000 on laatumuunnoskerroin $\text{W} \rightarrow \text{kW}$.

Katselijoiden lämpökuorma jäähän harjoitushallissa arvioidaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää, katselija}} = 0.05 \cdot q_{\text{sät, katselija}} k_{\text{max, katselija}} / 1000 \quad (72)$$

jossa

$\phi_{\text{jää, katselija}}$ on katselijoiden säteilylämpökuorma jäähän maksimikäyttöjaksolla, kW

$q_{\text{sät, katselija}}$ on katselijan säteilylämpökuorma (taulukko 11), $\text{W}/\text{hlö}$

$k_{\text{max, katselija}}$ on katselijoiden lukumäärä keskimäärin maksimikäyttöjaksolla, hlö

0.05 on kerroin, jolla otetaan huomioon se osuus säteilylämmöstä, joka kohdistuu jäähän

1 000 on laatumuunnoskerroin $\text{W} \rightarrow \text{kW}$.

Harjoitusjäähallissa voidaan muut lämpökuormat (näyttötäulu ym.) olettaa merkityksettömän pieniksi jään lämpökuormituksen kannalta.

Maan lämpökuorma

Laskennassa maan lämpökuorma lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää,maa}} = A_{\text{jää}} \cdot q_{\text{maa}} / 1000 \quad (73)$$

jossa

$\phi_{\text{jää,maa}}$ on maasta johtuvan lämmön aiheuttama lämpökuorma, W/m²

$A_{\text{jää}}$ on jääradan pinta-ala, m²

q_{maa} on maahan johtumislämpövirta = 5 W/m²

1 000 on laatumuunnoskerroin W → kW.

Kylmäliuospumpun lämpökuorma

Pumppauksen lämpökuorma jäähdytyslaitteistolle riippuu monesta yksityiskohdasta: laitteiston komponenttien mitoituksesta, käytetystä kylmäliuoksesta, valitusta pumpusta ja säätötavasta. Ilman tarkentavia laskelmia pumppauksen lämpökuorma arvioidaan kaavalla

$$\phi_{\text{pumppaus}} = A_{\text{jää}} q_{\text{pumppaus}} / 1000 \quad (74)$$

jossa

ϕ_{pumppaus} on kylmäliuospumpun lämpökuorma maksimikäyttöjakson aikana, kW

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m²

q_{pumppaus} on kylmäliuoksen pumppauksen aiheuttama lämpökuorma maksimikäyttöjaksolla = 6 W/m²

1 000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowateiksi.

Lämpöhäviöt

Laitteiston lämpöhäviöiden lämpökuorma riippuu monesta yksityiskohdasta: putkien ja putkieristysten mitoituksesta, kylmäliuoksen lämpötilatasosta ja ympäristön lämpötilasta. Ilman tarkentavia laskelmia lämpöhäviöiksi arvioidaan 2 % mitoitusjäähdytystehosta.

$$\phi_{\text{häviöt}} = 0.02 \times \phi_{\text{jää,max}} \quad (75)$$

jossa

$\phi_{\text{häviöt}}$ on jäähdytysjärjestelmän lämpöhäviöt jään teon aikana, kW

0.02 on kerroin, jolla arvioidaan lämpöhäviöosuus, -

$\phi_{\text{jää,max}}$ on jäähdytysteho maksimikäyttöjaksolla, kW.

Ilmankuivaus

Jos hallin ilmankuivaus on toteutettu kondensoivalla kuivaimella, joka on liitetty radan kylmäkoneistoon, on myös ilmankuivauksen jäähdytyskuorma laskettava mitoitustehoon mukaan. Turnaustilanteessa, joka useimmiten on harjoitushallin maksimikäyttötilanne, halli on pelaajien lisäksi täynnä kat-

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

sojia. Tällöin hallin ilmanvaihto ja vuotoilmanvaihto ovat suurimmillaan aiheuttaen halliin suuren kosteuskuormituksen. Tällöin myös hallin kuivausjärjestelmä joutuu lujille.

Kuivaimella poistettava vesivirta maksimikäyttöjaksolla lasketaan kaavalla

$$G_{\text{kuivaus,max}} = G_{iv} + G_{\text{vuoto}} + G_{\text{henkilö}} - G_{\text{jää}} \quad (76)$$

jossa

$G_{\text{kuivaus,max}}$ on kuivaimella poistettava vesivirta maksimikäyttöjaksolla, g/s

G_{iv} on ulkoilmavirran kosteuskuorma maksimikäyttöjaksolla, g/s

G_{vuoto} on vuotoilman kosteuskuorma maksimikäyttöjaksolla, g/s

$G_{\text{henkilö}}$ on ihmisten kosteuskuorma maksimikäyttöjaksolla, g/s

$G_{\text{jää}}$ on jäähän kondensoituva vesivirta maksimikäyttöjaksolla, g/s.

Ulkoilmavirran kosteuskuorma maksimijaksolla

Ilmanvaihdon ulkoilmavirran mukana tuleva kosteuskuorma käyttöjaksolle lasketaan kaavalla

$$G_{iv} = q_{iv} \rho_i (x_T - x_S) \quad (77)$$

jossa

G_{iv} on ulkoilmavirran kosteuskuorma maksimikäyttöjaksolla, g/s

q_{iv} on ulkoilmavirta maksimikäyttöjaksolla, m³/s

ρ_i on ulkoilman tiheys, 1,2 kg/m³

x_T on ulkoilmavirran vesisisältö maksimikäyttöjaksolla, g/kg

x_S on hallin sisäilman vesisisältö maksimikäyttötilanteessa (taulukko E1, liite E), g/kg.

Ulkoilmavirtana käytetään joko ulkoilmavirtaa tai jäteilmavirtaa. Ilmavirtana käytetään aina suurempaa kyseisistä virtauksista.

Jos ulkoilmaa ei erikseen kuivata, ulkoilmavirran vesisisältö on sama kuin ulkoilman vesisisältö ($x_T = x_U$). Ulkoilman vesisisältö maksimikäyttötilanteessa saadaan ilmastovyöhykkeen mukaan liitteen A taulukosta. Hallin sisäilman vesisisältö saadaan hallin ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan liitteen E taulukosta (taulukko E1). Jos taas ulkoilmavirtaa kuivataan, sen vesisisältö on arvioitava. Kondensoivan (jäähdytyspatteri) kuivaimen yhteydessä ulkoilmavirran vesisisältö voidaan arvioida luvussa 6.4.5 esitetyllä tavalla. Jos taas tiedetään kuivaimen kuivausominaisuudet eri ulkoilmaolosuhteissa, vesisisältö voidaan laskea vähentämällä ulkoilman vesisisällöstä kuivaimella poistettava vesi kaavalla

$$x_T = x_U - \frac{G_{\text{kuivain}}}{q_{iv} \rho_i} \quad (78)$$

jossa

x_T on ulkoilmavirran vesisisältö kuivaimen jälkeen maksimikäyttöjaksolla, g/kg

x_U on ulkoilman vesisisältö, g/kg

G_{kuivain} on kuivaimella poistettava vesi maksimikäyttöjaksolla, g/s

q_{iv} on ulkoilmavirta maksimikäyttöjaksolla, m^3/s

ρ_i on ulkoilman tiheys, $1,2 \text{ kg}/m^3$.

Ulkoilman vesisisältö kuivainpatterin jälkeen voi olla alle hallin vesisisällön, jolloin ulkoilma kuivaa hallin ilmaa (kosteuskuorma on tällöin negatiivinen).

Vuotoilmavirran kosteuskuorma

Vuotoilman kosteuskuormitus lasketaan kaavalla

$$G_{vuoto} = q_{V, vuotoilma} \rho_i (x_U - x_S) \quad (79)$$

jossa

G_{vuoto} on vuotoilman kosteusvirta maksimikäyttötilanteessa, g/s

$q_{V, vuotoilma}$ on vuotoilmavirta maksimikäyttötilanteessa, m^3/s

ρ_i on ulkoilman tiheys, $1,2 \text{ kg}/m^3$

x_U on ulkoilman vesisisältö (liite A), g/kg

x_S on hallin sisäilman vesisisältö maksimikäyttötilanteessa (taulukko E1, liite E), g/kg .

Henkilöiden kosteuskuorma sekä muut kosteuskuormat

Ihmistä hengitysilman mukana syntyvä kosteus, $G_{henkilö}$, on esitetty aiemmin taulukossa 11. Jäänhoidossa syntyvät kosteuskuormat (polttomoottorin kosteus päästöt ja jäänhoitovedestä haihtuminen) oletetaan merkityksettömän pieniksi.

Jäähän kondensoituva vesivirta

Jäähän kondensoituva vesivirta maksimikäyttötilanteessa voidaan arvioida kaavalla

$$G_{jää} = \frac{A_{jää} \alpha_{konv., jää}}{c_{p,i}} (x_S - x_{jää}) \quad (80)$$

jossa

$G_{jää}$ on jäähän kondensoituva vesivirta maksimikäyttöjaksolla, g/s

$A_{jää}$ on jään pinta-ala, m^2

$\alpha_{konv., jää}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin maksimikäyttöjaksolla = $1 \text{ W}/(m^2K)$

$c_{p,i}$ on ilman lämpökapasiteetti, $1 \text{ 000 Ws}/(kgK)$

x_S on hallin sisäilman vesisisältö (taulukko E1, liite E), g/kg

$x_{jää}$ on jään pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan vesisisältö (taulukko E2, liite E), g/kg .

Hallin ilman vesisisältö saadaan hallin sisäilman tavoitelämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan taulukosta E1 (liite E). Samoin jään pintalämpötilaa vastaavat kylläisen tilan vesisisällöt löytyvät taulukosta E2 (liite E).

6. Kylmäkoneiston tavoitearvojen määrittäminen

Kondensoivan kuivainpatterin ilmavirta ja jäähdytystehontarve

Kun kuivaimella poistettava vesivirta ($G_{\text{kuivaus,max}}$) on tiedossa, voidaan arvioida, kuinka suuri ilmavirta kondensoivan patterin kautta tarvitaan kyseisen vesimäärän poistamiseen ilmasta maksimikäyttöjaksolla. Tarvittava ilmavirta lasketaan kaavalla

$$q_{i,\text{kuivain,max}} = \frac{G_{\text{kuivain,max}}}{\rho_i (1 - \eta_{\text{ok,kuivain}}) (x_1 - x_p)} \quad (81)$$

jossa

$q_{i,\text{kuivain,max}}$ on kondensoivan kuivaimen maksimikäyttöjaksen ilmavirta, m^3/s

$G_{\text{kuivain,max}}$ on kuivaimella poistettava vesivirta maksimikäyttöjaksolla, g/s

ρ_i on ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$

$\eta_{\text{ok,kuivain}}$ on kuivainpatterin ohituskerroin, -

x_1 on ilman vesisisältö ennen kuivainpatteria, g/kg

x_p on kuivainpatterin keskimääräistä pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan vesisisältö, g/kg .

Jäähdytyspatterin ohituskerroin (hyötysuhde) ottaa huomioon sen, että aina osa ilmavirrasta niin sanottu ohittaa kylmän pinnan. Patterin jälkeisen ilman tila on kylläisen ilman ja ohitse menneen ilman sekoitus. Jos patterin ohituskerroin ei ole tiedossa, voidaan arviolaskelmissa käyttää lukuarvoa 0,2.

Kuivauksessa tarvittava jäähdytysteho saadaan kaavalla

$$\phi_{\text{kuivaus}} = q_{i,\text{kuivain,max}} \rho_i (1 - \eta_{\text{ok,kuivain}}) (h_1 - h_p) + \phi_{\text{jää}} \quad (82)$$

jossa

ϕ_{kuivaus} on kondensoivan kuivaimen aiheuttama jäähdytystehontarve, kW

$q_{i,\text{kuivain}}$ on kondensoivan kuivaimen ilmavirta, m^3/s

ρ_i on ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$

$\eta_{\text{ok,kuivain}}$ on kuivainpatterin ohituskerroin, -

h_1 on ilman entalpia ennen kuivainpatteria, kWs/kg

h_p on kuivainpatterin pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan entalpia, kWs/kg

$\phi_{\text{jää}}$ on patterille kondensoituvan veden jäätyksen aiheuttama tehontarve, kW .

Jos kuivainpatterin pintalämpötila on $T_p > 0 \text{ }^\circ\text{C}$, niin $\phi_{\text{jää}} = 0$ Kaavassa (47), muussa tapauksessa kondenssiveden jäätyksen aiheuttama tehontarve lasketaan kaavalla

$$\phi_{\text{jää}} = G_{\text{kuivain}} (l_j + c_{p,j} (0^\circ\text{C} - T_p)) / 1000 \quad 83$$

jossa

$\phi_{\text{jää}}$ on kuivaimen kondensoituvan veden jäätyksestä aiheutuva jäähdytystehontarve maksimikäyttötilanteessa, kW

$G_{\text{kuivain,max}}$ on kuivaimella poistettava vesivirta maksimikäyttötilanteessa, g/s

l_j on veden sulamislämpö, 334 kWs/kg

$c_{p,j}$ on jään ominaislämpökapasiteetti, $2,1 \text{ kWs/(kgK)}$

T_p on kuivainpatterin pintalämpötila, $^\circ\text{C}$

1 000 on laatumuunnoskerroin ($\text{g/s} \rightarrow \text{kg/s}$).

Ilman vesisisältö kuivainpatterin jälkeen saadaan kaavalla

$$x_2 = x_p + \eta_{ok,kuivain} (x_1 - x_p) \quad (84)$$

jossa

x_2 on ilman vesisisältö kuivainpatterin jälkeen, g/kg

x_p on kuivainpatterin keskimääräistä pintalämpötilaa vastaavan kylläisen ilman vesisisältö, g/kg

$\eta_{ok,kuivain}$ on kuivainpatterin ohituskerroin, -

x_1 on ilman vesisisältö ennen kuivainpatteria, g/kg.

Ilman lämpötilan likiarvo kuivainpatterin jälkeen saadaan kaavalla

$$T_2 = T_p + \eta_{ok,kuivain} (T_1 - T_p) \quad (85)$$

jossa

T_2 on ilman lämpötila kuivainpatterin jälkeen, °C

T_p on kuivainpatterin keskimääräinen pintalämpötila, °C

$\eta_{ok,kuivain}$ on kuivainpatterin ohituskerroin, -

T_1 on ilman lämpötila ennen kuivainpatteria, °C.

Maksimikäyttötilanteessa hallin lämpökuormitus on oletettavasti niin suuri, että kuivaimen jälkeen tu-
loilmaa tuskin tarvitsee lämmittää hallin lämpötilaan, vaan se voidaan puhaltaa halliin alilämpöisenä.

7. Elinkaarikustannukset ja tarjousten vertailu

Elinkaarikustannuksia käytetään arvioitaessa eri tarjouksia, kun urakoitsijoille on annettu mahdollisuus hyödyntää omaa osaamistaan suunnittelussa. Tällöin tarjoukset ja suunnitteluratkaisujen käyttö- ja ylläpitokustannukset tehdään vertailukelpoisiksi keskenään elinkaarilaskennalla. Elinkaarilaskennalla pyritään varmistumaan hankkeiden vertailukelpoisuudesta ja sisällön yhdenmukaisuudesta sekä siitä, että myös laadulliset tekijät ja hankkeeseen liittyvät riskit tulevat huomioituiksi päätöksenteossa. Tarjouspyynnössä ilmaistut valintaperusteet ja mahdolliset painoarvot tulee ottaa huomioon myös laskelmissa ja laskentamalleissa.

Urakoitsijoille ja suunnittelijoille elinkaarikustannusinformaatio antaa mahdollisuuden tarjota hankintakustannuksiltaan muitakin kuin hankintahinnaltaan halvimpia vaihtoehtoja. Urakoitsijat eivät enää mieti pelkästään investointikustannuksia vaan katsovat koko elinkaaren kustannuksia. Toteutusvaiheessa elinkaarikustannuksien ymmärtäminen motivoi laadukkaampaan laitteiden asentamiseen ja vireyteen. Käyttäjille elinkaarikustannuksien oivaltaminen luo perustan jatkuvalla järjestelmän ja prosessien kehittämiselle. Laadukkaalla huollolla ja kunnossapidolla sekä järjestelmän säätöjen ja prosessien parantamisella saavutetaan pienemmät käyttökustannukset.

Vaihtoehtoisten ratkaisujen arvioinnissa on keskeistä pyrkiä hahmottamaan kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat tekijät kohteen elinkaaren eri vaiheissa. Kohteen pitkä elinkaari sekä sen eri vaiheisiin liittyvä epävarmuus tekevät tästä tehtävästä usein varsin haasteellisen. Kokonaistaloudellisuudessa onkin kysymys monikriteerisestä valinnasta ja arvioinnista. Kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat myös laadulliset seikat, joita on toisinaan vaikea mitata ja arvottaa. Numeerisesti mitattavien parametrien lisäksi myös eroja laadullisissa tekijöissä hankintavaihtoehtojen välillä tulee pyrkiä analysoimaan ja kirjaamaan ainakin sanallisesti.

Elinkaarikustannuksissa huomioidaan kaikki mahdolliset hankkeen kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat tekijät, sekä määrälliset että laadulliset. Elinkaarikustannuslaskelma on siis apuväline tarjousten väliseen vertailuun ja niiden yhdenmukaisuuden arviointiin. Vertailu

- toimii päätöksenteon apuvälineenä
- kiinnittää huomion lopputulosten määrittelyyn, riskien allokointiin sekä hankkeen kokonaisvaltaiseen kustannusanalyysiin
- konkretisoi elinkaaritoteutuksen tuoman mahdollisen lisäarvon
- osoittaa eri ratkaisujen tehokkuuserot sekä niiden lähteet ja syyt.

7. Elinkaarikustannukset ja tarjousten vertailu

Tarjousten vertailun edellytyksenä on, että tarjoajia on pyydetty antamaan laskentaa varten oleelliset tiedot tarjouksestaan. Tällaisia tietoja ovat suunnitteluratkaisun käyttöikä, lämpö- ja sähköenergian vuotuinen kulutus sekä kustannustiedot. Kaikki nämä tiedot arvioidaan koko laskentaperiodin ajalta ja kirjataan laskentataulukkoon.

Tarjouksia vertailtaessa tulee varmistua myös siitä, että riskien allokointi on tehty samalla lailla kuin tarjouspyynnössä ja muissa tarjouksissa. Samoin tarjouksia verrattaessa tulee varmistua siitä, että ne perustuvat samanlaisiin oletuksiin. Tarvittaessa tarjouksia voidaan joutua standardoimaan näiden oletusten osalta.

Laadulliset tekijät tulee ottaa huomioon tarjouksia arvioitaessa. Ne pyritään mahdollisuuksien mukaan sisällyttämään laskennallisiin kustannuksiin, tuottoihin ja riskeihin, mutta aina tämä ei onnistu. Laadulliset tekijät voidaan listata esimerkiksi +/- -matriisiin sen mukaisesti, onko niiden vaikutus positiivinen vai negatiivinen. Laadullisten tekijöiden arvioinnissa voidaan hyödyntää myös erilaisia sanallisia luokituksia, kouluarvosanoja tai muita mahdollisimman yksiselitteisiä kriteerejä, mikäli tekijöiden vaikutuksia kassavirtoihin on mahdoton tai hyvin vaikea määritellä. Laadullisten tekijöiden merkitys korostuu erityisesti silloin, kun tarjousten kesken ei ole merkittäviä kustannuseroja. Mikäli päätöksenteko perustuu osin laadullisille tekijöille, tulee nämä tekijät ja niiden vaikutus dokumentoida tarkasti.

Elinkaarikustannuslaskenta perustuu hankkeesta aiheutuvien kassavirtojen nykyarvon laskentaan koko sopimuskaudelta. Kustannuserien lisäksi elinkaarikustannuslaskelmia varten on määritettävä tarkasteluajanjakso ja diskonttauskorko. Analysoitava ajanjakso on määriteltävä aina tapauskohtaisesti. Se voi olla järjestelmän tai komponentin elinikä tai esimerkiksi käyttäjän määrittelemä leasingsopimusjakso. Diskonttauskorko voi olla sidoksissa hanketta varten lainattuun rahaan. Laskentaa varten on myös määritettävä käytettävän energian hinta.

7. Elinkaarikustannukset ja tarjousten vertailu

Taulukko 14. Esimerkki elinkaaritarjousten vertailutaulukosta (lähde: CubeCost projekti).

	Laatija:	Paikka- kunta:	Kustannus- taso:			
Kohde:						
Elinkaari:	20 v.	20 v.	20 v.	5 v.	5 v.	5 v.
	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3
TOIMIVUUS						
Käyttöikä (v)						
Sähköenergia (MWh/a) - kompressori - iuospumppu - lauhdepiirin pumput ja puhaltimet - muu sähkö						
Lauhdelämpö (MWh/a)						
Kuivausenergia (MWh/a)						
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET (Nykyarvo 1 000 €)						
Hankintakustannus						
Uusimiskustannus						
Huoltokustannus						
Kunnossapitokustannus						
Lämpöenergiakustannus (x €/MWh)						
Sähköenergiakustannus (x €/MWh)						
Muu kustannus						
Jäännösarvo						
Elinkaarikustannus LCC						
EDULLISUUS						
Energiankulutusindeksi (30 %)						
Hankintakustannusindeksi (20 %)						
Elinkaarikustannusindeksi (50 %)						
Kokonaisedullisuus						
Hankintaherkkyys						
- rahoitustarve 50 %/15 v./korko %						
- tuottovaatimus 5 %						
Käyttöherkkyys						
- energian reaalihinnan nousu +20 % / 20 v.						
- kunnossapitokustannus +50 % / 20 v.						

Elinkaarikustannukset koostuvat investointikustannuksista, vuosittaisista huoltokustannuksista, uusimiskustannuksista, energiakustannuksista, jäännösarvosta ja hävityskustannuksista. Elinkaarikustannukset lasketaan nykyarvona eri kustannuserien summana seuraavasti

$$LCC = KI + KH + KE + KU + KP - JA \quad (86)$$

jossa

LCC on	elinkaarikustannusten nykyarvo
KI	investointikustannusten nykyarvo
KH	vuosittaisten huoltokustannusten nykyarvo
KE	vuosittaisten energiakustannusten nykyarvo
KU	uusimiskustannusten nykyarvo
KP	purkukustannusten nykyarvo
JA	jäännösarvon nykyarvo.

Kun vuosittaiset suoritukset voidaan olettaa yhtä suuriksi, saadaan niiden nykyarvo kertomalla vuosittain vakiona pysyvä suoritus jaksollisten suoritusten nykyarvotekijällä d_{nr} . Kiinteiden vuosittaisten huoltokustannusten nykyarvo (KH, KE) lasketaan tällöin kaavalla

$$KH = KHV * d_h \quad (87)$$

jossa

KHV on vuosittainen vakiohuoltokustannus
 d_h on nykyarvotekijä.

Nykyarvotekijä, d_h , ottaa huomioon vuosittaiset huoltomaksut koko tarkastelujaksolta. Se saadaan joko taulukosta (liite A) tai lasketaan kaavalla

$$d_h = \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \quad (88)$$

jossa

r on reaalin korko (nimellinen korko – inflaatio)
 n on tarkastelujakso vuosina.

Energiakustannukset voidaan laskea samalla tavalla kuin vuosittaiset huoltokustannuksetkin (kaava 3), jos oletetaan, että energian hinta muuttuu samassa suhteessa huoltokustannusten kanssa. Jos halutaan ottaa huomioon energian hinnan yleistä inflaatiota nopeampi hinnan muutos (ns. eskalaatio), voidaan se ottaa huomioon nykyarvotekijässä kaavalla

$$d_h = \frac{1 - \left(\frac{1+e}{1+r}\right)^n}{\frac{1+r}{1+e} - 1} \quad (89)$$

jossa

r on reaalin korkokanta

7. Elinkaarikustannukset ja tarjousten vertailu

e on eskalaatio

n on elinkaarikustannusten laskentajakso vuosina.

Korjauskustannukset, jotka eivät ole samansuuruisia eri vuosina (KU), lasketaan kaavalla

$$KU = KUV * d_u \quad (90)$$

jossa

KUV on korjauskustannus tietyinä vuotena

d_u on vuosittain vaihtuvan kustannuserän diskonttauskerroin.

Vuosittain vaihtuvan kustannuserän diskonttauskerroin, d_u , saadaan liitteen A taulukosta A4 tai lasketaan kaavalla

$$d_u = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (91)$$

jossa

r on korko

n vuosi, jolloin korjauskustannus syntyy.

Korkokanta: Laskennassa käytetään useimmiten reaalista korkokantaa, joka on hyvällä tarkkuudella nimelliskorkokannan (esim. pankin myöntämän lainan korko) ja inflaatio-odotuksen erotus ($r = r_n - i$). Tarkasti ottaen reaalikorko lasketaan kaavalla

$$r = \frac{r_n - i}{1 + \frac{i}{100}} \quad (92)$$

jossa

r on reaalikorko

r_n on nimelliskorkoprosentti

i on inflaatio prosentteina.

Jäännösarvo voidaan arvioida hankintahinnan ja tarkastelujakson päättyessä jäljellä olevan käyttöiän perusteella:

$$JA = KI \frac{\text{jäljellä oleva käyttöikä}}{\text{koko käyttöikä}} \quad (93)$$

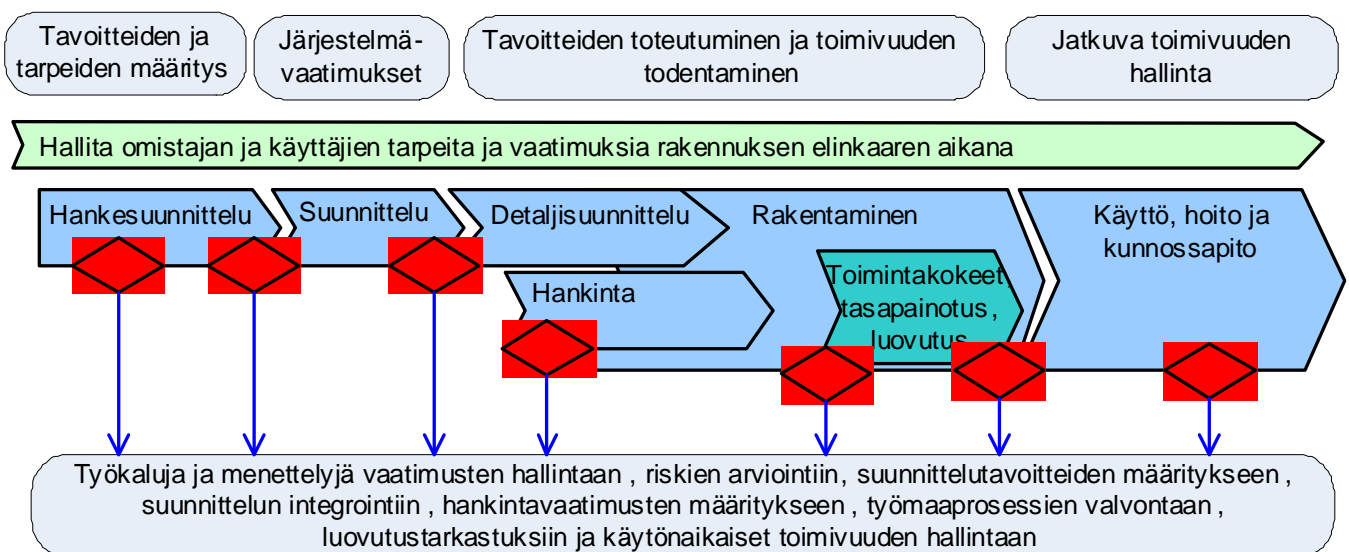
Muita kustannuksia voivat olla esimerkiksi rahoituskustannukset ja riskikustannukset. Rahoituskustannukset muodostuvat lainarahoituksen korkokustannuksista ja riskikustannukset ennakoimattomista vaurioista aiheutuvista kustannuksista. Riskikustannuksia voidaan sisällyttää myös esimerkiksi huoltokustannuksiin.

8. Toimivuuden varmistaminen

Rakennuksen elinkaaren aikaisella toimivuuden varmistamisella tarkoitetaan systemaattista prosessia, jolla taataan, että uudet rakennukset ja niiden järjestelmien toiminta täyttävät omistajan odotukset ja käyttäjien tarpeet ja että olemassa olevat rakennukset toimivat oikein ja että niitä huolletaan ja ylläpidetään omistajan odotusten ja käyttäjien tarpeiden mukaisesti.

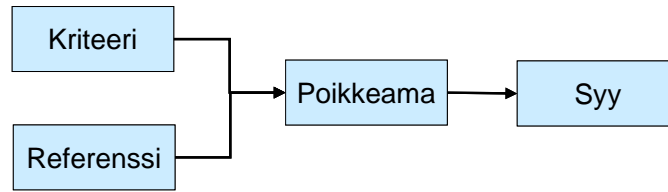
Toimivuuden varmistamista (ns. ToVa-toimintaa) on tehtävä systemaattisesti ja kokonaisvaltaisesti rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa (kuva 15) hyödyntäen eri teknologioiden luomia mahdollisuuksia. Rakennuksen, järjestelmän tai laitteen toimivuuden varmistaminen etenee seuraavasti:

1. Määritellään toimivuuden varmistamisen kriteerit (esim. energiankulutukset, suoritusarvot jne.).
2. Määritellään kriteereille referenssiarvot ja sallitut poikkeamat.
3. Verrataan toteutuneita kriteereitä referensseihin (kuva 16).
4. Jos toteutunut kriteeri poikkeaa liikaa referenssiarvosta,
 - a. paikannetaan ja poistetaan poikkeamaan johtanut vika, toimintahäiriö tms.
 - b. mutta jos järjestelmä varmuudella toimii silti oikein, referenssiarvoa päivitetään.



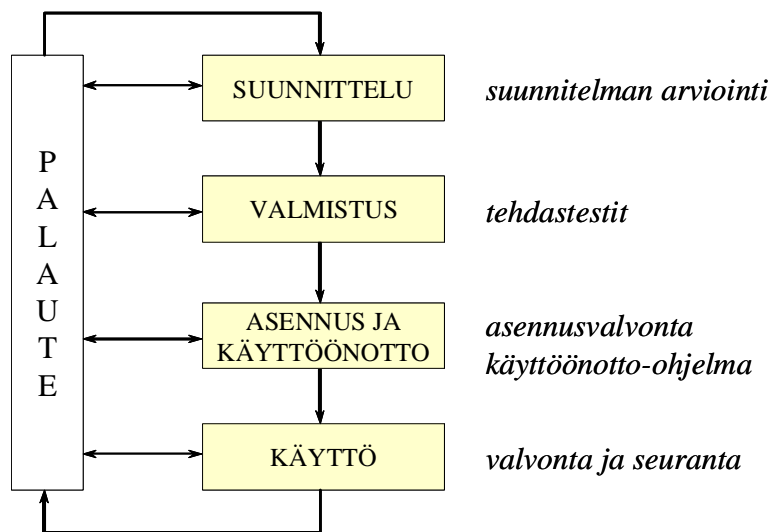
Kuva 15. Rakennuksen elinkaaren aikainen toimivuuden varmistamisprosessi.

8. Toimivuuden varmistaminen



Kuva 16. ToVa-periaate.

Jäähallien jääkoneistojen toimintaan vaikuttavat monet suunnittelun, valmistuksen, asennuksen ja käytön aikaiset ratkaisut. Tuotteen ToVa-kriteerit määritetään eri elinkaarivaiheissa, jotta niiden toteutusta voidaan seurata vaiheittain. Kuva 17 esittää, miten elinkaarivaiheet ja toimivuuden varmistamisen seuranta kytkeytyvät toisiinsa tuotteen tai järjestelmän eri elinkaarivaiheissa (Kärki & Karjalainen 1999). Tuotteen elinkaarivaiheista saadaan palautetta, jota voidaan hyödyntää vastaavan tuotteen seuraavan sukupolven toteutuksessa. Kaikkiin elinkaarivaiheisiin liittyy niille ominaisia menetelmiä, joilla toimivuuden tai suorituskykytekijöiden toteutumista voidaan seurata ja järjestelmän oikea toiminta varmentaa ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä.



Kuva 17. Kylmälaitteiston elinkaari ja toimivuuden varmistamisen seuranta eri vaiheissa (Kärki & Karjalainen 1999).

Useimmiten keskeisimmät toimivuuden varmistamisen kriteerit liittyvät energiankulutuksiin ja toteutuneisiin olosuhteisiin. Valituille ToVa-kriteereille on määritettävä referenssiarvot, joihin toimintaa verrataan. Referenssien määrittäminen alkaa jo elinkaaren alkuvaiheissa, jolloin referensseinä toimivat järjestelmän tavoitearvot (esim. energiankulutukselle), mitoitusarvot tms. Referenssiarvoja tarvittaessa päivitetään elinkaaren myöhemmissä vaiheissa. Esimerkiksi käyttöön- ja vastaanottokokeissa saadaan uudet suoritusarvot. Referenssejä voidaan joutua päivittämään myös käyttövaiheissa, jos aikaisemmin määritetyt arvot ovat selvästi virheelliset tai jos toimintaolosuhteissa tapahtuu oleellisia muutoksia.

Pietiläinen et al. (2007) ovat laatineet ToVa-käsikirjan, jossa on kuvattu toimivuuden varmistamisen systematiikka ja menettelyt rakennuksen koko elinkaari huomioon ottaen. Vastaavia periaatteita voidaan hyödyntää myös jäähallien kylmälaitteistojen elinkaaren aikaisessa toimivuuden varmistamisessa. Oleellista siis on, että kylmälaitteistolle määritellään toimivuuden varmistamiseen vaikuttavat oleelliset tekijät ja niille vaatimukset, joita hyödynnetään elinkaaren eri vaiheissa. Tulevan kylmälaitteiston toimivuuden varmistamiseen on siis varauduttava jo korjaushankkeen tavoitteiden ja tarpeiden määrittämisessä ja toimivuuden varmistamista on jatkettava aina laitteiston elinkaaren loppuun asti.

8.1 Kylmälaitteiston ToVa-kriteerit

Jäähallin kylmälaitteisto koostuu seuraavista osista: kylmäkoneisto kompressoreineen, siirtoputkisto, rata-alueen putkisto ja vaadittavat apulaitteet. Jäähdytystekniikkaan liittyy useita standardeja (liite G). Niissä asetetaan vaatimuksia kylmäkoneistoille ja jäähdytysjärjestelmille sekä esitetään testausmenetelmiä.

8.1.1 Energia ja ympäristö

Energiatehokkuus

Rakentamismääräyskokoelman osa D3 (Ympäristöministeriö 2008a) määrää energiatehokkuudesta seuraavasti: ”Rakennus ja siihen kiinteästi liittyvät laitteet suunnitellaan ja rakennetaan siten, että tarpeetonta energiankäyttöä ja energiahäviötä rajoitetaan hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi.” Lisäksi samassa asetuksessa määrätään: ”Valaistuksen, kylmälaitteiden ja muiden sähkölaitteiden tuottama lämpö hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan rakennuksen lämmityksessä.”

Kylmälaitteiston energianhallinnan keskeisiä tekijöitä ovat

- asetusarvojen valinta
- lauhde-energian optimikäyttö
- prosessien energiataloudellinen ohjaus.

Energiankulutus

Ympäristöministeriön (2008a) vuoden 2010 alusta voimaan astuva asetus Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määrää seuraavasti: ”Rakennuksen energiankulutus ja ostoenergiankulutus on laskettava.” Rakennuksen energiankulutuksen vertailuarvoina voidaan käyttää laskennallisin menetelmin saatuja arvoja (Ympäristöministeriö 2007) tai vertailuarvoja toteutuneista rakennuksista. Ominaisenergiankulutus (kWh/r-m^3) kertoo rakennuksen energiankulutuksen rakennuskuutiota kohti. Vertailu tilastollisiin arvoihin ei ole kuitenkaan aina suositeltavaa, sillä kyseisen rakennuksen ominaispiirteet eivät tule tällöin huomioiduiksi (Kärki & Karjalainen 1999).

Kylmälaitteiston energiankulutus

Tarkasteltavan kylmälaitteiston tehontarve (Opetusministeriö 2007) riippuu muun muassa jään ylläpidosta ja hoidosta (erityisesti jään tekemisestä), maan lämpökuormasta, kylmäliuoksen pumppauksen

8. Toimivuuden varmistaminen

lämpökuormasta, jäähdytysputkiston rata-alueen ulkopuolisesta lämpökuormasta, jään käyttäjien lämpökuormasta, kenttäalueen ilmastosta (lämpötila ja suhteellinen kosteus), hallin vaipan lämpösäteilystä ja valaistuksen lämpösäteilystä.

Kylmälaitteiston energiankulutuksen ensimmäinen vertailuarvo saadaan järjestelmäsuunnittelusta. Energiankulutuksen vertailuarvoja voidaan tuottaa myös laskennallisesti simuloimalla. Lisäksi simuloimalla voidaan selvittää esimerkiksi asetuserojen valinnan tai säätö- ja ohjaustapojen vaikutusta energiankulutukseen.

Toteutunutta energiankulutusta tulee seurata määrävälein, esimerkiksi kuukausittain. Tunneittain tehtävän seurannan myötä on mahdollista siirtyä kulutusseurannasta energiatehokkuuden seurantaan (LVI 014-10379).

Kompressorien energiankulutus

Kompressorien vaatima ostoenergia on keskeinen ToVa-kriteeri.

8.1.2 Sisäympäristö ja olosuhteet

Jään lämpötila

Jään lämpötila sallittuine vaihteluväleineen on tärkeä jäähallin kylmälaitteiston toimivuuskriteeri. Jään korkea pintalämpötila ja ohut paksuus parantavat jäähallin energiataloutta.

Hallin lämpötila

Rakentamismääräyskokoelman osa D2 (Ympäristöministeriö 2008b) määrää lämpöoloista seuraavasti: ”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti.” Jäähalleille ei ole määritelty ilman lämpötilan ohjearvoa.

Jos jääkoneistojen korjauspalveluun liittyy vastuu myös koko jäähallin olosuhteista, hallin sisälämpötilaa tulee ehdottomasti seurata. Silloin hallissa katsomossa olevan ilman lämpötilalle on määritettävä sallittu minimilämpötila.

Ilman suhteellinen kosteus

Rakentamismääräyskokoelman osa D2 (Ympäristöministeriö 2008b) määrää sisäilman kosteudesta seuraavasti: ”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilman kosteus pysyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa.” Ilman suhteellisen kosteuden sallittu vaihteluväli on määritettävä suunnittelun aikana, jos koko jäähallin olosuhteista otetaan vastuu korjauspalvelussa.

8.1.3 Palvelukyky ja toimivuus

Käyttövarmuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan sitä, kuinka suuren osan ajasta järjestelmä on käytettävissä suhteessa siihen aikaan, jonka järjestelmä on esimerkiksi vikaantumisen tai huollon takia poissa käytöstä (Lyytikäinen 1987). Käyttövarmuus jakaantuu toimintavarmuuteen, huollettavuuteen ja huoltovarmuuteen (LVI 70-40013). Toimintavarmuus ilmaisee, kuinka kauan järjestelmä toimii ilman vikoja. Toimintavarmuutta kuvataan esimerkiksi keskimääräisellä vikaantumisvälillä. Huollettavuus ja huoltovarmuus yhdessä määrittelevät sen ajan, jonka kuluessa järjestelmä saadaan vikaantumisen jälkeen käyttökuntoon. Huollettavuuden kriteerejä ovat muun muassa keskimääräinen aktiivinen korjausaika, tarkastusten välit ja tarvittava huoltotyömäärä käyttötuntia kohti. Huollettavuuteen vaikuttavat järjestelmän ja sen osien rakenne, luoksepäästävyys ja huoltotilat. Huoltovarmuus kuvaa huolto-organisaation kykyä järjestää edellytykset huoltoon varten. Siihen vaikuttavat muun muassa varaosavarasto, henkilöresurssit, huolto-ohjeet ja henkilökunnan osaaminen.

Säätötekniinen toiminta

Ympäristöministeriön (2008a) vuoden 2010 alusta voimaan astunut asetus Rakentamismääräyskoelman osassa D3 määrää seuraavasti: ”Lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien säätö on suunniteltava ja toteutettava siten, että ne ylläpitävät rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämän sisäilmaston energiatehokkaasti sekä huippu- että osatehoilla.” Samassa asetuksessa määrätään lisäksi: ”Pumput ja puhaltimet varustetaan tarpeen mukaan pyörimisnopeussäädöllä.”

Standardi SFS 5768 määrittelee säätötekniisen minimitason ilmastointijärjestelmille. Standardissa on esitetty vaatimuksia käynnistystilanteelle, käyntiajalle ja asetusarvon muutostilanteille. Kylmäkoneiston säädölle ei ole olemassa säätötekniisen toiminnan kriteerejä, mutta asettumisajoille, sallituille poikkeamille ja värähtelemättömyydelle voidaan asettaa järjestelmäkohtaisia vaatimuksia.

8.1.4 Käyttökustannukset

Käyttökustannuksille voidaan asettaa joku vuosittain päivitettävä tavoitearvo. Esimerkiksi lauhdeenergian hyödyntäminen alentaa käyttökustannuksia.

8.1.5 Yhteenveto keskeisistä ToVa-kriteereistä ja vaatimuksista

Yhteenveto keskeisistä ToVa-kriteereistä ja vaatimuksista on esitetty taulukossa 15.

8. Toimivuuden varmistaminen

Taulukko 15. ToVa-kriteerit ja vaatimukset.

Kriteeri	Määrittely	Vaatus
<p>Jäähdytysteho</p> <ul style="list-style-type: none"> • jääntekovaiheessa • käyttötilanteessa 	<p>Määritellään suunnittelun aikana laskennallisesti tilaajan asettamien reunaehtojen mukaan</p> <p>Tehoon vaikuttaa</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ jääntekoon käytettävä aika ▪ hallin olosuhteet jäänteon aikana (lämpötila, kosteus) ▪ hallin vaippa (lämpöeristys, vuotoilmanvaihto) ▪ ilmanvaihto ▪ lämpökuormat (valaistus) ▪ ulkoilman olosuhteet (ilmastovyöhyke, jäänteon ajankohta) <ul style="list-style-type: none"> • jäänhoitoon käytetty vesi mitoittavalla ajanjaksolla • ihmismäärä (vaikuttaa ilmanvaihtoon ja jään lämpökuormaan) • valaistuskorma • hallin olosuhteet (lämpötila, kosteus) • hallin vaippa • ulkoilman olosuhteet (ilmastovyöhyke, ajankohta) • kuivaustapa (vaikuttaa jäähdytystehoon, jos kuivaus toteutettu jääratkoneikkoon liitetyllä kuivaimella) 	<p>Tilaja asettaa vaatimuksen</p> <ul style="list-style-type: none"> • esimerkiksi 2,5 cm jäätä syntyy 72 tunnin aikana oheisilla reunaehdoilla • Jään lämpötila pysyy jaksolla keskimäärin halutussa lämpötilassa <ul style="list-style-type: none"> ▪ jääkiekossa -5°C ▪ taitoluistelussa -3°C
<p>Olosuhteet</p> <ul style="list-style-type: none"> • hallin lämpötila • suhteellinen kosteus • jään lämpötila 	<p>Tilaja määrittelee halutut toimintaolosuhteet</p> <ul style="list-style-type: none"> • hallin lämpötila vaikuttaa sekä jäähdytysenergiaan että lämmitysenergiaan • kosteus vaikuttaa rakenteiden kestävyteen ja kuivauksen energiankulutukseen sekä jonkin verran kylmälaitteiston energiaan • jään lämpötila vaikuttaa kylmälaitteiston energiankulutukseen ja luistelulosuhteisiin 	<ul style="list-style-type: none"> • esimerkiksi talvella +6°C, kesällä +8°C • esimerkiksi talvella +70%, kesällä 75% • esimerkiksi <ul style="list-style-type: none"> ▪ jääkiekossa -5°C ▪ taitoluistelussa -3°C
<p>Energiatehokkuus</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ kylmälaitteiston sähköenergia ▪ lauhdelämmön hyödyntäminen ▪ ilman kuivaus 	<p>Tarjouskilpailuvaiheessa toimittaja määrittelee tilaajan määrittelemien reunaehtojen mukaan suunnitteluratkaisun parametreilla</p> <ul style="list-style-type: none"> • riippuu olosuhteista (jään lämpökuormitus, lauhdusolosuhteet) • lauhteen käyttö riippuu suunnitteluratkaisuista • riippuu suunnitteluratkaisusta ja tavoiteolosuhteista 	<ul style="list-style-type: none"> • energiatehokkuusvaatimukset määräytyvät tarjouskilpailun voittajan ilmoittamista kuukausittaisista energiankulutusarvoista
<p>Säätötekniinen toiminta</p>	<p>Tilaja määrittelee säätötekniiseen toimintaan liittyvät tavoitteet eri järjestelmille</p>	<p>SFS 5768</p> <ul style="list-style-type: none"> • lyhyt asettumisaika • pieni poikkeama

8.2 Toimivuuden varmistaminen elinkaaren aikana

8.2.1 Suunnittelu

Suunnittelu luo pohjan toimivuusvaatimusten toteutumiselle. Suunnitteluvaiheissa tehtävät ratkaisut vaikuttavat keskeisesti rakennuksen koko elinkaaren aikaisiin käyttökustannuksiin. Talotekniikan suunnittelun tehtäväluetteloa TATE 95 (LVI 03-10242) käytetään suunnittelijan tehtävälaajuuden määrittelyssä, suunnittelukokonaisuuden hallinnassa sekä osana suunnittelun laadunvarmistusta. Se on laadittu ensisijaisesti talonrakennuksen uudisrakentamiseen mutta on sovellettavissa myös korjausrakentamiseen sekä teollisuus- ja erikoisrakentamiseen.

TalotekniikkaRYL 2002 osan 1 (LVI 01-10355) osa G4000.10 kuvaa kylmälaitoksen perusvaatimukset seuraavasti: ”Kylmälaitos suunnitellaan, rakennetaan, asennetaan ja huolletaan siten, että sillä saavutetaan luotettavasti ja energiataloudellisesti jäähdytettävissä tiloissa tarvittavat lämpötilat sekä siten, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa ympäristölle.”

TalotekniikkaRYL 2002 osa G4100.100 (LVI 01-10355) puolestaan määrittelee kylmäkoneistojen perusvaatimukset seuraavasti: ”Kylmäkoneisto suunnitellaan, rakennetaan, asennetaan, hoidetaan, kunnossapidetään ja poistetaan käytöstä voimassa olevien standardien mukaisesti.”

TalotekniikkaRYL 2002 osa G4110 (LVI 01-10355) määrittelee kompressoreista seuraavasti: ”Valmistajien taulukoissa kylmäkompressorin teho ilmoitetaan standardin SFS-EN 12900 mukaisesti imu-kaasun +20 °C:n lämpötilalla ilman nesteen alijäähdytystä. Suunnitelmissa teho ilmoitetaan todellisissa käyttöolosuhteissa. Kompressorin teho saa poiketa annetusta kylmätehosta enintään 10 %, jos asiakirjoissa ei ole määritelty tätä tarkempaa vaatimusta. Poikkeama vaaditusta kylmätehosta ilmoitetaan tarjousasiakirjoissa.”

TalotekniikkaRYL 2002 osa G4121 (LVI 01-10355) määrittelee lauhduttimista seuraavasti: ”Lauhduksen tehon on vastattava suurpainehöyrystä poistettavaa kokonaislämpövirtaa, joka likimäärin koostuu kompressorin kylmätehosta ja käyttömoottorin tehosta. Kylmätehona käytetään korkeimman kylmälaitoksessa esiintyvän höyrystymislämpötilan mukaista kylmätehoa.”

8.2.2 Valmistus

Suunnitelmien mukainen jääkoneisto kootaan tehdasvalmisteisista, keskenään yhteensopivista tuotteista.

8.2.3 Vastaan- ja käyttöönotto

TalotekniikkaRYL 2002 osan 2 (LVI 01-10356) osa G0 kuvaa LVI-järjestelmien yhteiset laatuvaatimukset. Osassa on tyypiltään neljänlaista tekstiä: vaatimustekstiä, ohjetekstiä, selostustekstiä ja viitetekstiä. Vaatimusteksti koskee urakoitsijan suoritukselle ja käytettäville tuotteille asetettuja vaatimuksia, jotka hankkeissa tulee toteuttaa. Ohjeteksti antaa tarpeen mukaan tietoja suunnittelijalle ja urakoitsijalle. Selostusteksti antaa yleisiä tausta- ja lähtötietoja vaatimus- ja ohjeteksteille. Viiteteksti sisältää kirjallisuusviitteitä.

8. Toimivuuden varmistaminen

TalotekniikkaRYL 2002 osan G08 (LVI 01-10356) mukaan laadunvarmistukseen ja käyttöönottoon liittyvät seuraavat vaiheet:

- *Laadunvarmistuksen ja käyttöönoton yleiset vaatimukset.* ”LVI-järjestelmien on luovutuksen yhteydessä oltava sopimusasiakirjojen mukaisia ja toimittava niissä esitetyllä tavalla.”
- *Tiiviys- ja painekokeet.* ”Tiiviys- tai painekokeiden laajuus yms. määrätään LVI-järjestelmittäin.”
- *Laite- ja asennustapatarkastukset.* ”Urakkarajaliitteessä määritellään ns. jatkuvan todentamisen edellyttämät tarkastukset ja niiden ajankohdat.”
- *Toimintatarkastukset.* ”Varmistaakseen työnsä laadun toteuttaja luovuttaa LVI-järjestelmät ja -laitteet ensin itselleen ns. itselle luovutuksessa eli toimintatarkastuksessa.”
- *Toimintakokeet.* ”Hyväksytyillä toimintakokeilla on tarkoitus varmistaa ennen vastaanottoa riittävä työaika LVI-järjestelmille ja -laitteille määritellyille koekäyttöille sekä säädöille ja mittauksille. Toimintakokeiden sisältö ja hyväksymisehdot määrätään urakkarajaliitteessä.”
- *Säädöt ja mittaukset.* ”LVI-järjestelmien ja -laitteiden suunnitelmanmukainen toiminta säädetään ja mitataan hyväksytyjen toimintakokeiden jälkeen.”
- *Rakennusautomaatiotoimintojen parametrien asettelu ja laitteiden viritys.* ”LVI-koneiden ja -laitteiden ilmavirtojen sekä vesi- ja liuosvirtojen yms. on oltava laitevalintojen perusteella tarkistetuissa arvoissa ennen niitä palvelevien rakennusautomaatiolaitteiden parametrien ohjelmointia ja muita viritystoimenpiteitä.”
- *LVI-järjestelmien ja -laitteiden kuormituskokeet.* ”Kuormituskokeilla varmistetaan LVI-järjestelmien kokonaistoiminta ja toiminta koekäyttöohjelman mukaisissa vaihtuvissa kuormitusolosuhteissa.”
- *Tarkistusmittaukset.* ”Tilaaaja valvoo tarvittaessa eri laadunvalvontavaiheissa tehtyjen mittaus-ten luotettavuutta tarkistusmittauksin.”
- *Viranomaisten tmv. tarkistukset.* ”Kaikkien tarvittavien viranomaistarkastusten yms. on oltava hyväksytysti suoritettu lopputarkastustilaisuuteen mennessä.”
- *Luovutus- ja käyttöasiakirjat.* ”LVI-tuotteista toimitetaan suomenkieliset tai sovitun kieliset käyttö- ja huolto-ohjeet.”
- *Vastaanottotarkastus.* ”Vastaanottotarkastuksessa todennetaan toteutuksen sopimusasiakirjojen mukaisuus.”
- *Käyttöönotto.* ”Rakennus voidaan ottaa käyttöön, kun rakennusvalvontaviranomainen on sen käyttöön hyväksynyt ja muut osapuolet, joiden tarkastusta ja hyväksyntää järjestelmien käyttöönotto edellyttää, ovat antaneet siihen luvan.”
- *Kiinteistökohtainen käyttö- ja huolto-ohje sekä huoltokirja.* ”Kiinteistökohtainen käyttö- ja huolto-ohje laaditaan ja huoltokirja täydennetään toteutuksen osalta.”

- *Käytön opastus.* ”Tekniselle käyttäjälle ja kiinteistöhoitohenkilökunnalle annetaan tilaajan ja käyttäjän kanssa sovittuna aikana opastusta asennettujen LVI-järjestelmien ja LVI-tuotteiden toiminnasta, käytöstä ja huollosta.”
- *Ylläpitoa palvelevat tuotteet ja varaosat.* ”Tilaajan nimeämälle kohteen tekniselle käyttäjälle luovutetaan kuittausta vastaan ylläpitoa palvelevat tuotteet ja varaosat.”
- *Takuuajan toimenpiteet.* ”Takuuajana LVI-järjestelmissä havaitut virheet, viat ja puutteet korjataan sopimusasiakirjojen vaatimusten mukaisesti.”
- *Takuuhuolto.* ”Tilaaja ilmoittaa mahdollisimman nopeasti takuhuollosta vastaavalle havaitsemistaan LVI-järjestelmien toimintaa vaarantavista häiriöistä.”

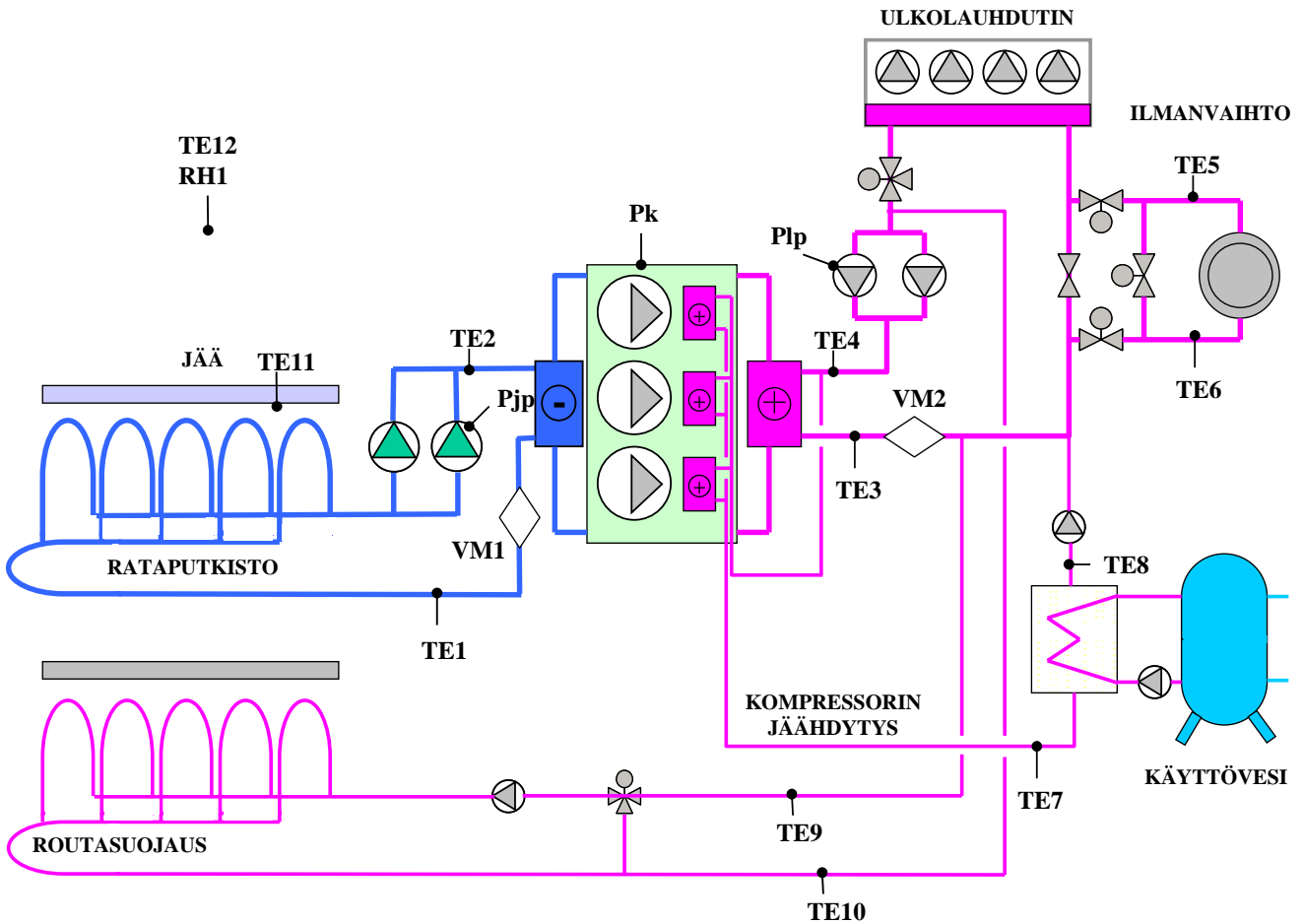
Edellä mainittujen yleisten vaatimusten lisäksi TalotekniikkaRYL 2002 osan 1 (LVI 01-10355) osa G4 asettaa erityisiä vaatimuksia kylmäteknisille järjestelmille. TalotekniikkaRYL 2002 osa G4110 (LVI 01-10355) määrittelee kompressoreista seuraavasti: ”Kompressoreista ja kompressorikoneikoista on oltava käytettävissä kylmä- ja kuormitustehotiedot kompressorin käyttöalueella sekä tehojen korjauskertoimet nesteen alijäähtytyksen, imukaasun tulistuksen ja muuttuvan kierrosluvun funktiona. Kylmä- ja kuormitustehotiedot esitetään taulukko- tai käyrästämuotoisina. Tehonsäädöllä varustetuista kompressoreista tulisi olla lisäksi osatehojen korjauskertoimet ja osatehoja vastaavat tehontarvetiedot.” Osassa annetaan ohjeita myös asiakirjojen sisällöstä.

Myös ohjekortti LVI 61-10181 (1991) käsittelee kylmälaitoksen vastaanottoa. Ohjekortti kuvaa kylmälaitoksen tarkastuksia.

8.2.4 Käyttövaiheen keskeiset mittaukset

Mittauksilla varmistetaan siitä, että olosuhteet ja kylmäkoneiston toiminta ovat tavoitteiden mukaiset. Välttämättömiä mittauksia ovat kompressorin, liuospumppujen ja lauhdepumppujen- ja puhaltimien sähköenergiamittaukset. Kylmälaitoksen kylmäkertoimen määrittämiseksi tarvitaan lisäksi jäähdytysliuoksen meno- ja paluulämpötilan mittaukset sekä virtausmittaus (energiamittaus). Myös lauhdepuolelle on suositeltavaa asentaa energiamittauksia tai ainakin lämpötilamittauksia siten, että lauhdelämmön talteenottoa pystytään seuraamaan. Olosuhteista seurannassa on syytä olla vähintäänkin jään lämpötila sekä hallin sisäilman lämpötila ja kosteus.

8. Toimivuuden varmistaminen



Kuva 18. Kylmäkoneiston keskeiset mittaukset. Kylmäliuoksen meno- ja paluulämpötilät (TE1 ja TE2) sekä virtaama VM1, lauhdepuolen meno- ja paluulämpötilät (TE3 ja TE4) sekä virtaama VM2, lauhde­lämmön talteenottopiirin lämpötilät (TE5 ja TE6), kompressorien jäähdytyspiirin lämmöntalteenoton lämpötilät (TE7 ja TE8), routalämmityspiirin lämpötilät (TE9 ja TE10), radan lämpötilä (TE11), hallin ilman lämpötilä ja kosteus (TE12 ja RH1).

9. Yhteenveto

9.1 Jäähallien korjaustarpeet

Jäähallien kylmäkoneistot pitää uusia useita kertoja hallien elinkaaren aikana. Yli 40 jäähallissa on vielä käytössä kylmäaine R22, jonka käyttöä on rajoitettu voimakkaasti vuoden 2010 jälkeen ja jonka käyttö on kielletty kokonaan vuodesta 2015 alkaen. Kyseisten hallien kylmäkoneistot joudutaan näin ollen uusimaan lähivuosina. Vanhan kylmäkoneiston jatkokäyttö vaihtamalla kylmäaine toiseen ei ole yleensä mahdollista, mikä johtuu eri kylmäaineiden edellyttämästä erilaisesta laitteiston mitoituksesta, materiaalivaatimuksista ja teknisistä ratkaisuista.

Jäähalleissa on kylmäkoneistojen lisäksi muitakin peruskorjaustarpeita. Jäärata-alustat uusitaan usein koneiston uusimisen yhteydessä, erityisesti kylmäaineen vaihtuessa. Vanhan rataputkiston mitoitus voi olla riittämätön, sen kestävyys ei voida luottaa tai jäärata-alusta on epätasainen routimisen takia. Muita korjauskohteita voivat olla hallin sisäolosuhteisiin, lämmöneristykseen, rakenteisiin ja tiloihin liittyvät asiat sekä palvelutason parantaminen.

9.2 Hankesuunnittelu

Harjoitushallien energiankäyttö on vuodessa noin 1 000 MWh:n suuruusluokkaa. Kulutusta voidaan pienentää uudella kylmäkoneistolla ja hyödyntämällä mahdollisimman hyvin kylmäkoneiston tuottama lauhdelämpö, jonka käyttökohteita ovat sisäilman kuivaus, hallin lämmitys, jääalustan lämmitys routimisen estämiseksi ja lämpimän käyttöveden tuottaminen. Vanhassa paljon energiaa kuluttavassa hallissa on usein järkevää parantaa taloteknisiä järjestelmiä kylmäkoneiston uusimisen yhteydessä, jotta lauhde-energian riittävä hyödyntäminen olisi mahdollista. Lauhde-energian hyödyntäminen edellyttää urakkarajojen suunnittelua: mitkä vastuut sisällytetään kylmäkoneistotoimitukseen, ja uusitaanko taloteknisiä järjestelmiä erillisurakoina tai osana kylmäkoneistotoimitusta?

Oleellinen kysymys hankesuunnitteluvaiheessa on se, mitä hankintatapaa käytetään. Kylmäkoneiston hankintaan soveltuu hankintamenettely, johon sisältyy laitteiston suunnittelu täydennettynä huolto- ja kunnossapitopalveluilla. Toinen vaihtoehto on hankkia laitteisto elinkaaripalveluna. Markkinoilla on tarjolla erilaisia laiteratkaisuja. Kun tilaajan hankkii kylmälaitteiston suunnitteluineen, saadaan erilaiset tekniset ratkaisut kilpailemaan keskenään. Kokonaisuuteen liittyy luontevasti se, että laitteiston toimittaja myös huoltaa ja vastaa laitteiston kunnossapidosta. Elinkaaripalveluhankinnan tai suunnittelun sisältävän kokonaishankinnan yhteydessä tilaajan tulee esittää laitteistolta edellyttämänsä toi-

9. Yhteenveto

mivuusvaatimukset. Tässä oppaassa on esitetty tapa, jonka mukaan toimivuusvaatimukset tulisi esittää. Kilpailuun valittavat yritykset mitoittavat laitteistonsa esitettyjen vaatimusten perusteella.

Toimittajaa valittaessa on kriteereinä käytettävä muitakin tekijöitä kuin hankintahintaa. Näitä muita tekijöitä voivat olla muun muassa energiankulutus, ohjaus- ja valvontajärjestelmän ominaisuudet, suunniteltujen huoltojen kustannukset, ennakoimattomien korjausten työkustannuksien hintataso ja laitteiston ympäristöystävällisyys. Elinkaarihankinnassa valintakriteereitä ovat vuosittaiset palvelumaksut, ohjaus- ja valvontajärjestelmän ominaisuudet, palvelujen sisältö (laatu) ja laitteiston ympäristöystävällisyys.

Kun jäähallin kylmäkoneisto ja urakkaan liittyvät muut työt hankitaan toimivuusperusteisesti, saadaan tilaajan ja toimittajan vastuunjako selkeäksi erillisurakoihin verrattuna. Laitteistoihin liittyvän teknisen erityisosaamisen tarve on varsin suuri, ja lisäksi tilaajien huoltohenkilöstön on vaikea olla syvästi perillä laitteistoista. Kylmäkoneistourakan säätö- ja luovutusvaiheessa toimittajan tulee kouluttaa tilaajan käyttöhenkilöstö laitteiston käyttöön. Toimittajan velvollisuuksiin sisällytetään myös ensimmäisen jää teko yhdessä tilaajan käyttöhenkilöstön kanssa.

9.3 Jäähdytysjärjestelmän vaatimusmäärittely

Toimivuuteen keskittyvä tilaajan vaatimusmäärittely tarjoaa palveluntuottajille suuremman vapauden suunnitteluratkaisuiden valinnassa ja palvelukokonaisuuksien valmistelussa, kannustaa tuottamaan palvelut elinkaariedullisesti sekä kehittämään palveluihin liittyviä innovaatioita.

Vaatimusmäärittelyyn liittyvät keskeisesti jäähallin olosuhteet: hallin käyttäjä ei ole kiinnostunut siitä, millä teknisillä ratkaisuilla ja yksityiskohtaisilla komponenttivalinnoilla palvelut saadaan synnytettyä, vaan siitä, että hallissa saavutetaan olosuhteet, joissa hallin käyttäjät viihtyvät. Jäähdytysjärjestelmän hankinnassa tilaajan on määriteltävä palvelutaso, jonka hän hallissaan haluaa toteuttaa. Palvelutasolla tarkoitetaan kylmäkoneiston yhteydessä ennen kaikkea jään lämpötilaa, jään tekemisen nopeutta sekä jään käyttöaikaa. Lisäksi palveluun voi liittyä hallin lämmitys, kuivaus ja lämpimän käyttöveden tuotto. Hallin tilaajan on määriteltävä vaatimukset näitä seikkoja silmällä pitäen esimerkiksi seuraavasti:

1. Jään teon on onnistuttava 72 tunnin aikana ulkoilman mitoitusolosuhteissa. Jään paksuuden tulee olla vähintään 2,5 cm.
2. Jään lämpötilan on oltava normaalissa käytössä käyttöjaksolla keskimäärin $-3 \pm 0,5$ °C.
3. Jään lämpötilaa on pystyttävä muuttamaan normaalista käyttölämpötilasta -3 °C:sta -5 °C:seen 3 tunnin aikana syyskuusta huhtikuuhun ulottuvalla käyttöjaksolla.
4. -5 °C:n jään lämpötilaa tulee pystyä ylläpitämään syyskuusta huhtikuuhun välisellä käyttöjaksolla.
5. Hallin ilman lämpötilan tulee olla syyskuusta huhtikuuhun välisellä käyttöjaksolla $+8 \pm 1$ °C ja kesällä $+10 \pm 1$ °C.
6. Hallin ilman suhteellinen kosteus ei saa ylittää arvoa 70 % syyskuusta huhtikuuhun ulottuvalla käyttöjaksolla eikä kesällä arvoa 75 %.

Edellä olevan esimerkin palvelutasovaatimuksilla tarjoaja määrittelee kylmäkoneiston tarvittavan mitoitustehon ja laskee kylmäkoneiston jäähdytysenergiantarpeen ottaen huomioon hallin vaipparakenteen ja

tilaajan antamat jään lämpökuormitukset (vaipan U-arvo, matalaemissiviteettipinnoite, valaistus, katosjat, jäänhoitoveden käyttö jne.). Jäähdytysenergiantarpeen ja muiden reunaehtojen (jääradan rakenne, jäähdytysputkiston mitoitus, kylmäliuos, lauhdutuslämpötila) mukaan tarjoaja laskee tarjottavan kylmälaitteiston sähköenergiankulutuksen, joka on keskeinen osa tarjouskilpailun vertailukriteeristöä. Hankkeen laajuudesta riippuen tilaaja määrittelee jäähdytysenergiantarpeen lisäksi lauhdelämmön mahdollisten käyttökohteiden lämmitysenergiantarpeet ja lämpötilatasot (kuukausitasolla) sekä mahdollisesti hallin ilman kuivaustarpeen. Toimittaja tarvitsee näitä tietoja laskeakseen kylmälaitteiston sähköenergiankulutuksen ja lauhdelämmön talteenottomäärät.

Tässä oppaassa on esitetty laskentamenetelmät jäähdytys- ja lämmitysenergiantarpeen sekä kuivaustarpeen laskemiseksi kuukausitasolla. Kehitetty laskentamalli tukee yleistä rakennusten energiankulutuksen laskentamenetelmää, joka on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5. Tässä oppaassa on myös esitetty menetelmä jäähdytystehontarpeen määrittämiseksi sekä jääntekovaiheessa että käyttäjaksolla.

9.4 Tarjousten vertailu

Tarjousten vertailussa painotetaan elinkaarikustannuksia ja palvelun laatutasoa. Elinkaarikustannuksiin vaikuttavat erityisesti energiankulutus ja hankintahinta mutta myös huolto- ja kunnossapitokustannukset tarkasteltavalla käyttäjaksolla, joka voi olla järjestelmän käyttöikä tai tätä lyhyempi jakso (esimerkiksi leasing-sopimuksen pituus). Elinkaarikustannusten laskennassa ja vertailussa voidaan käyttää vertailutaulukkoa ja laskentakaavoja. Palvelun laatutason vertailussa voidaan nostaa esille muun muassa ympäristönäkökohdat (kylmäaineen ympäristövaikutukset, kierrätettävyys, käytöstä poisto), koulutus, takuu-aika, järjestelmän laajennettavuus, liityntä rakennusautomaatiojärjestelmään jne. Kylmäkoneiston ohjaus- ja valvontajärjestelmän ominaisuudet voi myös olla yksi tarjousten vertailukriteeri.

9.5 Toimivuuden varmistaminen

Hankinnan onnistumisen kannalta keskeinen asia on toimivuuden varmistaminen (ToVa), joka tulee ottaa huomioon myös tarjousta laadittaessa. Lähtökohtana siinä ovat tilaajan määrittämät tavoitteet hallin sisäolosuhteille ja jäälle. Toimivuuden varmistaminen kulminoituu ennen kaikkea jäähdytysjärjestelmän mittarointiin. Tarjouksiin tulee sisällyttää vähimmäisvaatimus mittaroinnille, joka voi sisältää olosuhdemittauksia ja energiankulutukseen liittyviä mittauksia. Mittaroinnilla pystytään käyttöönottovaiheessa todentamaan joustavasti ja minimikustannuksin laitteiston vaatimustenmukaisuus sekä myöhemmin toteamaan järjestelmän moitteeton ja energiaa säästävä toiminta. Olosuhdemittauksista kylmälaitteiston kannalta oleellisia ovat jään lämpötila, hallin ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä mahdollisesti ilman hiilidioksidipitoisuus. Energiankulutuksen ja kompressorin kylmätehon todentamiseen tarvitaan kylmäkoneiston sähköenergian mittaus, kylmäliuoksen meno- ja paluulämpötilat sekä kylmäliuoksen virtausmittaus. Lauhde-energian hyödyntämisen määrittämiseen tarvitaan energiankulutusmittareita lauhidepiirin tarpeen mukainen määrä. Lauhteesta tulee mitata vähintään kokonaisenergia (meno- ja paluuliuoksen lämpötila sekä virtaus).

9.6 Suunnittelu ja rakentaminen

Suunnittelu–toteutus- ja elinkaarimenettely eivät suunnittelun ja rakentamisen osalta eroa tilaajan kannalta oleellisesti toisistaan. Laitteiston toimivuusvastuu on selkeästi toimittajalla. Tilaaja vastaa ensisijaisesti asettamistaan tavoitteista ja ilmoittamistaan lähtötiedoista. Jos kylmäkoneiston uusimisen yhteydessä teetetään muita, esimerkiksi taloteknisiä korjaustoimenpiteitä rinnakkaisilla urakoilla, on eri urakoiden ja niihin liittyvän suunnittelun yhteensovittaminen tilaajan vastuulla.

9.7 Luovutus

Hallin kylmälaiteurakkaan liitetään ensimmäisen jään teko. Samassa yhteydessä laitteisto voidaan säätää ja tilaajan käyttöhenkilöstö kouluttaa käyttämään uusittua tekniikkaa. Toimittajan velvollisuus on osoittaa laitteiston toimivuus. Toimittaja luovuttaa lopulliset suunnitteluasiakirjat ja laitteiston käyttöohjeet tilaajalle.

9.8 Palvelut käytön aikana

Toimittaja huoltaa ja ylläpitää laitteistoa laaditun sopimuksen mukaisesti. Vuosittain neuvotellaan sopimukseen liittyvien muuttuvien kustannuksien osalta hintatarkistuksista, kun sopimuksessa on indeksiehto. Samassa yhteydessä voidaan tarkistaa myös palveluiden sisältöä.

Lähdeluettelo

- Aalto, E. 20.2.2008. R22 kylmäaineen (HCFC) valmistusmäärien vähentäminen ja käytöstä poistuminen. Suomen kylmäliikkeiden liitto r.y. 1 s.
- Aalto, E. 21.2.2008. Luonnolliset kylmäaineet – uusi askel ilmakehänsuojelussa kylmälalla. Suomen kylmäliikkeiden liitto ry.
- Ashrae. 2002. Ashrae Handbook. Refrigeration Systems and Applications. American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers, INC.
- D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 22.12.2008. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. Ympäristöministeriö.
- D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Ympäristöministeriö.
- Efeko Oy. 2005. Julkinen ja yksityinen kumppanuus toimitila- ja infrapalveluissa. Efeko Oy. Liite 7. JYK-hankkeisiin liittyviä tuloverokysymyksiä.
- Elron Oy. 2009. Kansallinen elinkaarimalli. Yksityisrahoitteisten hankkeiden kilpailukyvyyn kehittäminen ja tarjousvertailu ns. budjettirahoitteisten toteutusvaihtoehtojen kanssa. Loppuraportti 20.4.2009. 43 s.
- Euroopan parlamentin ja Neuvoston asetus 1005/2009 otsonikerrosta heikentävistä aineista.
- EU:n asetus 842/2006, F-kaasuasetus.
- Heino, R. & Hellsten, E. 1983. Tilastoja Suomen ilmastosta 1961–1980. Helsinki: Ilmatieteen laitos.
- Junnonen J.-M. 2006 Elinkaarisopimuksen laadintaopas. Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. 107 s.
- Jäähallin lämpö- ja kosteustekniikka. 2007. TKK ja Suomen jääkiekkoliitto. Opetusministeriö liikuntapaikkajulkaisu 92. Rakennustieto. 113 s.
- Kankainen, J. & Junnonen, J.-M. 2001. Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy. 101 s.
- Karadağ, R. 2009. The investigation of relation between radiative and convective heat transfer coefficients at the ceiling in a cooled ceiling room. Energy Conversion and Management 50, s. 1–5.
- Kianta, J. 25.5.2008. Kylmäainetilanne 2008. Suomen kylmäyhdistys ry. 14 s.
- Knuutila, A. 23.9.2008. Jääradan merkitys jäähallin lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Diplomityö. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka.
- Kovanen, K. 1993. Sisäilmaston suunnitteluperusteet. LVIS 2000, raportti 24. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, LVI-tekniikan laboratorio.

- Kärki, S. & Karjalainen, S. 1999. Ilmastointijärjestelmän vikadiagnostiikka. Menetelmät ja sovellukset. VTT, Espoo. 92 s. + liitt. 2 s. VTT Tiedotteita 1967. ISBN 951-38-5452-3.
- Laki julkisista hankinnoista 30.3.2007/348.
- LVI 01-10355. 2002. TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002. Osa 1. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry, Sähkötieto ry & Rakennustieto Oy. 369 s. ISBN 951-682-709-8.
- LVI 01-10356. 2002. TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002. Osa 2. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry, Sähkötieto ry & Rakennustieto Oy. 327 s. ISBN 951-682-710-1.
- LVI 03-10242. 1995. Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo. TATE 95. Suomen Rakennuttajaliitto ry RAKLI, Suomen Konsulttitoimistojen Liitto SKOL ry ja Rakennustietosäätiö. 12 s. (Ohjetiedosto LVI 03-10242/RT 10-10579/KH X4-00207).
- LVI 014-10379. 2004. Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksen tunneittainen seuranta. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto. 4 s. (Ohjetiedosto LVI 014-10379/ KH 10-00353).
- LVI 61-10181. 1991. Kylmälaitoksen vastaanotto. Rakennustietosäätiö. 4 s. (Ohjetiedosto LVI 61-10181).
- LVI 70-40013. 1991. LVI-järjestelmien käyttövarmuuden tarkastelumenetelmät. Helsinki: Rakennuskirja Oy. 3 s. (Tiedonjyväkortti LVI 70-40013).
- Lyytikäinen, A. 1987. Käyttövarmuuskäsikirja. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 147 s. + liitt. 6 s. VTT Tiedotteita 678. ISBN 951-38-2633-3.
- Opetusministeriö. 1999. Jäähallit ja tekojäähäntä. Helsinki: Rakennustieto Oy. (Liikuntapaikkajulkaisu 71). ISBN 951-682-521-4.
- Opetusministeriö. 2007. Jäähallien lämpö- ja kosteustekniikka. Suunnittelu- ja rakennuttamisopas. Helsinki: Rakennustieto Oy. 113 s. (Liikuntapaikkajulkaisu 92). ISBN 978-951-682-843-8.
- Paiho, S., Heimonen, I., Kouhia, I., Nykänen, E., Nykänen, V., Riihimäki, M., Vainio, T. 2009. Putkiremonttien uudet hankinta- ja palvelumallit, VTT Tiedotteita 2483. Espoo: VTT. ISBN 978-951-38-7293-9.
- Pennanen, A. 2005. Indoor air pollution and health risks in Finnish ice arenas. Kuopio: National Public Health Institute.
- Pietiläinen, J., Kauppinen, T., Kovanen, K., Nykänen, V., Nyman, M., Paiho, S., Peltonen, J., Pihala, H., Kalema, T. & Keränen, H. 2007. ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. VTT, Espoo. 173 s. + liitt. 56 s. VTT Tiedotteita 2413. ISBN 978-951-38-6969-4.
- SFS 5768. 1993. Ilmastointijärjestelmien säädön toiminnalle asetettavat vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 6 s.

TalotekniikkaRYL 2002, Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset.

Valtioneuvoston asetus 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorihilivetyjä sisältävien laitteiden huollosta sekä huoltotoimintaa ja jätehuoltoa suorittavien vähimmäispätevyysvaatimuksista

Valtioneuvoston asetus julkisista hankinnoista 24.5.2007/614.

Valtioneuvoston päätös 262/1998 otsonikerrosta heikentävistä aineista.

Vuori, I. & Taimela, S. 2005. Liikuntalääketiede. Kustannus Oy Duodecim. 699 s. ISBN 9789516561885.

Ympäristöministeriö. 2007. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007. 72 s.

Ympäristöministeriö. 2008a. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010. 14 s.

Ympäristöministeriö. 2008b. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. 37 s.

Liite A: Elinkaarikustannuksiin liittyvät taulukot

Taulukko A1. Saman suuruisen vuosittaisen kustannuserän diskonttauskerroin d_h .

Vuosi	Korkokanta						
	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %
5	4.7135	4.5797	4.4518	4.3295	4.2124	4.1002	3.9927
6	5.6014	5.4172	5.2421	5.0757	4.9173	4.7665	4.6229
7	6.4720	6.2303	6.0021	5.7864	5.5824	5.3893	5.2064
8	7.3255	7.0197	6.7327	6.4632	6.2098	5.9713	5.7466
9	8.1622	7.7861	7.4353	7.1078	6.8017	6.5152	6.2469
10	8.9826	8.5302	8.1109	7.7217	7.3601	7.0236	6.7101
11	9.7868	9.2526	8.7605	8.3064	7.8869	7.4987	7.1390
12	10.5753	9.9540	9.3851	8.8633	8.3838	7.9427	7.5361
13	11.3484	10.6350	9.9856	9.3936	8.8527	8.3577	7.9038
14	12.1062	11.2961	10.5631	9.8986	9.2950	8.7455	8.2442
15	12.8493	11.9379	11.1184	10.3797	9.7122	9.1079	8.5595
16	13.5777	12.5611	11.6523	10.8378	10.1059	9.4466	8.8514
17	14.2919	13.1661	12.1657	11.2741	10.4773	9.7632	9.1216
18	14.9920	13.7535	12.6593	11.6896	10.8276	10.0591	9.3719
19	15.6785	14.3238	13.1339	12.0853	11.1581	10.3356	9.6036
20	16.3514	14.8775	13.5903	12.4622	11.4699	10.5940	9.8181
21	17.0112	15.4150	14.0292	12.8212	11.7641	10.8355	10.0168
22	17.6580	15.9369	14.4511	13.1630	12.0416	11.0612	10.2007
23	18.2922	16.4436	14.8568	13.4886	12.3034	11.2722	10.3711
24	18.9139	16.9355	15.2470	13.7986	12.5504	11.4693	10.5288
25	19.5235	17.4131	15.6221	14.0939	12.7834	11.6536	10.6748
26	20.1210	17.8768	15.9828	14.3752	13.0032	11.8258	10.8100
27	20.7069	18.3270	16.3296	14.6430	13.2105	11.9867	10.9352
28	21.2813	18.7641	16.6631	14.8981	13.4062	12.1371	11.0511
29	21.8444	19.1885	16.9837	15.1411	13.5907	12.2777	11.1584
30	22.3965	19.6004	17.2920	15.3725	13.7648	12.4090	11.2578

Liite A: Elinkaarikustannuksiin liittyvät taulukot

Taulukko A2. Saman suuruisen vuosittaisen kustannuserän diskonttauskerroin d_h , jossa on otettu huomioon eskalaatio (2,0 %).

	Eskalaatio 2 % Korkokanta						
Vuosi	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %
5	5.0000	4.8562	4.7188	4.5874	4.4616	4.3412	4.2259
6	6.0000	5.7994	5.6089	5.4278	5.2555	5.0916	4.9356
7	7.0000	6.7334	6.4818	6.2441	6.0195	5.8070	5.6058
8	8.0000	7.6583	7.3379	7.0371	6.7546	6.4889	6.2388
9	9.0000	8.5742	8.1775	7.8075	7.4620	7.1390	6.8367
10	10.0000	9.4813	9.0010	8.5559	8.1427	7.7586	7.4013
11	11.0000	10.3795	9.8087	9.2828	8.7977	8.3493	7.9345
12	12.0000	11.2690	10.6009	9.9890	9.4279	8.9125	8.4382
13	13.0000	12.1499	11.3778	10.6751	10.0344	9.4493	8.9138
14	14.0000	13.0222	12.1397	11.3415	10.6180	9.9610	9.3631
15	15.0000	13.8861	12.8870	11.9889	11.1796	10.4488	9.7873
16	16.0000	14.7416	13.6200	12.6178	11.7200	10.9138	10.1880
17	17.0000	15.5888	14.3388	13.2287	12.2400	11.3571	10.5665
18	18.0000	16.4277	15.0439	13.8222	12.7404	11.7796	10.9239
19	19.0000	17.2585	15.7353	14.3987	13.2219	12.1825	11.2615
20	20.0000	18.0812	16.4135	14.9587	13.6852	12.5665	11.5803
21	21.0000	18.8960	17.0786	15.5027	14.1310	12.9325	11.8814
22	22.0000	19.7028	17.7309	16.0312	14.5601	13.2815	12.1657
23	23.0000	20.5018	18.3707	16.5446	14.9729	13.6141	12.4343
24	24.0000	21.2931	18.9982	17.0434	15.3701	13.9312	12.6880
25	25.0000	22.0766	19.6136	17.5278	15.7524	14.2335	12.9275
26	26.0000	22.8526	20.2172	17.9985	16.1202	14.5216	13.1538
27	27.0000	23.6210	20.8092	18.4557	16.4742	14.7963	13.3674
28	28.0000	24.3820	21.3898	18.8998	16.8148	15.0582	13.5693
29	29.0000	25.1355	21.9592	19.3312	17.1425	15.3078	13.7599
30	30.0000	25.8818	22.5177	19.7503	17.4579	15.5458	13.9399

Taulukko A3. Saman suuruisen vuosittaisen kustannuserän diskonttauskerroin d_h , jossa on otettu huomioon eskalaatio (4,0 %).

	Eskalaatio 4 % Korkokanta						
Vuosi	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %
5	5.3019	5.1475	5.0058	4.8589	4.7240	4.5948	4.4711
6	6.4255	6.2072	6.0069	5.8031	5.6160	5.4380	5.2685
7	7.5711	7.2772	7.0081	6.7384	6.4912	6.2575	6.0363
8	8.7391	8.3575	8.0092	7.6647	7.3498	7.0540	6.7757
9	9.9301	9.4484	9.0104	8.5821	8.1923	7.8282	7.4877
10	11.1444	10.5498	10.0116	9.4909	9.0188	8.5807	8.1734
11	12.3826	11.6620	11.0127	10.3910	9.8298	9.3120	8.8336
12	13.6450	12.7849	12.0139	11.2825	10.6255	10.0229	9.4694
13	14.9321	13.9187	13.0150	12.1655	11.4061	10.7139	10.0817
14	16.2445	15.0636	14.0162	13.0401	12.1720	11.3854	10.6712
15	17.5826	16.2195	15.0173	13.9064	12.9235	12.0382	11.2390
16	18.9470	17.3867	16.0185	14.7644	13.6608	12.6726	11.7857
17	20.3381	18.5652	17.0197	15.6143	14.3842	13.2893	12.3121
18	21.7565	19.7552	18.0208	16.4561	15.0939	13.8886	12.8191
19	23.2027	20.9567	19.0220	17.2898	15.7903	14.4712	13.3073
20	24.6773	22.1699	20.0231	18.1156	16.4735	15.0374	13.7774
21	26.1808	23.3948	21.0243	18.9336	17.1438	15.5878	14.2301
22	27.7137	24.6317	22.0254	19.7437	17.8014	16.1227	14.6660
23	29.2767	25.8805	23.0266	20.5462	18.4467	16.6426	15.0858
24	30.8704	27.1415	24.0277	21.3410	19.0798	17.1480	15.4900
25	32.4953	28.4147	25.0289	22.1282	19.7009	17.6392	15.8792
26	34.1521	29.7003	26.0301	22.9079	20.3103	18.1166	16.2541
27	35.8413	30.9983	27.0312	23.6802	20.9083	18.5806	16.6150
28	37.5637	32.3090	28.0324	24.4452	21.4949	19.0316	16.9626
29	39.3199	33.6324	29.0335	25.2029	22.0705	19.4700	17.2974
30	41.1104	34.9686	30.0347	25.9533	22.6352	19.8960	17.6197

Liite A: Elinkaarikustannuksiin liittyvät taulukot

Taulukko A4. Saman suuruisen vuosittaisen kustannuserän diskonttauskerroin d_h , jossa on otettu huomioon eskalaatio (6,0 %).

	Eskalaatio 6 % Korkokanta						
Vuosi	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %
5	5.6199	5.4542	5.2960	5.1447	5.0000	4.8615	4.7290
6	6.8795	6.6422	6.4170	6.2032	6.0000	5.8068	5.6229
7	8.1885	7.8648	7.5597	7.2718	7.0000	6.7432	6.5002
8	9.5489	9.1230	8.7243	8.3506	8.0000	7.6708	7.3614
9	10.9625	10.4179	9.9113	9.4396	9.0000	8.5898	8.2065
10	12.4316	11.7504	11.1211	10.5391	10.0000	9.5001	9.0360
11	13.9584	13.1218	12.3542	11.6490	11.0000	10.4020	9.8502
12	15.5450	14.5331	13.6110	12.7694	12.0000	11.2954	10.6492
13	17.1938	15.9855	14.8920	13.9006	13.0000	12.1805	11.4335
14	18.9073	17.4802	16.1976	15.0425	14.0000	13.0573	12.2033
15	20.6880	19.0185	17.5284	16.1953	15.0000	13.9260	12.9588
16	22.5385	20.6016	18.8847	17.3590	16.0000	14.7865	13.7003
17	24.4616	22.2307	20.2671	18.5339	17.0000	15.6389	14.4280
18	26.4600	23.9074	21.6760	19.7199	18.0000	16.4834	15.1423
19	28.5369	25.6328	23.1121	20.9172	19.0000	17.3200	15.8434
20	30.6952	27.4085	24.5758	22.1260	20.0000	18.1488	16.5315
21	32.9382	29.2360	26.0677	23.3462	21.0000	18.9699	17.2068
22	35.2691	31.1166	27.5882	24.5781	22.0000	19.7832	17.8697
23	37.6914	33.0521	29.1380	25.8217	23.0000	20.5890	18.5202
24	40.2087	35.0439	30.7175	27.0771	24.0000	21.3872	19.1587
25	42.8247	37.0937	32.3275	28.3445	25.0000	22.1780	19.7854
26	45.5434	39.2032	33.9684	29.6240	26.0000	22.9614	20.4005
27	48.3686	41.3742	35.6409	30.9157	27.0000	23.7374	21.0042
28	51.3046	43.6084	37.3455	32.2196	28.0000	24.5062	21.5967
29	54.3558	45.9077	39.0829	33.5360	29.0000	25.2679	22.1783
30	57.5266	48.2739	40.8538	34.8649	30.0000	26.0224	22.7490

Taulukko A5. Vuosittain vaihtuvan kustannuserän diskonttauskerroin d_u .

	Korkokanta						
Vuosi	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %
5	0.9057	0.8626	0.8219	0.7835	0.7473	0.7130	0.6806
6	0.8880	0.8375	0.7903	0.7462	0.7050	0.6663	0.6302
7	0.8706	0.8131	0.7599	0.7107	0.6651	0.6227	0.5835
8	0.8535	0.7894	0.7307	0.6768	0.6274	0.5820	0.5403
9	0.8368	0.7664	0.7026	0.6446	0.5919	0.5439	0.5002
10	0.8203	0.7441	0.6756	0.6139	0.5584	0.5083	0.4632
11	0.8043	0.7224	0.6496	0.5847	0.5268	0.4751	0.4289
12	0.7885	0.7014	0.6246	0.5568	0.4970	0.4440	0.3971
13	0.7730	0.6810	0.6006	0.5303	0.4688	0.4150	0.3677
14	0.7579	0.6611	0.5775	0.5051	0.4423	0.3878	0.3405
15	0.7430	0.6419	0.5553	0.4810	0.4173	0.3624	0.3152
16	0.7284	0.6232	0.5339	0.4581	0.3936	0.3387	0.2919
17	0.7142	0.6050	0.5134	0.4363	0.3714	0.3166	0.2703
18	0.7002	0.5874	0.4936	0.4155	0.3503	0.2959	0.2502
19	0.6864	0.5703	0.4746	0.3957	0.3305	0.2765	0.2317
20	0.6730	0.5537	0.4564	0.3769	0.3118	0.2584	0.2145
21	0.6598	0.5375	0.4388	0.3589	0.2942	0.2415	0.1987
22	0.6468	0.5219	0.4220	0.3418	0.2775	0.2257	0.1839
23	0.6342	0.5067	0.4057	0.3256	0.2618	0.2109	0.1703
24	0.6217	0.4919	0.3901	0.3101	0.2470	0.1971	0.1577
25	0.6095	0.4776	0.3751	0.2953	0.2330	0.1842	0.1460
26	0.5976	0.4637	0.3607	0.2812	0.2198	0.1722	0.1352
27	0.5859	0.4502	0.3468	0.2678	0.2074	0.1609	0.1252
28	0.5744	0.4371	0.3335	0.2551	0.1956	0.1504	0.1159
29	0.5631	0.4243	0.3207	0.2429	0.1846	0.1406	0.1073
30	0.5521	0.4120	0.3083	0.2314	0.1741	0.1314	0.0994

Liite B: Jään pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin

Konvektioon vaikuttavat hallin ilman lämpötila, jään lämpötila ja ilman liike jään pinnalla. Konvektion lämpökuorma on sitä suurempi, mitä suurempi on hallin ilman ja jään lämpötilan välinen erotus eli mitä korkeampi hallin ilman lämpötila on. Ilman liike vaikuttaa konvektioon niin sanotun konvektion lämmönsiirtokertoimen välityksellä: mitä suurempi on ilman liikenopeus, sitä suurempi on myös konvektion lämmönsiirtokerroin, ja samalla lämpökuorma kasvaa. Ilman liikenopeuteen vaikuttavat puolestaan muun muassa ilmanvaihdon ilmasuihkujen suuntaus ja luistelijat. Ilmasuihkut on syytä ohjata siten, että ne eivät puhalla suoraan jään pinnalle, mikäli mahdollista. Luistelijat aiheuttavat liikkeessään liikettä ilmaan ja siten kasvattavat jään lämpökuormitusta. Edellä mainituista tekijöistä johtuen konvektion lämpökuorma on yleensä pienempi yöllä kuin päivällä.

Konvektion lämmönsiirtokertoimen arviointiin voi käyttää kaavaa (Karadağ 2009)

$$\alpha_{konv.} = 0.134 * (T_S - T_{jää})^{0.25} \quad (B1)$$

jossa

$\alpha_{konv.}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin, W/(m²K)

T_S on hallin ilman lämpötila, °C

$T_{jää}$ on jään pintalämpötila, °C.

Edellä mainittu korrelaatio antaa jäähalliolosuhteissa konvektion lämmönsiirtokertoimeksi lukuarvoksi olosuhteista riippuen 0,21–0,28 W/(m²K), mikä on lähellä kokeellisesti mitattuja arvoja (Knuutila 23.9.2008). Mittaukset on tehty häiriöttömässä tilanteessa, jossa luistelijat eivät aiheuta ilmavirtauksia jäänpinnalla. Yläraja konvektiolle tilanteessa, jossa ilmavirtaukset jään pinnalla ovat voimakkaita, saadaan kaavasta B2 (Ashrae 2002). Tätä yhtälöä voi käyttää lähinnä kilpahalleissa hetkellisen maksimitilanteen arviointiin pelitilanteissa, joissa ilmaa sekoittavat sekä pelaajat että tehostettu ilmanvaihto.

$$\alpha_{konv.} = 3.41 + 3.55 \cdot v \quad (B2)$$

jossa

$\alpha_{konv.}$ on konvektion lämmönsiirtokerroin, W/(m²K)

v on ilman virtausnopeus jään pinnalla, m/s.

Liite B: Jään pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin

Koska konvektion lämmönsiirtokerroin voi vaihdella eri tilanteissa hyvin suuresti (yli kymmenkertaisesti), on tarkkojen kertoimien määrittäminen mahdotonta. Tässä oppaassa suositellaan käytettäväksi oheisessa taulukossa annettuja konvektion lämmönsiirtokerroimia käyttöjaksolle ja käyttöjakson ulkopuoliselle ajalle. Taulukossa annettu käyttöjakson konvektion lämmönsiirtokerroin ei perustu suoraan mihinkään kaavaan vaan on asiantuntija-arvio.

Taulukko B1. Konvektion lämmönsiirtokerroin harjoitushallissa käyttöjaksolla ja sen ulkopuolella.

$\alpha_{\text{konv. käyttöjakso}}$ W/(m ² K)	$\alpha_{\text{konv. ulkopuolinen}}$ W/(m ² K)
1.0	0.5

Liite C: Jään pinnan säteilytase

Säteilyn lämmönsiirto tapahtuu aina pintojen välillä; jäähallissa hallin vaipan sisäpinnan ja jään välillä. Säteily on sitä suurempaa, mitä suurempi on pintojen välinen lämpötilaero. Hallin vaipan pintalämpötilaan vaikuttavat vaipan lämpötekniset ominaisuudet eli eristystaso ja pinnan ominaisuudet. Lisäksi säteilytehoon vaikuttaa jään pinta-alan suhde vaipan pinta-alaan.

Vaipan pintamateriaaleilla on erilaisia säteilylämmönsiirto-ominaisuuksia, joita kuvataan niin sanotulla emissiviteetillä. Emissiviteetti on lukuarvo, joka saa arvoja välillä 1–0. Mitä pienempi emissiviteetti on, sitä pienempi on jään lämpökuorma. Normaaleilla rakennusmateriaaleilla emissiviteetti on noin 0,9, mutta on olemassa myös erityisiä ns. matalaemissiviteettipintoja, joilla emissiviteetti on vain 0,1. Tällaiset matalaemissiviteettipinnat ovat usein kiiltäviä, metallisia pintoja, esimerkiksi alumiinista valmistettuja.

Vaipan eristystaso vaikuttaa vaipan pintalämpötilaan hieman monimutkaisemmin. Mitä paremmin vaippa on eristetty, sitä lämpimämpi vaipan pintalämpötila on talvella. Samalla jään lämpökuorma on suurempi. Kesällä puolestaan paremmin eristetyn vaipan sisäpinta on kylmempi ja lämpökuorma pienempi. Parempi eristys tasaa jään lämpökuormitusta talven ja kesän välillä mutta ei välttämättä pienennä keskimääräistä jään lämpökuormitusta.

Säteilylämmönsiirron yhtälöt

Seuraavissa yhtälöissä säteilylämmönsiirto hallissa on laskettu yksinkertaistetusti kolmen pinnan välisellä tarkastelulla. Yksinkertaistetussa geometriassa säteilylämmönsiirtoa tapahtuu jään, ulkoilmaan yhteydessä olevan vaipanosan ja näiden ulkopuolelle jäävän pinnan (katsomo) välillä. Laskennassa on lisäksi oletettu, että jää ja katsomo ovat samassa tasossa, jolloin säteilylämmönsiirto yksinkertaistuu edelleen, koska katsomo ja jää eivät näe toisiaan. Laskentaa on yksinkertaistettu myös olettamalla, että katsomon lämpötila riippuu pelkästään hallin lämpötilasta ja pysyy vakiona koko laskennan ajan.

Edellä esitettyjen oletusten perusteella säteilyn lämpöteho jään ja vaipan välillä voidaan laskea kaavoilla

$$\phi_{\text{sät., jää-vaippa}} = G_{\text{sät., jää-vaippa}} \sigma ((T_{\text{jää}} + 273.15)^4 - (T_{\text{vaippa}} + 273.15)^4) \quad (\text{C1})$$

joissa

$\phi_{\text{sät., jää-vaippa}}$ on säteilylämpöteho jäästä vaippaan, W/m^2

σ on Stefan-Boltzmannin säteilyvakio = $5.6 \cdot 10^{-8}$, $\text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

$T_{\text{jää}}$ on jään pintalämpötila, $^{\circ}\text{C}$

T_{vaippa} on vaipan pintalämpötila, $^{\circ}\text{C}$

273.15 on lukuarvo, joka muuttaa celsiusasteet kelvinasteiksi.

Liite C: Jään pinnan säteilytase

Säteilynvaihtokerroin, $G_{\text{sät.jää-vaippa}}$, yksinkertaistetulle geometrialle lasketaan kaavalla

$$G_{\text{sät.jää-vaippa}} = \frac{1 - \varepsilon_{\text{jää}}}{A_{\text{jää}} \varepsilon_{\text{jää}}} + \frac{1}{A_{\text{jää}}} + \frac{1 - \varepsilon_{\text{vaippa}}}{A_{\text{vaippa}} \varepsilon_{\text{vaippa}}} \quad (\text{C2})$$

jossa

$\varepsilon_{\text{jää}}$ on jään emissiviteetti (= 0.95)

$A_{\text{jää}}$ on jään pinta-ala, m^2

$\varepsilon_{\text{vaippa}}$ on vaipan pinnan emissiviteetti

A_{vaippa} on vaipan pinta-ala, m^2 .

Katsomon ja vaipan väliselle säteilylämmönsiirrolle pätee kaava

$$\phi_{\text{sät.katsomo-vaippa}} = G_{\text{sät.katsomo-vaippa}} \sigma ((T_{\text{katsomo}} + 273.15)^4 - (T_{\text{vaippa}} + 273.15)^4) \quad (\text{C3})$$

jossa

$\phi_{\text{sät.katsomo-vaippa}}$ on säteilylämpöteho katsomosta vaippaan, W/m^2

σ on Stefan-Boltzmannin säteilyvakio = $5.6 \cdot 10^{-8}$, $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$

T_{katsomo} on katsomon pintalämpötila, $^{\circ}\text{C}$

T_{vaippa} on vaipan pintalämpötila, $^{\circ}\text{C}$

273.15 on lukuarvo, joka muuttaa celsiusasteet kelvinasteiksi.

Säteilynvaihtokerroin, $G_{\text{sät.katsomo-vaippa}}$, yksinkertaistetulle geometrialle lasketaan kaavalla

$$G_{\text{sät.katsomo-vaippa}} = \frac{1 - \varepsilon_{\text{katsomo}}}{A_{\text{katsomo}} \varepsilon_{\text{katsomo}}} + \frac{1}{A_{\text{katsomo}}} + \frac{1 - \varepsilon_{\text{vaippa}}}{A_{\text{vaippa}} \varepsilon_{\text{vaippa}}} \quad (\text{C4})$$

jossa

$\varepsilon_{\text{katsomo}}$ on katsomon pinnan emissiviteetti

A_{katsomo} on katsomoalueen pinta-ala, m^2

$\varepsilon_{\text{vaippa}}$ on vaipan pinnan emissiviteetti

A_{vaippa} on vaipan pinta-ala, m^2 .

Vaipan pintalämpötilan laskenta

Määritettäessä jään säteilylämmönsiirtokerrointa, joudutaan vaipan lämpötila iteroimaan lämpötaseesta, jossa tekijöinä ovat vaipan lämpötekniset ominaisuudet sekä vaipan ja halli-ilman välinen konvektio sekä säteilylämmönsiirto jään ja katsomon välillä. Vaipan pinnan lämpötase on

$$q_{\text{joht}} + q_{\text{sät.katsomo-vaippa}} + q_{\text{sät.jää-vaippa}} + q_{\text{konv.}} + q_{\text{kuorma}} = 0 \quad (\text{C5})$$

jossa

q_{joht} on vaipan johtumislämpövirta ulkoilmaan, W/m^2

$q_{\text{sät.katsomo-vaippa}}$ on säteilylämpövirta katsomon ja vaipan välillä, W/m^2

$q_{\text{sät.jää-vaippa}}$ on säteilylämpövirta jään ja vaipan välillä, W/m^2

$q_{\text{konv.}}$ on konvektion lämpövirta vaipan pinnan ja hallin ilman välillä, W/m^2

q_{kuorma} on lämpökuormien (valaistus ja ihmiset) lämpösäteily vaippaan, W/m^2 .

Johtumislämpövirta, $q_{joht.}$ ulos lasketaan kaavalla

$$q_{joht.} = \frac{\alpha_{konv.vaippa} U}{\alpha_{konv.vaippa} - U} (T_P - T_{U,eff}) \quad (C6)$$

jossa

U on vaipan lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2K)$

$\alpha_{konv.vaippa}$ on vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin, $W/(m^2K)$

T_P on vaipan sisäpinnan lämpötila, $^{\circ}C$

$T_{U,eff}$ on efektiivinen ulkolämpötila, $^{\circ}C$.

Efektiivisessä ulkolämpötilassa on otettu huomioon auringon lämpösäteily ja vaipan ulkopinnan ominaisuudet. Efektiivinen ulkolämpötila lasketaan kaavalla

$$T_{U,eff} = T_U + \frac{Ia}{\alpha_U} \quad (C7)$$

jossa

T_U on ulkoilman lämpötila, $^{\circ}C$

I on auringon säteilyteho, W/m^2

a on vaipan ulkopinnan auringon lämpösäteilyn absorptiokerroin

α_U on kokonaislämmönsiirtokerroin vaipan ulkopinnalla = $25 W/(m^2K)$.

Säätietoihin on laskettu valmiiksi vuorokautiset keskimääräiset efektiiviset ulkolämpötilat kolmelle tyypilliselle vaipan ulkopinnan värille (tumma, harmaa, vaalea). Vaipan lämmönläpäisykerroin, U , saadaan joko suunnitteluasiakirjoista tai se voidaan laskea Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaan.

Vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin lasketaan kaavalla (Karadağ 2009)

$$\alpha_{konv.vaippa} = 2.13 * (T_S - T_P)^{0.31} \quad (C8)$$

jossa

$\alpha_{konv.vaippa}$ on vaipan konvektion lämmönsiirtokerroin, $W/(m^2K)$

T_S on hallin ilman lämpötila, $^{\circ}C$

T_P on vaipan pintalämpötila, $^{\circ}C$.

Yllä olevalla yhtälöllä lasketut lämmönsiirtokertoimet ovat jäähallitapauksille luokkaa $\alpha_{konv.} = 3 W/(m^2K)$. Tätä vakioarvoa on käytetty myös laskettaessa säteilyn lämmönsiirtokerrointa.

Säteilylämpövirta vaipan ja katsomon, $q_{sät.katsomo-vaippa}$, välillä saadaan kaavalla

$$q_{sät.katsomo-vaippa} = \frac{\phi_{sät.katsomo-vaippa}}{A_{vaippa}} \quad (C9)$$

jossa

$q_{sät.katsomo-vaippa}$ on säteilylämpövirta katsomosta vaippaan, W/m^2

Liite C: Jään pinnan säteilytase

$\phi_{\text{sät.katsomo-vaippa}}$ on säteilylämpöteho katsomosta vaippaan (Kaava C9), W
 A_{vaippa} on vaipan pinta-ala, m².

Vastaavasti säteilylämpövirta vaipan ja jään, $q_{\text{sät.jää-vaippa}}$, välillä saadaan kaavalla

$$q_{\text{sät.jää-vaippa}} = \frac{\phi_{\text{sät.jää-vaippa}}}{A_{\text{vaippa}}} \quad (\text{C10})$$

jossa

$q_{\text{sät.jää-vaippa}}$ on säteilylämpövirta jäädästä vaippaan, W/m²
 $\phi_{\text{sät.jää-vaippa}}$ on säteilylämpöteho jäädästä vaippaan (Kaava C10), W
 A_{vaippa} on vaipan pinta-ala, m².

Konvektio vaipan pinnan ja hallin ilman välillä lasketaan kaavalla

$$q_{\text{konv.}} = \alpha_{\text{konv.vaippa}} (T_S - T_{\text{vaippa}}) \quad (\text{C11})$$

jossa

$\alpha_{\text{konv.vaippa}}$ on vaipan konvektion lämmönsiirtokerroin = 3 W/(m²K)
 T_S on hallin ilman lämpötila, °C
 T_P on vaipan pintalämpötila, °C.

Lämpökuormien aiheuttama säteilylämpövirta lasketaan kaavalla

$$q_{\text{kuorma}} = q_{\text{sät.kuorma}} F_{\text{kuorma-vaippa}} \quad (\text{C12})$$

jossa

q_{kuorma} on lämpökuormien säteilylämpövirta vaippaan, W/m²
 $q_{\text{sät.kuorma}}$ on lämpökuorman säteilylämpövirta, W/m²
 $F_{\text{kuorma-vaippa}}$ näkyvyyskerroin lämpökuorman ja vaipan välillä.

Näkyvyyskerroimet riippuvat hallin geometriasta, joten tarkkoja yleispäteviä näkyvyyskerroimien arvoja ei voida antaa. Seuraavassa taulukossa on arvioitu eri lämpökuormien näkyvyyskerroimia eri pinnoille.

Taulukko C1. Lämpökuormien säteilylämmönsiirtoon liittyviä arvioituja näkyvyyskerroimia jäähän ja vaippaan.

Lämpökuorma	Näkyvyyskerroin jäähän	Näkyvyyskerroin vaippaan
Ratavalaistus	0.40	0.55
Luistelijat	0.45	0.55
Katsojat	.05	.55

Seuraavissa taulukoissa on valmiiksi laskettuja arvoja jään säteilylämmönsiirtokertoimelle tyyppisille harjoitushalleille sekä vaipan pintalämpötiloja.

Taulukko C2. Säteilyn lämmönsiirtokerroin $\alpha_{\text{sät,jää}}$ kuukausittain harjoitusjäähallille, parametrina vaipan U-arvo. Lämmönsiirtokerroin on laskettu seuraavilla oletuksilla: hallin tilavuus 20 000 m³ (korkeus 9 m, leveys 33 m, pituus 67 m), vaipan sisäpinnan emissiviteetti 0.9, jään pinta-ala 1 800 m², Helsingin sää, vaipan ulkopinnan absorptiokerroin 0.7 (vastaa pinnan väriä harmaa, ruskea, punainen), valaistuskuorma 16 kW, luistelijat 30 henkilöä ja katsojat 10 henkilöä, katsomon lämpötila sama kuin hallin ilman lämpötila, jään pintalämpötila -3 °C, vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin 3 W/(m²K).

Jään säteilylämmönsiirtokerroin ($\alpha_{\text{sät}}$) hallin lämpötilalla +6 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	2.6	2.6	2.5	2.4	2.3	1.6	0.0
Helmikuu	2.6	2.6	2.5	2.4	2.2	1.6	-0.2
Maaliskuu	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.5	1.9
Huhtikuu	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.1
Toukokuu	3.0	3.1	3.1	3.3	3.4	4.0	5.7
Kesäkuu	3.1	3.2	3.3	3.5	3.7	4.7	7.3
Heinäkuu	3.1	3.2	3.2	3.4	3.5	4.4	6.6
Elokuu	3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	4.5	6.9
Syyskuu	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.7	4.9
Lokakuu	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	3.2
Marraskuu	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.4
Joulukuu	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.1	1.1
Jään säteilylämmönsiirtokerroin ($\alpha_{\text{sät}}$) hallin lämpötilalla +12 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	2.6	2.6	2.6	2.5	2.4	1.8	0.5
Helmikuu	2.6	2.6	2.5	2.4	2.3	1.8	0.4
Maaliskuu	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.3	1.7
Huhtikuu	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.6	2.4
Toukokuu	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.3	4.0
Kesäkuu	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.7	5.0
Heinäkuu	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.5	4.5
Elokuu	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.6	4.7
Syyskuu	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.1	3.5
Lokakuu	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.5
Marraskuu	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.5	2.0
Joulukuu	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.1	1.2

Taulukko C3. Säteilyn lämmönsiirtokerroin $\alpha_{\text{sät,jää}}$ kuukausittain harjoitusjäähallille, parametrina vaipan U-arvo. Lämmönsiirtokerroin on laskettu seuraavilla oletuksilla: hallin tilavuus 40 000 m³ (korkeus 13 m, leveys 45 m, pituus 68 m), vaipan sisäpinnan emissiviteetti 0.9, jään pinta-ala 18 00 m², Helsingin sää, vaipan ulkopinnan absorptiokerroin 0.7 (vastaa pinnan väriä harmaa, ruskea, punainen), valaistuskormi 16 kW, luistelijat 30 henkilöä ja katsojat 10 henkilöä, katsomon lämpötila sama kuin hallin ilman lämpötila, jään pintalämpötila –3 °C, vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin 3 W/(m²K).

Jään säteilylämmönsiirtokerroin ($\alpha_{\text{sät}}$) hallin lämpötilalla +6 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.0	0.1
Helmikuu	3.0	3.0	2.9	2.8	2.6	1.9	0.0
Maaliskuu	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	2.8	2.1
Huhtikuu	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Toukokuu	3.5	3.5	3.6	3.7	3.8	4.4	6.0
Kesäkuu	3.6	3.7	3.8	3.9	4.1	5.1	7.7
Heinäkuu	3.6	3.6	3.7	3.8	4.0	4.8	6.9
Elokuu	3.6	3.7	3.7	3.9	4.0	4.9	7.3
Syyskuu	3.4	3.5	3.5	3.6	3.7	4.1	5.2
Lokakuu	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.5
Marraskuu	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	2.7
Joulukuu	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	2.5	1.3
Jään säteilylämmönsiirtokerroin ($\alpha_{\text{sät}}$) hallin lämpötilalla +12 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	3.1	3.1	3.0	2.9	2.8	2.2	0.7
Helmikuu	3.1	3.1	3.0	2.9	2.8	2.2	0.6
Maaliskuu	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	2.7	1.9
Huhtikuu	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.0	2.6
Toukokuu	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.7	4.3
Kesäkuu	3.5	3.5	3.5	3.6	3.7	4.1	5.3
Heinäkuu	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.9	4.8
Elokuu	3.5	3.5	3.5	3.6	3.7	4.0	5.0
Syyskuu	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.8
Lokakuu	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1	2.7
Marraskuu	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	2.9	2.2
Joulukuu	3.2	3.2	3.1	3.0	3.0	2.5	1.4

Taulukko C4. Säteilyn lämmönsiirtokerroin $\alpha_{\text{sät,jää}}$ kuukausittain harjoitusjäähallille, parametrina vaipan U-arvo. Lämmönsiirtokertoimet on laskettu seuraavilla oletuksilla: hallin tilavuus 80 000 m³ (korkeus 15 m, leveys 62 m, pituus 86 m), vaipan sisäpinnan emissiviteetti 0.9, jään pinta-ala 1 800 m², Helsingin sää, vaipan ulkopinnan absorptiokerroin 0.7 (vastaa pinnan väriä harmaa, ruskea, punainen), valaistuskormu 16 kW, luistelijat 30 henkilöä ja katsojat 10 henkilöä, katsomon lämpötila sama kuin hallin ilman lämpötila, jään pintalämpötila –3 °C, vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin 3 W/(m²K).

Jään säteilylämmönsiirtokerroin ($\alpha_{\text{sät}}$) hallin lämpötilalla +6 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	3.5	3.4	3.4	3.2	3.1	2.3	0.4
Helmikuu	3.5	3.4	3.3	3.2	3.0	2.2	0.2
Maaliskuu	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.2	2.4
Huhtikuu	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.5
Toukokuu	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2	4.8	6.3
Kesäkuu	4.0	4.1	4.2	4.4	4.5	5.5	8.0
Heinäkuu	4.0	4.1	4.1	4.2	4.4	5.1	7.2
Elokuu	4.0	4.1	4.2	4.3	4.5	5.3	7.6
Syyskuu	3.9	3.9	3.9	4.0	4.1	4.5	5.5
Lokakuu	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
Marraskuu	3.7	3.7	3.6	3.6	3.6	3.4	2.9
Joulukuu	3.6	3.5	3.5	3.4	3.3	2.8	1.5
Jään säteilylämmönsiirtokerroin ($\alpha_{\text{sät}}$) hallin lämpötilalla +12 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	3.6	3.5	3.5	3.4	3.2	2.6	0.9
Helmikuu	3.6	3.5	3.5	3.4	3.2	2.5	0.8
Maaliskuu	3.7	3.7	3.6	3.6	3.5	3.1	2.1
Huhtikuu	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.4	2.9
Toukokuu	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0	4.1	4.6
Kesäkuu	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.5	5.6
Heinäkuu	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.3	5.1
Elokuu	3.9	4.0	4.0	4.0	4.1	4.4	5.3
Syyskuu	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9	4.1
Lokakuu	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.5	3.0
Marraskuu	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6	3.3	2.5
Joulukuu	3.7	3.6	3.6	3.5	3.4	2.9	1.6

Taulukko C5. Vaipan pintalämpötila, T_{vaippa} , kuukausittain harjoitusjäähallille, parametrina vaipan U-arvo. Lämmönsiirtokerroimet on laskettu seuraavilla oletuksilla: hallin tilavuus 20 000 m³ (korkeus 9 m, leveys 33 m, pituus 67 m), vaipan sisäpinnan emissiviteetti 0.9, jään pinta-ala 1 800 m², Helsingin sää, vaipan ulkopinnan absorptiokerroin 0.7 (vastaa pinnan väriä harmaa, ruskea, punainen), valaistuskormu 16 kW, luistelijat 30 henkilöä ja katsojat 10 henkilöä, katsomon lämpötila sama kuin hallin ilman lämpötila, jään pintalämpötila -3 °C, vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin 3 W/(m²K).

Vaipan pintalämpötila (T_{vaippa}) hallin lämpötilalla +6 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	2.6	2.5	2.4	2.2	1.9	0.6	-3.0
Helmikuu	2.6	2.5	2.4	2.1	1.9	0.4	-3.4
Maaliskuu	2.9	2.9	2.9	2.8	2.7	2.3	1.2
Huhtikuu	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.6
Toukokuu	3.5	3.6	3.7	4.0	4.2	5.5	8.9
Kesäkuu	3.7	3.9	4.1	4.4	4.8	6.8	12.0
Heinäkuu	3.6	3.8	3.9	4.2	4.5	6.2	10.6
Elokuu	3.7	3.8	4.0	4.3	4.6	6.5	11.2
Syyskuu	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.9	7.4
Lokakuu	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.4	3.9
Marraskuu	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.8	2.3
Joulukuu	2.8	2.8	2.7	2.5	2.4	1.6	-0.5
Vaipan pintalämpötila (T_{vaippa}) hallin lämpötilalla +12 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	6.3	6.2	6.0	5.7	5.4	3.6	-1.2
Helmikuu	6.3	6.1	6.0	5.6	5.3	3.4	-1.6
Maaliskuu	6.6	6.5	6.5	6.3	6.2	5.3	3.0
Huhtikuu	6.8	6.7	6.7	6.7	6.6	6.3	5.4
Toukokuu	7.2	7.2	7.3	7.5	7.6	8.5	10.7
Kesäkuu	7.4	7.5	7.6	7.9	8.2	9.7	13.8
Heinäkuu	7.3	7.4	7.5	7.7	7.9	9.1	12.4
Elokuu	7.3	7.4	7.6	7.8	8.0	9.4	13.0
Syyskuu	7.0	7.1	7.1	7.2	7.3	7.8	9.2
Lokakuu	6.8	6.8	6.8	6.7	6.7	6.4	5.7
Marraskuu	6.7	6.6	6.6	6.5	6.4	5.7	4.1
Joulukuu	6.5	6.4	6.3	6.1	5.8	4.6	1.3

Taulukko C6. Vaipan pintalämpötila, T_{vaippa} , kuukausittain harjoitusjäähallille, parametrina vaipan U-arvo. Lämmönsiirtokerroimet on laskettu seuraavilla oletuksilla: hallin tilavuus 40 000 m³ (korkeus 13 m, leveys 45 m, pituus 68 m), vaipan sisäpinnan emissiviteetti 0.9, jään pinta-ala 1 800 m², Helsingin sää, vaipan ulkopinnan absorptiokerroin 0.7 (vastaa pinnan väriä harmaa, ruskea, punainen), valaistuskormi 16 kW, luistelijat 30 henkilöä ja katsojat 10 henkilöä, katsomon lämpötila sama kuin hallin ilman lämpötila, jään pintalämpötila -3 °C, vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin 3 W/(m²K).

Vaipan pintalämpötila (T_{vaippa}) hallin lämpötilalla +6 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	3.5	3.3	3.2	3.0	2.7	1.2	-2.7
Helmikuu	3.4	3.3	3.2	2.9	2.6	1.0	-3.1
Maaliskuu	3.8	3.7	3.7	3.6	3.5	2.9	1.5
Huhtikuu	4.0	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9
Toukokuu	4.4	4.5	4.6	4.8	5.0	6.2	9.3
Kesäkuu	4.6	4.7	4.9	5.2	5.6	7.5	12.4
Heinäkuu	4.5	4.6	4.8	5.0	5.3	6.9	11.0
Elokuu	4.5	4.7	4.8	5.1	5.5	7.2	11.7
Syyskuu	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7	5.6	7.8
Lokakuu	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.3
Marraskuu	3.9	3.8	3.8	3.8	3.7	3.4	2.7
Joulukuu	3.7	3.6	3.5	3.3	3.2	2.2	-0.2
Vaipan pintalämpötila (T_{vaippa}) hallin lämpötilalla +12 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	7.8	7.6	7.4	7.1	6.7	4.7	-0.6
Helmikuu	7.7	7.6	7.4	7.0	6.6	4.5	-1.0
Maaliskuu	8.1	8.0	7.9	7.7	7.5	6.4	3.6
Huhtikuu	8.2	8.2	8.2	8.1	8.0	7.4	6.0
Toukokuu	8.6	8.7	8.7	8.9	9.0	9.6	11.4
Kesäkuu	8.9	9.0	9.1	9.3	9.6	10.9	14.4
Heinäkuu	8.8	8.8	8.9	9.1	9.3	10.3	13.1
Elokuu	8.8	8.9	9.0	9.2	9.4	10.6	13.7
Syyskuu	8.5	8.6	8.6	8.6	8.7	9.0	9.8
Lokakuu	8.3	8.2	8.2	8.1	8.0	7.6	6.4
Marraskuu	8.2	8.1	8.0	7.9	7.7	6.9	4.8
Joulukuu	7.9	7.8	7.7	7.4	7.2	5.7	1.9

Liite C: Jään pinnan säteilytase

Taulukko C7. Vaipan pintalämpötila, T_{vaippa} , kuukausittain harjoitusjäähallille, parametrina vaipan U-arvo. Lämmönsiirtokerroimet on laskettu seuraavilla oletuksilla: hallin tilavuus 80 000 m³ (korkeus 15 m, leveys 62 m, pituus 86 m), vaipan sisäpinnan emissiviteetti 0.9, jään pinta-ala 1 800 m², Helsingin sää, vaipan ulkopinnan absorptiokerroin 0.7 (vastaa pinnan väriä harmaa, ruskea, punainen), valaistuskormi 16 kW, luistelijat 30 henkilöä ja katsojat 10 henkilöä, katsomon lämpötila sama kuin hallin ilman lämpötila, jään pintalämpötila -3 °C, vaipan pinnan konvektion lämmönsiirtokerroin 3 W/(m²K).

Vaipan pintalämpötila (T_{vaippa}) hallin lämpötilalla +6 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	4.2	4.1	4.0	3.7	3.4	1.9	-2.2
Helmikuu	4.2	4.1	3.9	3.7	3.4	1.7	-2.6
Maaliskuu	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2	3.6	1.9
Huhtikuu	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.6	4.4
Toukokuu	5.1	5.2	5.3	5.5	5.7	6.8	9.7
Kesäkuu	5.3	5.5	5.7	6.0	6.3	8.1	12.8
Heinäkuu	5.2	5.4	5.5	5.8	6.0	7.5	11.4
Elokuu	5.3	5.4	5.6	5.9	6.2	7.8	12.0
Syyskuu	5.0	5.1	5.1	5.3	5.4	6.2	8.2
Lokakuu	4.8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
Marraskuu	4.6	4.6	4.6	4.5	4.4	4.1	3.1
Joulukuu	4.4	4.3	4.3	4.1	3.9	2.9	0.2
Vaipan pintalämpötila (T_{vaippa}) hallin lämpötilalla +12 °C							
Kuukausi	Vaipan U-arvo, W/(m ² K)						
	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	1	2
Tammikuu	9.1	9.0	8.8	8.4	8.0	5.9	0.2
Helmikuu	9.1	8.9	8.7	8.4	8.0	5.7	-0.2
Maaliskuu	9.4	9.3	9.2	9.0	8.8	7.6	4.4
Huhtikuu	9.6	9.5	9.5	9.4	9.2	8.6	6.8
Toukokuu	10.0	10.0	10.1	10.2	10.3	10.8	12.1
Kesäkuu	10.2	10.3	10.4	10.6	10.8	12.0	15.2
Heinäkuu	10.1	10.2	10.3	10.4	10.6	11.4	13.8
Elokuu	10.2	10.2	10.3	10.5	10.7	11.7	14.4
Syyskuu	9.9	9.9	9.9	9.9	10.0	10.1	10.6
Lokakuu	9.6	9.6	9.5	9.4	9.3	8.7	7.1
Marraskuu	9.5	9.4	9.4	9.2	9.0	8.0	5.5
Joulukuu	9.3	9.2	9.0	8.8	8.5	6.9	2.7

Liite D: Pumppaus

Kylmäliuoksen pumppaus aiheuttaa kylmäkoneistolle lämpökuorman, jonka suuruus riippuu pumpun sähkötehosta (mitoituksesta) ja ominaisuuksista. Kuivamoottoripumpussa kylmäkoneiston lämpökuormaksi siirtyy sähkötehosta suurin osa; vain sähkömoottorin häviöteho siirtyy lämpönä konehuoneeseen.

Kylmäliuospumppun sähkötehontarve lasketaan kaavalla

$$P_{\text{liuospumppu}} = \frac{q_{v,\text{liuos}} \Delta p}{\eta_p \eta_m \eta_s} \quad (\text{D1})$$

jossa

$P_{\text{liuospumppu}}$ on pumppauksen sähköteho, kW

$q_{v,\text{liuos}}$ on kylmäliuoksen tilavuusvirtaus, m³/s

Δp on jäähdytyspiirin painehäviö, kPa

η_p on pumpun hyötysuhde

η_m on moottorin hyötysuhde

η_s on pumpun säätölaitteen (esim. taajuusmuuttaja) hyötysuhde.

Radan jäähdytyspiirin painehäviö, johon ei ole liitetty kondensoivaa kuivausta, on putkiston, putkistovarusteiden ja lämmönsiirtimen painehäviöiden summa:

$$\Delta p_{\text{rata}} = \Delta p_{\text{putket}} + \Delta p_{\text{varusteet}} + \Delta p_{\text{lämmönsiirrin}} \quad (\text{D2})$$

Putkien painehäviö muodostuu rataputkien ja jakoputkien painehäviöstä. Putkien painehäviö riippuu kylmäaineen tilavuusvirtauksesta, kylmäliuoksen ominaisuuksista ja putkidimensiosta. Myös varusteiden ja lämmönsiirtimien painehäviö riippuu tilavuusvirtauksesta ja käytetyn kylmäliuoksen ominaisuuksista.

Kuivauspiirin painehäviö määritetään erikseen ja sen aiheuttama painehäviö lisätään ratapiirin painehäviöön. Jäähdytysverkoston kokonaispainehäviötä laskettaessa kuivauspiirin painehäviö voidaan laskea suoraan yhteen ratapiirin painehäviön kanssa, jos kuivauspiiri on kytketty sarjaan ratapiirin kanssa. Jos taas kuivainpiiri on kytketty rinnan, on kuivainpiirin ja ratapiirin yhteinen painehäviö laskettava kaavalla

$$\Delta p_{\text{jäähdytys}} = \Delta p_{\text{sarjassa}} + \Delta p_{\text{rinnan}} \quad (\text{D3})$$

jossa

$\Delta p_{\text{jäähdytys}}$ on koko jäähdytyspiirin painehäviö

$\Delta p_{\text{sarjassa}}$ on sarjassa olevan verkosto-osan painehäviö

Δp_{rinnan} on rinnakkain kytketyn verkosto-osan painehäviö.

Liite D: Pumppaus

Rinnakkain kytketyn verkosto-osan painehäviö lasketaan kaavalla

$$\Delta p_{rinnan} = \frac{(q_{v,1} + q_{v,2})^2}{\frac{q_{v,1}}{\sqrt{\Delta p_1}} + \frac{q_{v,2}}{\sqrt{\Delta p_2}}} \quad (D4)$$

jossa

$q_{v,1}$ on verkosto-osan 1 tilavuusvirtaus, dm^3/s

$q_{v,2}$ on verkosto-osan 2 tilavuusvirtaus, dm^3/s

Δp_1 on verkosto-osan 1 painehäviö, joka on kytketty rinnan verkosto-osan 2 kanssa, kPa

Δp_2 on verkosto-osan 2 painehäviö, joka on kytketty rinnan verkosto-osan 1 kanssa, kPa.

Liite E: Ilman aineominaisuuksia

Taulukko E1. Ilman vesisisältö ja entalpia eri lämpötila- ja kosteusolosuhteissa.

Ilman olosuhde		Vesisisältö, g/kg	Entalpia, kWs/kg
Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %		
4	60	3,01	11,58
	65	3,26	12,21
	70	3,52	12,84
	75	3,77	13,48
	80	4,02	14,11
6	60	3,46	14,74
	65	3,76	15,47
	70	4,05	16,20
	75	4,34	16,93
	80	4,63	17,66
8	60	3,98	18,05
	65	4,31	18,89
	70	4,65	19,73
	75	4,98	20,57
	80	5,31	21,42
10	60	4,56	21,54
	65	4,94	22,50
	70	5,32	23,47
	75	5,71	24,44
	80	6,09	25,40
12	60	5,21	25,22
	65	5,65	26,32
	70	6,09	27,43
	75	6,53	28,54
	80	6,97	29,65

Liite E: Ilman aineominaisuuksia

Taulukko E2. Kyllästystilaa vastaava ilman vesisisältö eri lämpötiloissa.

Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %	Vesisisältö, g/kg	Entalpia, kWs/kg
-5	100	2,48	1,14
-4	100	2,70	2,70
-3	100	2,94	4,31
-2	100	3,20	5,97
-1	100	3,47	7,68
0	100	3,78	9,44
2	100	4,36	12,94
4	100	5,04	16,65
6	100	5,80	20,59
8	100	6,66	24,80
10	100	7,63	29,29
12	100	8,73	34,10

Liite F: Säätiiedot

Taulukko F1. Säätiiedot kuukausittain, Helsinki 1979. Ulkoilman keskilämpötilat ja auringon säteilyenergiatiedot (D5 2007).

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, ja efektiiviset ulkoilma- lämpötilat eri vaipan auringon absorptio- ominaisuuksilla. Vaalea – absorptiokerroin 0.5, harmaa 0.7 ja tumma 0.9				Auringon vuorokautinen keskimääräinen kokonaissäteilyteho vaakatasolle, $G_{\text{säteily,vaakapinta}}$	Ulkoilman vesisisältö, x_U	Ulkoilman entalpia, h_U
	T_U °C	$T_{U,\text{eff,vaalea}}$ °C	$T_{U,\text{eff,harmaa}}$ °C	$T_{U,\text{eff,tumma}}$ °C	kWh/m ²	g/kg	kWs/kg
Tammikuu	-8,53	-8,34	-8,26	-8,19	9,5	1,76	-4,20
Helmikuu	-9,75	-8,92	-8,59	-8,26	41,5	1,54	-5,99
Maaliskuu	-1,68	-0,20	0,40	0,99	74,2	2,78	5,25
Huhtikuu	1,8	4,68	5,83	6,99	144,0	3,04	9,41
Toukokuu	10,8	15,31	17,12	18,92	225,5	5,27	24,15
Kesäkuu	16	21,42	23,59	25,76	271,1	6,81	33,34
Heinäkuu	14,7	18,24	19,66	21,07	177,0	8,83	37,12
Elokuu	16	19,51	20,92	22,32	175,5	8,50	37,60
Syyskuu	9,69	11,69	12,49	13,30	100,1	5,43	23,43
Lokakuu	3,95	4,84	5,20	5,56	44,6	4,29	14,74
Marraskuu	1,42	1,61	1,69	1,77	9,6	3,89	11,18
Joulukuu	-3,85	-3,72	-3,67	-3,62	6,3	2,58	2,57

Liite F: Säätiiedot

Taulukko F2. Säätiiedot kuukausittain, Jokioinen 1979. Ulkoilman keskilämpötilat ja auringon säteilyenergiatiedot (D5 2007).

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, ja efektiiviset ulkoilma- lämpötilat eri vaipan auringon absorptio- ominaisuuksilla. Vaalea – absorptiokerroin 0.5, harmaa 0.7 ja tumma 0.9				Auringon vuorokautinen keskimääräinen kokonaissäteilyteho vaakatasolle, $G_{\text{säteily,vaakapinta}}$	Ulkoilman vesisisältö, x_U	Ulkoilman entalpia, h_U
	T_U °C	$T_{U,\text{eff,vaalea}}$ °C	$T_{U,\text{eff,harmaa}}$ °C	$T_{U,\text{eff,tumma}}$ °C	kWh/m ²	g/kg	kWs/kg
Tammikuu	-9,16	-8,97	-8,89	-8,82	7,1	1,69	-5,02
Helmikuu	-10,4	-9,58	-9,25	-8,92	27,6	1,51	-6,72
Maaliskuu	-1,8	-0,36	0,21	0,79	53,5	2,76	5,08
Huhtikuu	1,68	4,27	5,31	6,35	93,4	2,96	9,10
Toukokuu	10,5	14,64	16,30	17,96	154,1	5,10	23,42
Kesäkuu	15,5	20,71	22,79	24,88	187,5	6,78	32,74
Heinäkuu	14,2	17,51	18,84	20,17	123,3	8,60	36,01
Elokuu	15,2	18,66	20,04	21,42	128,6	8,56	36,94
Syyskuu	9,08	10,94	11,69	12,43	67	5,67	23,40
Lokakuu	3,37	4,20	4,54	4,87	31	4,11	13,71
Marraskuu	0,81	1,03	1,11	1,20	7,8	3,68	10,04
Joulukuu	-5,25	-5,13	-5,08	-5,03	4,5	2,43	0,78

Taulukko F3. Säätiiedot kuukausittain, Jyväskylä 1979. Ulkoilman keskilämpötilat ja auringon säteilyenergiatiedot (D5 2007).

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, ja efektiiviset ulkoilma- lämpötilat eri vaipan auringon absorptio- ominaisuuksilla. Vaalea – absorptiokerroin 0.5, harmaa 0.7 ja tumma 0.9				Auringon vuorokautinen keskimääräinen kokonaissäteilyteho vaakatasolle, $G_{\text{säteily,vaakapinta}}$	Ulkoilman vesisisältö, x_U	Ulkoilman entalpia, h_U
	T_U °C	$T_{U,\text{eff,vaalea}}$ °C	$T_{U,\text{eff,harmaa}}$ °C	$T_{U,\text{eff,tumma}}$ °C	kWh/m ²	g/kg	kWs/kg
Tammikuu	-10,6	-10,45	-10,39	-10,32	5,7	1,61	-6,66
Helmikuu	-12,2	-11,51	-11,23	-10,95	23,3	1,48	-8,61
Maaliskuu	-2,58	-1,31	-0,80	-0,29	47,3	2,73	4,23
Huhtikuu	0,2	2,79	3,83	4,87	93,4	2,88	7,41
Toukokuu	10,3	14,25	15,84	17,42	147,1	4,93	22,79
Kesäkuu	14,9	19,66	21,57	23,47	171,4	6,74	32,04
Heinäkuu	15	18,72	20,21	21,70	138,4	8,36	36,22
Elokuu	14,8	17,93	19,18	20,43	116,4	8,62	36,69
Syyskuu	7,97	9,68	10,36	11,04	61,4	5,90	22,87
Lokakuu	1,73	2,45	2,73	3,02	26,6	3,94	11,60
Marraskuu	-0,59	-0,44	-0,38	-0,32	5,5	3,48	8,09
Joulukuu	-6,9	-6,82	-6,79	-6,76	2,8	2,28	-1,27

Liite F: Säätiiedot

Taulukko F4. Säätiiedot kuukausittain, Sodankylä 1979. Ulkoilman keskilämpötilat ja auringon säteilyenergiatiedot (D5 2007).

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, ja efektiiviset ulkoilma- lämpötilat eri vaipan auringon absorptio- ominaisuuksilla. Vaalea – absorptiokerroin 0.5, harmaa 0.7 ja tumma 0.9				Auringon vuorokautinen keskimääräinen kokonaissäteilyteho vaakatasolle, $G_{\text{säteily,vaakapinta}}$	Ulkoilman vesisisältö, x_U	Ulkoilman entalpia, h_U
	T_U °C	$T_{U,\text{eff,vaalea}}$ °C	$T_{U,\text{eff,harmaa}}$ °C	$T_{U,\text{eff,tumma}}$ °C	kWh/m ²	g/kg	kWs/kg
Tammikuu	-18,3	-18,26	-18,24	-18,23	1,5	0,84	-16,34
Helmikuu	-14,9	-14,57	-14,44	-14,31	11,1	1,15	-12,25
Maaliskuu	-7,03	-5,85	-5,38	-4,91	43,8	2,09	-1,94
Huhtikuu	-3,62	-0,91	0,18	1,27	97,7	2,13	1,90
Toukokuu	5,79	9,29	10,69	12,09	130,1	1,54	15,86
Kesäkuu	12,2	16,18	17,77	19,36	143,2	0,66	27,32
Heinäkuu	14,7	18,94	20,64	22,34	157,8	0,71	32,04
Elokuu	12,6	15,38	16,50	17,61	103,6	0,83	30,21
Syyskuu	6,25	7,60	8,14	8,68	48,5	0,70	19,25
Lokakuu	-3,1	-2,57	-2,36	-2,15	19,7	2,00	3,34
Marraskuu	-5,44	-5,35	-5,32	-5,29	3,1	2,27	0,47
Joulukuu	-9,97	-9,96	-9,96	-9,96	0,3	1,87	-5,35

Liite G: Ilmalämmityksen ilmavirta

Ilmalämmityksessä tarvittava ilmavirta saadaan kaavalla

$$q_{iv,lämmitys} = \frac{\phi_{lämmitys}}{c_{p,i} \rho_i (T_t - T_s)} \quad (G1)$$

jossa

$q_{iv,lämmitys}$ on ilmalämmityksessä tarvittava tuloilman tilavuusvirtaus, m³/s

$\phi_{lämmitys}$ on hallin lämmitystehontarve, kW

$c_{p,i}$ on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1 000 Ws/(kgK)

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

T_t on halliin puhallettavan tuloilman lämpötila, °C

T_s on hallin lämpötila, °C.

Tuloilmapuhaltimen ominaissähköteho voidaan laskea ilmakanaviston painehäviön ja puhaltimen hyötysuhteen sekä moottorin ja säätölaitteen hyötysuhteiden perusteella. Ilman tarkentavia laskelmia tuloilmapuhaltimen ominaissähkötehona voidaan käyttää arvoa 1,5 kW/(m³/s)

Tuloilmapuhaltimen sähköenergiankulutus saadaan kaavalla

$$W_{tuloilma} = P_{es} q_{iv,lämmitys} \Delta t \quad (G2)$$

jossa

$W_{tuloilma}$ on tuloilmapuhaltimen sähköenergiankulutus, kWh

P_{es} on puhaltimen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

$q_{iv,lämmitys}$ on ilmalämmityksen keskimääräinen ilmavirta laskentajaksolla, m³/s

Δt on puhaltimen käyttöaika laskentajaksolla, h.

Liite H: Jäähdytystekniikkaan liittyviä standardeja

Taulukko H1. Jäähdytystekniikkaan liittyviä standardeja. Nimi on esitetty siinä muodossa ja sillä kielellä, jolla se esiintyy SFS-standardien luettelossa.

Numero	Nimi
SFS 5096	Kylmälaitos
SFS-EN 378-1	Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 1: Perusvaatimukset, määritelmät, luokittelu ja valintakriteerit
SFS-EN 378-2:en	Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 2: Suunnittelu, rakenne, testaus, merkintä ja dokumentointi
SFS-EN 378-3:en	Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 3: Asennuspaikka ja henkilökohtainen suojelu
SFS-EN 378-4:en	Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 4: Käyttö, huolto, korjaus ja talteenotto
SFS-EN 1117/A1:en	Heat exchangers. Liquid cooled refrigerant condensers. Test procedures for establishing the performance
SFS-EN 1736:en	Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Joustavat putkielementit, tärinän eristimet ja laajennusyhteet. Vaatimukset, suunnittelu ja asennus
SFS-EN 1861	Kylmäjärjestelmät ja lämpöpumput. Järjestelmän virtauskaaviot ja putki- ja instrumentointi-kaaviot. Asettelu ja merkit
SFS-EN 12178:en	Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Nestetason näyttölaitteet. Vaatimukset, testaukset ja merkintä
SFS-EN 12263:en	Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Paineenrajoituksen varolaitteet. Vaatimukset ja testaukset
SFS-EN 12900:en	Refrigerant compressors. Rating conditions, tolerances and presentation of manufacturer's performance data
SFS-EN 13136:en	Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Ylipaineen varolaitteet. Laskentamenetelmät
SFS-EN 13215:en	Condensing units for refrigeration. Rating conditions, tolerances and presentation of manufacturer's performance data
SFS-EN 13313:en	Jäähdytysjärjestelmät ja lämpöpumput. Henkilöstön pätevyys
SFS-EN 13771-1:en	Compressors and condensing units for refrigeration. Performance testing and test methods. Part 1: Refrigerant compressors
SFS-EN 13771-2:en	Compressors and condensing units for refrigeration. Performance testing and test methods. Part 2: Condensing units
SFS-EN 14276-1:en	Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Osa 1: Laitteet. Yleiset vaatimukset
SFS-EN 14276-2:en	Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Osa 2: Putkisto. Yleiset vaatimukset

Liite I: Mitoitusolosuhteet

Mitoituksessa käytettävät ulkoilmaolosuhteet eri ilmastovyöhykkeille on esitetty taulukossa H2. Taulukon lämpötila ja vesisisältöarvot perustuvat lähteessä Heino & Hellsten (1983) julkaistuihin heinäkuun säätietoihin. Sää tiedot on valittu siten, että mainitut arvot ylittyvät 1 %:n aikana heinäkuussa. On siis mahdollista, että kyseiset arvot ylittäviä jaksoja esiintyy tarkastelujaksolla, mutta sen ei ole oletettu olevan kriittistä harjoitusjäähallin laitteistojen mitoituksen kannalta. Auringon säteilytehot ovat vuorokauden keskitehoja, ja ne on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 esitettyjen auringon kokonaissäteilyenergian vaakatasolle ilmoitettujen lukujen perusteella. Kokonaissäteilyenergiaksi on valittu kullekin säävyöhykkeelle suurin kesäaikainen (max[kesäkuu, heinäkuu, elokuu]) kokonaissäteilyenergia.

Taulukko H2. Ulkoilman mitoitusolosuhteet eri ilmastovyöhykkeillä. Kaikki arvot ovat vuorokautisia keskiarvoja.

Säävyöhyke	Ulkolämpötila T_u , °C	Ulkoilman vesisisältö x_u , g/kg	Auringon säteilyteho vaakatasolle, $q_{\text{säteily, vaakapinta}}$, W/m ²
I Helsinki	23.4	12,9	271
II Jokioinen	22.6	12,6	260
III Jyväskylä	23.3	12.6	238
IV Sodankylä	23.4	11.5	212

Liite J: Tarjouspyyntöasiakirjan malli

Yrityksenne on hyväksytty esivalittujen tarjoajien joukkoon (5 yritystä). Pyydämme tarjoustanne _____ jäähallin kylmäkoneiston uusimiseksi ja jääalustan uudelleen rakentamiseksi ohjausjärjestelmineen liitteenä olevien tarjouspyyntöasiakirjojen mukaisesta urakasta.

1. Tilaaja

Kunnan jäähallit Oy

Rakennuttajapäällikkö _____

Puhelin _____

2. Rakennuskohde

3. Urakan sisältö

Vaihtoehto A

Urakkaan sisältyy kylmäkoneiston ja laitteiston suunnittelu ja rakentaminen. Lisäksi tehtäviin kuuluu koneiston huolto- ja kunnossapito x vuoden ajan.

Vaihtoehto B

Urakkakokonaisuuteen sisältyy kylmäkoneiston ja jääalustan suunnittelu, uusiminen ja rahoitus elinkaaripalveluna. Laitteisto on toimittajan omistuksessa x vuoden sopimusajan, jonka ajan palveluntuottaja huoltaa ja pitää sen toimintakunnossa.

4. Tarjouksen jättäminen

Urakkatarjous suunnitelmineen on jätettävä _____._____ mennessä osoitteeseen _____.

5. Tarjouksen voimassaoloaika

Tarjouksen on oltava voimassa _____._____ saakka.

Paikka ja päiväys

Allekirjoitukset

Liitteenä ovat tarjouspyyntöasiakirjat

Urakkaohjelma

Suunnitteluohje liitteineen

Vanhat suunnitelmat ja taustaselvitykset

Liite K: Urakkaohjelman malli suunnittelu, toteutus, huolto ja kunnossapito (STH)

1. Tilaaja ja rakennuskohde

- 1.1. Tilaajan yhteystiedot
- 1.2. Suunnittelijat ja muut urakoitsijat
- 1.3. Rakennuskohteen kuvaus
- 1.4. Tutustuminen rakennuskohteeseen

Tilaaja järjestää yrityksille tutustumispäivän rakennuskohteeseen x ajankohtana.

2. Hankintamenettely

2.1. Hankintamenettely

Rajoitettu menettely, jossa tarjoajiksi on esivalittu 5 yritystä. Ilmoittautumispyyntö kilpailuun on julkaistu ...

2.2. Kilpailun tavoitteet, sisältö ja osallistujat

Tavoitteena on hankkia kokonaistaloudellisesti edullinen ja hyvin toimiva ratkaisu jäähallin kylmäkoneistoksi ja jääalustaksi sekä parantaa hallin energiataloutta hyödyntämällä lauhdelämpöjä tarkemmin. Työhön sisältyy myös jääkoneiston ja jääalustan toimintakunnossa pito huoltoineen x vuoden ajan. Ennakoimattomat korjaustyöt sovitun x vuoden ajan kuuluvat sopimuskokonaisuuteen. Urakkaan sisältyy vanhan koneiston ja jääalustan purkaminen ja kylmäaineiden poisto.

Hankinnan tekniset vaatimukset ja toimivuusvaatimukset on tarkemmin esitetty liitteessä x.

2.3. Tarjousten arviointi

Tarjouksen arvioinnin suorittaa arviointiryhmä, johon kuuluvat...

Valintakriteereitä ovat suunnitteluratkaisun laatu (a %), suunnittelun ja rakentamisen kokonaishinta (b %), vuosihuollon + käyttötuen hinta/vuosi c % ja palkkio ennakoimattomista korjauksista (d %)(suluissa valintakriteerin painotus %). Tarjoaja esittää palkkion korjauskustannuksista prosentteina.

2.4. Tarjouspyyntöasiakirjat

Tarjouspyyntökirje, tämä urakkaohjelma, urakkarajaliite, yksikköhintaluettelo, tarjouslomake. Tekniset asiakirjat: hallin ja laitteiston lähtötiedot (piirustukset, työselitykset, järjestelmäkaaviot, huolto- ja korjaushistoria, kuntotutkimusraportti, vanhan koneiston toimivuuspuutteet), jääkoneiston toimivuusvaatimukset ja suunniteluohje sekä selvitys haitallisista aineista.

2.5. Tarjous

2.5.1. Tarjous- ja tarjousasiakirjat

Tarjoukset on toimitettava tilaajalle suljetussa kirjekuoressa viimeistään x mennessä. Kuoreen merkintä ”jäähallin kylmäkoneiston uusiminen”. Luettelo tarjousasiakirjoista: tarjouskirje, jääkoneiston ja ohjausjärjestelmän tekninen erittely sekä suoritusarvot, jääkoneiston prosessikaavio, laitteiden asemointipiirustus 1:50, jääkentän putkistokaaviot, maksuerätaulukko, toteutusaikataulu ja käyttöohjeen sisältösuunnitelma.

2.5.2. Tarjouspyyntöä koskevat kysymykset

Tarjouspyyntöön liittyvät kysymykset on toimitettava tilaajalle viimeistään x päivään mennessä. Vastaukset lähetetään kaikille osanottajille x päivään mennessä.

2.5.3. Vaihtoehtoiset tarjoukset

Tarjoajat voivat tehdä vaihtoehtoisia tarjouksia, jos ne ovat tarjouspyynnön mukaisia. Poikkeavia tarjouksia ei hyväksytä.

2.5.4. Tarjouksen hylkääminen

Perusteet tarjouksen hylkäämiselle...

2.6. Tarjouskilpailun tuloksen julkistaminen

2.7. Tarjouskustannusten korvaaminen

Tarjouskustannuksia ei korvata.

3. Urakkamuoto

Urakkamuotona on suunnittelu–toteutus-urakka, johon sisältyvät myös laitteiston huolto ja ennakoimattomat korjaukset.

3.1. Urakan sisältö

Urakkaan sisältyvät seuraavat tehtävät:

- jääkoneiston suunnittelu ja rakentaminen ohjaus- ja valvontajärjestelmineen
- jääalustan suunnittelu ja rakentaminen sekä ensimmäisen jään teko
- käyttäjän ohjeiden laadinta ja käyttöhenkilöstön koulutus

- vuosihuoltojen suunnittelu ja toteutus sovittun (x) ajan
- ennakoimattomien korjausten suorittaminen sovittun (x) ajan
- työmaan perustaminen, johtaminen, varastointi, siivous
- suunnitelmien tekeminen lupia varten ja viranomaistarkastusten järjestäminen
- vanhan laitteiston ja jääalustan purku sekä aineiden poisto ja kierrätys.

3.2. Maksuperusteet

Urakkahinta on suunnittelun ja rakentamisen osalta kokonaishinta, joka suoritetaan maksuerätaulukon mukaisesti. Vuosihuollot ja käyttötuki maksetaan puoli-vuosittain. Ennakoimattomat korjaukset maksetaan toteutuneiden kustannusten mukaan + sovittu prosenttipalkkio.

Maksuperusteiden kannusteet/sanktiot:

Jäänteko sovituksessa ajassa x vrk. Todennetaan takuuajana.

Jään lämpötilan vaihteluväli $a-b$ °C. Todennetaan takuuajana.

Jääkentän käytettävyys. Vuorokausi pois käytöstä vähentää vuosihuoltomaksua x %.

Reagointi korjaustarpeisiin vasteaikojen puitteissa ilmoituksesta tai vikahälytyksestä:

- akuutit korjaustarpeet x t
- muut korjaustarpeet x vrk.

3.3. Indeksiehto

Vuosihuollon hintaa tarkistetaan Tilastokeskuksen kiinteistöjen ylläpidon kustannusindeksin (2 000 = 100) perusteella kunkin kalenterivuoden alussa.

3.4. Muutostyöt

Tilaaaja maksaa muutostyökustannukset, jos tilaaaja muuttaa suunnittelutavoitteita ja niistä aiheutuu lisäkustannuksia. Urakoitsija vastaa omista muutoksistaan suunnitteluratkaisujen osalta tai jos viranomaiset vaativat muuttamaan urakoitsijan ratkaisuja tai toteutusta. Muutostöistä sovitaan aina erikseen.

4. Urakkasopimuksen solmiminen ja urakkasopimusasiakirjat

Urakkasopimus solmitaan tarjouskilpailun voittaneen tarjouksen tehneen yrityksen kanssa. Suunnitteluratkaisuissa esiintyvät epäselvyydet selvitetään ennen sopimuksen solmimista. Urakkasopimuksen allekirjoittavat _____ ja tarjoaja.

1. Urakkasopimus
2. Urakkaneuvottelupöytäkirjat
3. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot (YSE 1998).
4. Tarjouspyyntökirje
5. Urakkaohjelma, tarjouspyynnön suunnitteluohje ja muut liiteasiakirjat
6. Urakkarajaliite

7. *Urakkatarjous*
8. *Maksuerätaulukko ja muutostöiden yksikköhintaluettelo*
9. *Tekniset asiakirjat: tekninen erittely, sopimuspiirustukset ja suunnitelma huoltokirjasta ja käyttäjän oppaasta*

5. Suunnittelu- ja rakennusaikataulu

Hankkeen tavoiteaikataulu on ...

6. Urakkarajat

Tilaaajan omat työt ...

Urakkarajat on esitetty yksityiskohtaisesti urakkarajaliitteessä.

7. Laadun varmistus ja ympäristö

Urakoitsija vastaa suunnittelun ja asennusten laadunvarmistuksesta sekä todentaa kylmäkoneiston toimivuuden.

8. Vastuut ja velvoitteet

8.1. Takuu aika

8.2. Urakoitsijan vakuudet

8.3. Vakuutukset

9. Valvonta

9.1. Suunnittelun valvonta

Suunnitelmat on toimitettava tilaajalle siten, että niiden tarkistamiseen ja hyväksymiseen on aikaa vähintään x viikkoa. Tilaajan hyväksyntä ei poista tai vähennä urakoitsijan vastuuta suunnitelmien laadusta tai virheettömyydestä. Tilaajan edustajat osallistuvat suunnittelukokouksiin.

9.2. Rakennustöiden valvonta

Urakoitsija on velvollinen esittämään rakennuttajan valvojalle työn etenemisen sopimuksen tavoitteiden mukaisesti.

9.3. Viranomaisten valvonta

Urakoitsija ilmoittaa kaikista tarvittavista katselmuksista ja tarkastuksista rakennusvalvontaviranomaisille ja rakennuttajalle.

9.4. Alihankintojen ja tuoteosien hyväksyntä

Alihankkijat ja tuoteosat esitetään tilaajan hyväksyttäväksi.

10. Työmaan hallinto, työn toteutus ja yhteistoiminta

Urakoitsija vastaa työmaan hallinnosta ja työmaan johtamisesta. Hallin tilat ovat käytettävissä työmaan sosiaali-iloina korjaushankkeen aikana. Urakoitsija saa voi käyttää hallin sähköä ja vettä korvauksetta.

11. Erimielisyydet

Sopimuksesta aiheutuvat riidat ratkaistaan...

12. Vastaanotto

12.1. Toimintakokeet

Urakoitsija vastaa suunnittelijoihin toimintakokeiden suorittamisesta ja luovuttaa dokumentit niistä tilaajalle osana luovutusasiakirjoja. Toimintakokeet on oltava suoritettu viimeistään ... ennen luovutusta. Laitteiston toimivuus todennetaan ja tarkistetaan takuuajana.

12.2. Käytön opastus ja käyttäjän oppaat

Urakoitsija luovuttaa tilaajalle oppaan jääkoneiston käytöstä ja ohjauksesta sekä huoltokirjan. Urakoitsija järjestää tilaajan käyttöhenkilöstölle riittävän käyttökoulutuksen laitteistoon ennen urakan vastaanottoa.

12.3. Vastaanottoasiakirjat

Suunnitelmat ja toimintakuvaukset kylmäkoneistosta. Käyttäjän ohjeet. Toimintakokeiden muistiot. Laitteistoon komponentteihin ja materiaaleihin liittyvät alkuperätodistukset ja sertifikaatit. Huolto- ja kunnossapito-ohjelma.

Lähteet:

Pirjo Pernu et al. SR-menetelmien säännöt ja malliasiakirjat. TKK Rakentamistalous julkaisu 158. Otaniemi 1997. 72 s. + liitt. 16 s.

Urakkaohjelman laatiminen talonrakennustyö RT 16-10698. 1999.

Liite L: Jäähallin kylmäkoneiston suunnittelu, rakentaminen ja huolto- ja kunnossapitosopimus (STH)

1. Sopimuksen osapuolet

Tilaaaja:

Osoite:

Palveluntuottaja:

Osoite:

2. Sopimuksen kohde ja tavoitteet

Sopimuksen tavoitteena on uusia _____jäähallin jääkoneisto ja jäälusta ohjausjärjestelmään aikaisempaan energiatehokkaammaksi. Sopimuskokonaisuuteen sisältyy uusitun jääkoneiston huollot ja kunnossapito _____ vuoden ajan. Sopimus tulee voimaan, kun sopijapuolet ovat sen allekirjoittaneet, indeksiehdon käyttö on hyväksytty ja tilaajan hankintapäätös on saanut lainvoiman.

3. Osapuolien edustajat

Suunnittelun ja rakentamisen aikana palveluntuottajan edustajana on sopimukseen liittyvissä asioissa _____ ja toteutukseen liittyvissä asioissa _____.

Huolto- ja kunnossapitajakson aikana palveluntuottajan vastuhenkilö on _____.

Varahenkilö on _____.

Jos vastuuhenkilöitä on tarve vaihtaa, palveluntuottaja informoi tilaajaa asiasta etukäteen.

Suunnittelun ja rakentamisen aikana tilaajan edustaja sopimusasioissa on _____.

Suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvissä asioissa tilaajan edustaja on _____.

Huolto- ja kunnossapitajakson aikana tilaajan vastuuhenkilö, joka ohjaa ja valvoo huoltoa ja kunnossapitoa, on _____.

Varahenkilö on _____.

Tilaajan on informoitava palveluntuottajaa vastuuhenkilön vaihtumisesta.

Sopijapuolten edustajien toimivaltuudet on määritelty liitteessä _____.

4. Korjauskohde

Korjauskohteen osoite on _____.

Suunnittelu- ja rakentamisjakso

5. Viranomaisluvut ja hyväksynnät

Tilaaaja hankkii kustannuksellaan seuraavat viranomaisluvut ja hyväksynnät:

_____.

Palveluntuottaja hankkii kustannuksellaan seuraavat viranomaisluvut ja hyväksynnät:

_____.

Tilaajan on myötävaikutettava lupien saamiseen.

6. Palveluntuottajan suunnittelu ja rakennusaikainen suoritusvelvollisuus

Palveluntuottaja vastaa suunnittelun ammattitaitoisesta suorittamisesta ja hyvän rakentamistavan noudattamisesta. Suunnittelu, rakennustyöt ja asennukset suoritetaan tilaajan määrittämien tavoitteiden, lähtötietojen ja sovitun aikataulun mukaisesti.

Palveluntuottajan suunnittelu- ja rakennusaikaisiin velvollisuuksiin kuuluu

1. pääsuunnittelijan nimeäminen, suunnitelmien laadinta ja toimittaminen tilaajan hyväksyttäväksi
2. tilaajan informointi suunnittelun etenemisestä
3. sovittujen viranomaislupien hankkiminen, tarvittavien ilmoitusten teko viranomaisille työn suorittamisesta ja yhteydenpito viranomaisiin
4. lopullisten suunnitelmien toimittaminen tilaajalle
5. toimiminen työmaan johtovelvollisuuksista vastaavana urakoitsijana
6. käyttö- ja huolto-ohjeen laatiminen

7. ensimmäisen jään teko, laitteiston säätäminen toimintakuntoon ja toimivuuden todentaminen
8. tilaajan käyttöhenkilöstön perehdyttäminen laitteiston käyttöön.

7. Sopimuksen perusteena annettavat tiedot ja tutkimukset

Tilaaaja on tehnyt seuraavat tutkimukset ja selvitykset kiinteistöstä ja jääkoneistosta ja antanut seuraavat tiedot: selvitys haitallisista aineista, _____.

Palveluntuottajan edellytetään ennen tarjouksen antamista hankkineen muilta osin tiedot, joilla on merkitystä hänen velvollisuuksiensa kannalta. Palveluntuottajan tulee suunnittelu- ja rakennusaikana hankkia kaikki tarvitsemansa tiedot ja tutkia asiat, joilla on sopimusasiakirjojen mukaan merkitystä hänen velvollisuuksiensa kannalta.

Palveluntuottaja ei ole vastuussa virheistä, puutteista ja haitoista, jotka aiheutuvat siitä, että tilaaja ei ole ilmoittanut oleellisia tietoja, joilla olisi ollut vaikutusta palveluntuottajan suoritukseen.

Tilaaaja antaa rakennushankkeen ominaisuuksiin liittyvät turvallisuustiedot palveluntuottajalle, joka laatii VNP (205/2009) 8§:n mukaisen turvallisuusasiakirjan rakennustyön suunnittelua ja toteutusta varten sekä nimeää hankkeen turvallisuuskoordinaattorin.

8. Suunnittelun ja rakentamisen sopimusasiakirjat ja niiden pätevyysjärjestys

Asiakirjojen pätevyysjärjestys on seuraava:

Kaupalliset asiakirjat: liite nro _____, pvm _____.

1. tämä sopimus
2. urakkaneuvottelupöytäkirjat
3. rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998
4. _____
5. _____.

Tekniset asiakirjat:

1. toimivuus- ja laatuvaatimukset
2. sopimuspiirustukset
3. _____
4. _____

9. Suunnittelu ja rakennustöiden suorittaminen

Laitteiston suunnittelu on aloitettava viivyttämättä, kun tämä sopimus tulee voimaan kohdan 50 mukaisesti. Palveluntuottajan on laadittava suunnittelu-aikataulu ja esitettävä se tilaajalle hyväksyttäväksi viimeistään _____ viikon kuluessa sopimuksen allekirjoituksesta. Suunnittelu-aikataulun kanssa palveluntuottaja esittää projekti-aikataulun, joka sisältää suunnittelun ja raken-

tamisen. Aikataulut ovat yhteisesti noudatettavia, ja tarkentamista lukuun ottamatta niitä voidaan muuttaa vain yhteisellä sopimuksella.

Palveluntuottajan on laadittava yksityiskohtainen rakennustöitä koskeva työaikataulu ja esitettävä se tilaajalle ennen rakennustöiden käynnistämistä. Rakentaminen on käynnistettävä esitetyn aikataulun mukaisesti. Rakennustöiden ja asennusten on valmistuttava siten, että halli voidaan ottaa käyttöön viikolla _____. Aikataulun välitavoitteita ovat _____.

Tilajalla on oikeus mutta ei velvollisuutta ottaa kohde käyttöön ennen sopimuksessa sovittua viimeistä käyttöönottopäivää. Tilaja ei hyvitä/hyvittää kohteen valmistumisesta ennen sovittua päivää seuraavasti: _____.

10. Suunnitelmien tarkastaminen ja hyväksyminen

Tilajan on toimitettava palveluntuottajalle suunnitelma-aikataulun mukaisesti seuraavat asiakirjat: _____. Mikäli suunnitelma-aikataulusta ei muuta ilmene, tulee palveluntuottajan ilmoittaa viimeistään _____ työpäivää aiemmin, jos hän tarvitsee esitettyjä tietoja, tutkimusmateriaalia ja asiakirjoja.

Palveluntuottajan tulee toimittaa suunnitelma-asiakirjat tilajan tarkastettavaksi suunnitelma-aikataulun mukaisesti viimeistään _____ työpäivää ennen kuin niitä tarvitaan hankinnassa tai työn toteuttamisessa. Tilajan tulee ilmoittaa tarkastuksen tulos palveluntuottajalle kirjallisesti _____ työpäivän kuluessa siitä, kun suunnitelmat on toimitettu tarkastettavaksi.

Tilajan on hyväksyttävä suunnitelmat, mikäli ne täyttävät asetetut vaatimukset. Jos tilaja katsoo, että suunnitelmat eivät täytä vaatimuksia, ovat kohdat, jotka eivät täytä vaatimuksia, osoitettava palveluntuottajalle. Palveluntuottaja on velvollinen tekemään tilajan esittämät muutokset suunnitelmiin. Jos osapuolet ovat erimielisiä siitä, täyttävätkö suunnitelmat vaatimukset, on palveluntuottajan tehtävä vaaditut muutokset. Jos osapuolet eivät pääse asiasta yhteisymmärrykseen palveluntuottajalle maksettavasta korvauksesta, ratkaistaan asia kohdan 47 mukaisesti.

Kun tilaja ilmoittaa palveluntuottajalle, että tarkastettavaksi jätetyt suunnitelmat on hyväksytty, tilaja hyväksyy suunnitelmien yleisratkaisun ja laatutason. Palveluntuottajalle jää edelleen vastuu suunnitelmien laadusta ja toimivuudesta. Jos jokin suunnitteluratkaisu toteutetaan tilajan nimenomaisesta määräyksestä, siirtyy vastuu siltä osin tilaajalle. Tilajan katsotaan hyväksyneen suunnitelmat myös silloin, jos tämä ei jätä määräajassa vastaustaan palveluntuottajalle.

Mikäli tilaja teettää suunnitelmiin muita muutoksia, noudatetaan niiltä osin YSE 43 ja 44 §:n mukaisia ehtoja. Osapuolten on sovittava muutosten vaikutuksista palvelujakson aikaisiin palvelumaksuihin.

11. Tilajan maksuvelvollisuus

Tilaja sitoutuu maksamaan palveluntuottajalle suunnittelusta ja rakentamisesta _____ euroa. Maksut sisältävät kaikki palveluntuottajalle aiheutuvat suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät kustannukset. Maksut suoritetaan maksuerätaulukon mukaisesti.

12. Yhteistyö ja laadunvalvonta

Sopijapuolet pitävät yhteisiä suunnittelu- ja työmaakouksia seuraavasti _____.
Tilajalla on velvollisuus osallistua kokouksiin.

Palveluntuottaja on vastuussa suunnittelun ja rakentamisen laadunvarmistuksesta. Tilajalla on oikeus asettaa oma valvoja ja tehdä työmaavalvontaa. Valvojan valtuudet ovat seuraavat: _____.
Tilajan valvonta ja tarkastukset eivät vähennä palveluntuottajan vastuuta.

13. Viivästys

Jos palveluntuottaja huomaa, että rakentaminen ei tule valmistumaan sovittuun määräpäivään mennessä, on palveluntuottajan ilmoitettava siitä tilajalle kirjallisesti YSE:n mukaisesti. Samalla on ilmoitettava viivästyksen syy, arvio kestosta ja vaikutuksista sekä toimista, joilla palveluntuottaja pyrkii rajoittamaan viivästystä ja sen vaikutuksia.

Mikäli viivästyminen johtuu palveluntuottajasta riippumattomista syistä, siirretään kohdan 9 valmistumispäivää vastaavasti. Saadakseen luovutuspäivän siirron palveluntuottajan on

- viimeistään _____ työpäivän kuluessa saatuaan tiedon todennäköisestä viivästy-
misestä ilmoitettava kirjallisesti tilajalle vaatimus määräajan pidentämiseksi
- yksilöitävä viivästyksen syy ja sen vaikutukset
- osoitettava, että viivästys aiheutuu palveluntuottajasta riippumattomista syistä,
joita ei ole voinut kohtuudella estää ja joita ei ole voitu tarjousta jätettäessä ottaa
huomioon.

Viivästyksen täytyy kestää vähintään _____ työpäivää ennen kuin palveluntuottajalla on oikeus määräpäivän siirtoon. Palveluntuottajalla on oikeus saada korvaus määräpäivän siirrosta aiheutuneista kustannuksista YSE:n mukaisesti.

Mikäli rakennustyöt eivät ole valmistuneet määräpäivään mennessä, tilaaja on oikeutettu saamaan palveluntuottajalta viivästyssakkoa kultakin työpäivältä: _____, kuitenkin enintään _____ €
Välitavoitteiden osalta viivästyssakon määrät ovat seuraavat: _____

14. Takuu aika

Takuu aika on _____ vuotta. Takuu aika alkaa, kun kohde on todettu kohdan 16 mukaisesti käyttöönottovalmiiksi. Muilta osin takuuajan vastuu määräytyy YSE 29§:n mukaisesti.

15. Vakuudet

Palveluntuottajan on annettava tilajalle rakennusaikaisena vakuutena _____ sekä takuuajan vakuutena _____.

16. Käyttöönottovalmiuden määrittäminen

Käyttöönottovalmius määritetään YSE 71§:n mukaisesti. Mikäli sopijapuolet ovat erimielisiä siitä, onko kohde käyttöönotettavissa, käytetään ulkopuolista asiantuntijaa.

Huolto- ja kunnossapitopaketti

17. Palveluntuottajan velvollisuudet

Palveluntuottaja sitoutuu huoltamaan ja pitämään kunnossa jääkoneiston ja jääalustan sopimuskauden ajan. Huolto- ja kunnossapitopalveluiden tuottaminen aloitetaan heti koneiston käyttöönoton jälkeen, ellei ole kirjallisesti toisin sovittu.

Palveluntuottajan tulee suorittaa huollot ja kunnossapito korjauksineen ammattitaitoisesti ottaen huomioon tilaajan kanssa yhteisesti sovitut tavoitteet. Palveluntuottaja suorittaa tehtävät sopimusasiakirjoissa sovittuina toimitusaikoina. Ellei toisin sovita, työt tehdään sopimuksessa määriteltynä säännöllisenä työaikana. Säännöllinen työaika on _____.

Palveluntuottajan velvollisuus on pitää laitteisto jatkuvasti hyvässä ja käyttökelpoisessa ja viranomaisen edellyttämässä kunnossa. Jos viranomais määräykset muuttavat huolto- ja kunnossapitopakettien aikana, sopijapuolten on sovittava palvelumaksun muutoksista kohdan _____ mukaisesti. Palveluntuottaja vastaa siitä, että jääkoneisto ja jääalusta ovat koko sopimuskauden ajan moitteettomassa toimintakunnossa ja että hallin palvelukyky vastaa asetettuja tavoitteita.

Palveluntuottaja on velvollinen kustannuksellaan korjaamaan itse tai tilaajan havaitsemat palveluntuottajan laiminlyönnistä johtuneet viat, puutteet tai rakennusvirheet, jotka saattavat aiheuttaa haittaa jäälaitteiston ja hallin käytölle. Palveluntuottajan on suunniteltava toimintansa siten, että työt haittaavat hallin käyttöä mahdollisimman vähän.

18. Tilaaajan velvollisuudet

Tilaaaja on velvollinen maksamaan tämän sopimuksen mukaiset maksut palveluntuottajalle ja vastaanottamaan palveluita huolto- ja kunnossapitopakettien alusta alkaen, ellei toisin sovita. Tilaaaja on velvollinen järjestämään palveluntuottajalle pääsyn niihin tiloihin, joihin pääsy on välttämätöntä palvelujen suorittamiseksi. Tilaaaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että jäähallin käyttöhenkilöt ja käyttäjät noudattavat terveyden, siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi annettuja ohjeita ja määräyksiä.

19. Sopijapuolten vastuun laajuus

Sopijapuolet vastaavat sopimusten mukaisten velvoitteittensa huolellisesta ja asianmukaisesta täyttämistä. Sopijapuolet ovat velvollisia korvaamaan toiselle sopijapuolelle sopimuksen mukaisten velvoitteiden täyttämättä jättämisen aiheuttamat vahingot. Sopijapuoli ei ole kuitenkaan vastuussa vahingossa, jota hän ei ole voinut normaalia huolellisuutta noudattaen välttää ja joka on ollut hänen

vaikutusmahdollisuuksiensa ulkopuolella. Sopijapuolet eivät vastaa toisilleen välillisistä vahingoista, paitsi jos ne ovat aiheutuneet törkeästä huolimattomuudesta tai vahinkoa on aiheutettu tahallisesti. Vahingoissa, joista on määritelty sopimussakko tai palvelumaksun vähennys, noudatetaan tehtyjä määräyksiä, ellei kyse ole tahallisesta tai törkeästä huolimattomuudesta.

20. Vahingon vaaran tai vahingon havaitseminen

Mikäli sopijapuoli havaitsee vahingon tai vahingon vaaran, on siitä tehtävä välittömästi ilmoitus toiselle osapuolelle. Sopijapuoli on myös velvollinen ryhtymään välittömästi tarpeellisiin toimiin välittömän vahingon vaaran poistamiseksi ja seurausten rajoittamiseksi.

21. Huolto- ja kunnossapitajakson aikaiset sopimusasiakirjat ja niiden pätevyysjärjestys

Huolto- ja kunnossapitajakson asiakirjojen pätevyysjärjestys on seuraava:

1. tämä sopimus
2. sopimusneuvottelupöytäkirjat
3. palvelukuvaukset
4. _____.

22. Maksut

Tilaaaja maksaa palveluntuottajalle tämän sopimuksen mukaisten huolto- ja kunnossapitopalveluiden toimittamisesta seuraavasti: _____ / liitteenä olevien maksuperusteiden mukaisesti.

Jos kohteessa on tilapäisiä palveluntuottajasta riippumattomia häiriöitä veden, sähkön tai lämmön toimituksissa, tietoliikenteessä tai hyödykkeiden jakelussa, tilaaaja ei ole oikeutettu saamaan korvauksia tai vapautuksia sovituista maksuista, vaikka hallia ei voitaisi käyttää. Palveluntuottajan on pyrittävä minimoimaan häiriöiden vaikutukset teknisin yms. keinoin. Maksut suoritetaan maksuohjelmassa tarkemmin määritetyllä tavalla.

23. Maksuvähennykset ja sopimussakot

Mikäli palveluntuottaja laiminlyö sovittujen huoltojen ja kunnossapitotöiden suorituksen tai ei saavuta sovittua palvelutasoa, palveluntuottajalle maksettavaa maksua vähennetään seuraavasti liitteenä olevan maksumekanismin mukaan.

Jos palveluntuottaja ei korjaa sopimusrikkomustaan, vaikka tilaaaja on asiasta kirjallisesti ja yksilöidysti huomauttanut _____ kertaa, tilaajalla on oikeus saada sopimussakkona _____. Mikäli palveluntuottaja ei edelleenkään korjaa sopimusrikkomustaan, tilaajalla on oikeus suorittaa väliaikainen sijaantulo.

24. Viivästyskorko

Vuotuinen viivästyskorko on mille tahansa tämän sopimuksen viivästyneelle rahasuoritukselle kulloinkin voimassa olevan korkolain mukainen.

25. Lainmuutos

Mikäli valtiovallan lainsäädännön tai muiden viranomaismääräysten johdosta tulee tapahtumaan muutoksia, joka osapuolten käsityksen mukaan vaikuttaa palveluihin ja niiden kustannuksiin, kumpi tahansa sopijapuoli voi ilmoittaa siitä kirjallisesti toiselle osapuolelle ja vaatia palvelumaksun tarkistamista muutoksen perusteella. Ilmoitukseen on liitettävä yksilöity laskelma muutoksen vaikutuksista.

Sopijapuolten on kohtuullisessa ajassa sovittava palvelumaksun tarkistuksesta. Lainmuutoksen vaikutukset korottavana tai alentavana tekijänä otetaan huomioon, jos vaikutus palvelumaksuun on vähintään _____ %. Lainmuutokset otetaan huomioon, jos

- ne ovat syntyneet sopimuksen syntymisen jälkeen
- niitä ei ole voitu ennakoida sopimusta tehtäessä
- ne vaikuttavat välittömästi sopimuksen mukaisiin palveluihin ja niiden kustannuksiin.

26. Hinnan tarkistus

Jos arvonlisävero muuttuu sopimuskauden aikana, korjataan sopimushintaa vastaavasti. Jos sopimuksen alaisten palveluiden verotus- tai muut maksuvelvoitteet muuttuvat muuten ja sitä ei ole sopimusta tehtäessä voitu ottaa huomioon, tarkistetaan tilaajan maksuvelvollisuutta vastaavasti.

27. Laskutus

Maksukautena on kalenterikuukausi, 3 kuukautta tai 6 kuukautta. Kunkin maksukauden jälkeen palveluntuottaja laskuttaa tilaajaa ja erittelee laskutusperusteet seuraavasti:

- Sopimukseen perustuva huoltomaksu (alv 0) + alv.
- Maksu suoritetuista korjauksista nettomääräisesti, eriteltynä materiaalit, tarvikkeet, komponentit, työtunnit ja palkkio. Kustannuserät eritellään alv. (0) + alv.

Tilaajan tulee maksaa riidattomat osuudet _____ työpäivän kuluessa laskun päiväyksestä.

28. Raportointi ja valvonta

Palveluntuottajan tulee noudattaa sopijapuolten yhteisesti sopimaan raportointi- ja valvontakäytäntöä. Jos tarkastus tai mittaus osoittaa, että palveluntuottaja ei ole täyttänyt tämän sopimuksen mukaisia velvollisuuksia, tilaajan tulee

Liite L: Jäähallin kylmäkoneiston suunnittelu, rakentaminen ja huolto- ja kunnossapitosopimus (STH)

- ilmoittaa palveluntuottajalle virheistä, puutteista ja laiminlyönneistä
- ilmoittaa kohtuullinen aika, jonka kuluessa palveluntuottajan on korjattava puutteet
- saada palveluntuottajalta sopimuksen mukainen hyvitys.

Palveluntuottajan on korjattava kustannuksellaan puutteet ja virheet. Muutoin tilaaja voi korjauttaa puutteet palveluntuottajan lukuun.

29. Indeksisidonnaisuus

Huoltopalveluiden maksut sidotaan _____ Tilastokeskuksen Kiinteistöjen ylläpidon kustannusindeksiin (2 000 = 100). Perusindeksinä käytetään vuoden aloituskuukautta vastaavaa vuosineljänneistä. Maksuohjelmaa päivitetään vuosittain vastaamaan toteutuvaa indeksiä.

30. Vakuutukset

Palveluntuottajan on otettava määrältään _____ vastuuvakuutus, jossa omavastuu saa olla enintään _____. Palveluntuottajan on noudatettava kiinteistövuokaukseen liittyviä suoje-
luohjeita ja saatettava ne alihankkijoiden tietoon.

Tilaaajan on pidettävä yllä kiinteistön täysarvovakuutusta ja irtaimistovakuutusta. Sopijapuolilla on oikeus saada tietoa toistensa ottamista vakuutuksista. Vastuuvakuutuksen korvauksen saajana on vahinkoa kärsinyt osapuoli.

31. Vakuudet

Vaihtoehto A: Tilaaja ei edellytä erillistä palvelujakson aikaista vakuutta.

Vaihtoehto B: Palveluntuottaja on velvollinen antamaan tilaajalle vakuuden palvelujakson aikaisten tehtävien suorittamisesta _____.

32. Asiakirjojen säilytys

Palveluntuottajan on säilytettävä sopimuskauden kaikki kohteen huoltoa, korjausta ja kunnossapitoa koskevat asiakirjat. Tilaajalla on oikeus pyytää asiakirjat ja saada niistä kopiot veloitusetta.

33. Kokoukset ja katselmukset

Tilaaajan ja palveluntuottajan kesken pidetään kokouksia seuraavasti: _____. Lisäksi jompikumpi osapuoli voi halutessaan järjestää yhteisen kokouksen. Sopijapuolet ovat velvollisia osallistumaan kokouksiin. Tilaaja järjestää vähintään _____ kertaa vuodessa laatu-
arviointeja ja kehityskokouksia, joihin palveluntuottaja on velvollinen osallistumaan.

34. Työntekijät

Palveluntuottaja huolehtii siitä, että palvelun suorittamiseen käytettävällä henkilökunnalla on riittävä ammattipätevyys. Palveluntuottajan on ilmoitettava kohteessa käyttämänsä henkilöstön yhteystiedot sekä sovittava tilaajan kanssa kulkuluvista ja henkilötunnisteista. Työntekijöiden on pidettävä henkilötunnistetta.

35. Alihankkijat

Palveluntuottaja voi käyttää ulkopuolisia alihankkijoita. Palveluntuottaja vastaa näiden töistä ja toimenpiteistä kuten omistaan. Alihankintasopimukseen on otettava tämän palvelusopimuksen ehdot soveltuvin osin. Tilaajalla on oikeus pyytää jäljennös alihankintasopimuksista.

Palveluntuottajan on esitettävä tilaajan hyväksyttäväksi selvitys alihankkijoista ja laadunvarmistuksesta hyvissä ajoin. Tilaaja voi kieltäytyä hyväksymästä alihankkijaa vain pätevistä syistä. Tilaajan hyväksyntä ei vähennä palveluntuottajan vastuuta. Palveluntuottajan on ilmoitettava alihankkijoiden työntekijöiden yhteystiedot sekä sovittava tilaajan kanssa kulkuluvista, henkilötunnisteista jne.

36. Muutokset palveluihin

Sovittujen palvelujen sisältöä, laatutasoa, työaikoja ja niistä maksettavia korvauksia on mahdollista muuttaa vain sopijapuolten yhteisellä sopimuksella.

Tilaajalla on oikeus vaatia palvelujen muuttamista, jolloin palveluntuottajan tulee antaa _____ työpäivän kuluessa muutosvaatimuksen saamisesta tilaajalle arvio vaikutuksesta palvelumaksuihin ja muihin sopimusehtoihin. Palveluntuottaja voi itse ehdottaa muutosta sopimuspalveluihin ja antaa tästä ehdotuksen tilaajalle.

Mikäli tilaaja haluaa tilata sopimukseen kuulumattomia lisätöitä, palveluntuottajan tulee antaa yksilöity tarjous. Mikäli sopimusosapuolet eivät pääse yhteisymmärrykseen lisäpalveluista, tilaaja voi hankkia lisäpalveluita myös muilta yrityksiltä.

37. Ylivoimainen este

Sopijapuoli, joka kohtaa ylivoimaisen esteen, on velvollinen ilmoittamaan siitä kirjallisesti toiselle sopijapuolelle viipymättä ja yksilöimään esteen ja sen vaikutukset sopijapuolen velvoitteisiin. Sopijapuolten on pyrittävä sopimaan esteen vaikutusten minimoinnista. Ylivoimaisen esteen aikana tilaajan on maksettava palveluntuottajalle kohteen ylläpidon kannalta välttämättömät kustannukset.

38. Tilaajan väliaikainen sijaantulo palveluntuottajan sopimusrikkomuksen johdosta

Tilaajalla on oikeus hankkia tarvittava huolto ja kunnossapito muualta palveluntuottajan sijasta, jos

- palveluntuottaja ei noudata sovittuja palvelukuvauksia, mikä oleellisesti heikentää jäähallin käyttöä
- palveluntuottaja ei ole usealla peräkkäisellä maksukaudella korjannut toimintaansa sopimuksen mukaiseksi.

Ennen väliaikaista sijaantuloa tilaajan tulee kirjallisesti huomauttaa ja ilmoittaa väliaikaisen sijaantulon uhasta.

Sopimuksen päättymisen

39. Sopimuksen irtisanominen tilaajan sopimusrikkomisen johdosta

1. Palveluntuottajalla on oikeus irtisanoa sopimus, mikäli tilaaja on laiminlyönyt sopimuksen mukaista maksuvelvollisuuttaan _____ perättäisen maksukauden osalta tai muuta palveluntuottamiseen vaikuttavaa olennaista velvollisuuttaan tai jos tilaaja toimenpiteillään estää palveluntuottajan velvoitteiden täyttämisen sopimuksen mukaisesti.
2. Ennen sopimuksen irtisanomista palveluntuottajan tulee kirjallisesti huomauttaa tilaajaa ja ilmoittaa irtisanomisen uhasta.
3. Jos tilaaja ei täytä sopimusehtoja ja palveluntuottaja irtisanoa sopimuksen, tilaajan on maksettava sopimuksen päättymishetken mennessä maksettavaksi erääntyneet ja kulumassa olevalta maksukaudelta erääntymässä olevat maksut mahdollisine viivästyskorkeineen.

40. Sopimuksen irtisanominen palveluntuottajan sopimusrikkomisen johdosta

1. Tilaajalla on oikeus irtisanoa tämä sopimus _____ kuukauden irtisanomisajalla, mikäli palvelunjakson aikana tapahtuu toistumiseen sellainen palvelurikkomus, jonka perusteella tilaaja voisi suorittaa kohdan 38 mukaisen sijaantulon.
2. Tilaajan tulee antaa kirjallinen irtisanomisilmoitus. Irtisanomisilmoituksessa on määritettävä ilmennyt sopimusrikkomus ja mainittava, että sopimus päättyy _____ kuukauden kuluessa siitä, kun palveluntuottaja on saanut kirjallisen irtisanomisilmoituksen, ellei palveluntuottaja korjaa sopimusrikkomusta siinä ajassa.
3. Jos palveluntuottaja aloittaa viipymättä sopimusrikkomuksen korjaamisen ja korjaamisen seuraukset sovituissa aikataulussa, irtisanominen raukeaa.

41. Purkaminen palveluntuottajan maksukyvyttömyyden perusteella

Mikäli huolto- ja kunnossapitajakson aikana ilmenee, että palveluntuottaja on maksukyvytön (konkurssi, selvitystila), tilaajalla on oikeus purkaa sopimus ilmoittamalla siitä kirjallisesti palveluntuottajalle.

42. Sopimuksen purkaminen ylivoimaisen esteen johdosta

Jos jompikumpi sopijapuoli on estynyt täyttämästä tämän sopimuksen ehtoja kohdassa 37 määritetyn ylivoimaisen esteen johdosta, toisella osapuolella ei ole oikeutta vedota sopimusrikkomukseen eikä esittää mitään vaatimuksia sellaisten velvoitteiden osalta, joihin ylivoimainen este vaikuttaa.

Jos kohde tuhoutuu tai ylivoimainen este jatkuu siten, että sopijapuoli, jota este kohtaa, ei pysty täyttämään olennaista osaa sopimusvelvoitteistaan ja sopijapuolet eivät sovi ehtojen muutoksista, kumpi tahansa sopijapuoli voi purkaa seurauksitta tämän sopimuksen ilmoittamalla siitä kirjallisesti toiselle sopijapuolelle.

43. Tilaajan suorittama irtisanominen ilman erityistä perustetta

Tilaaja voi irtisanoa sopimuksen _____ vuoden jälkeen sopimuksen allekirjoittamisesta lasketuna ilmoittamalla siitä kirjallisesti palveluntuottajalle. Sopimus katsotaan päättyneeksi _____ kuukauden kuluttua siitä, kun palveluntuottaja on vastaanottanut irtisanomisilmoituksen.

Tilaajan on maksettava palveluntuottajalle sopimuksen päättymishetken mennessä eräänntyneet maksut mahdollisine viivästyskorkeineen sekä seuraavat korvaukset: _____.

44. Sopimuksen päättyminen sopimuskauden päättyessä

Sopimus päättyy sopimuskauden päättyessä, elleivät sopijapuolet asiasta muuta kirjallisesti sovi. Palveluntuottajan on yhteistyössä tilaajan ja mahdollisten uusien palveluntuottajien kanssa edistettävä palvelun jatkumista mahdollisimman vähin keskeytyksin.

Muita sopimusehtoja

45. Sopimuksen siirtäminen

Palveluntuottajalle ei ole oikeutta siirtää sopimusta kolmannelle osapuolelle ilman tilaajan kirjallista hyväksyntää. Tilaaja ei saa evätä suostumusta ilman perusteltua syytä.

46. Salassapito

Palveluntuottaja on tietoinen siitä, että tilaajalla on lakimääräisiä tai muita velvollisuuksia luovuttaa tietoja toiminnastaan kolmansille osapuolille suoraan tai epäsuorasti. Tätä ei pidetä sopimusrikkomuksena. Tietoja ei saa kuitenkaan luovuttaa kolmansille osapuolille ilman lakimääräistä velvoitetta palveluntuottajan liikesalaisuuksiin katsottavista asioista.

47. Riitojen ratkaisu

Tätä sopimusta koskevat riidat on pyrittävä ratkaisemaan ensisijaisesti neuvottelemalla. Sopijapuolet voivat käyttää myös ulkopuolista sovittelijaa yhteisellä suostumuksella. Mikäli sopuun ei päästä neuvottelemalla, ratkaistaan riitaisuudet _____.

48. Sopimuksen muuttaminen

Tätä sopimusta voidaan muuttaa vain sopijapuolien kirjallisella sopimuksella, joka on sopijapuolien valtuutettujen edustajien allekirjoittama.

49. Sopimuskappaleet

Tätä sopimusta on tehty kaksi samanlaista kappaletta, yksi kummallekin sopijapuolelle.

50. Sopimuksen voimaantulo

Sopimus tulee voimaan, kun sopimus on allekirjoitettu, valtionvarainministeriö on myöntänyt luvan kohdan 29 indeksiehdon käyttämiseen, tilaajan hankintapäätös on saanut lainvoiman sekä tässä sopimuskohdassa jäljempänä mainitut edellytykset ovat täyttyneet: _____.

Lähde:

Junnonen Juha-Matti. 2006. Elinkaarisopimuksen laadintaopas. Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. 107 s.

Liite M: Urakkaohjelman malli: jäähallin kylmälaitteiden elinkaari palvelu

1. Tilaaja ja rakennuskohde

1.1. Tilaajan yhteystiedot

1.2. Rakennuskohteen kuvaus

1.3. Tutustuminen rakennuskohteeseen

Tilaaja järjestää yrityksille tutustumispäivän rakennuskohteeseen x ajankohtana.

2. Hankintamenettely

2.1. Hankintamenettely

Rajoitettu menettely, jossa tarjoajiksi on esivalittu viisi yritystä. Ilmoittautumispyyntö kilpailuun on julkaistu ...

2.2. Kilpailun tavoitteet ja sisältö

Tavoitteena on hankkia jääkoneisto ja kenttäalusta kokonaistaloudellisesti edullisena palveluna. Hankintakokonaisuuteen sisältyy jäähallin kylmäkoneiston ja jääalustan suunnittelu, rakentaminen ja rahoitus sekä toimintakunnossa pito huoltoineen ja korjauksineen x vuoden ajan.

Urakkaan sisältyy vanhan koneiston ja jääalustan purkaminen ja kylmäaineiden poisto. Hankinnan tekniset vaatimukset ja toimivuusvaatimukset on tarkemmin esitetty liitteessä x.

Kylmäkoneisto on toimittajan omistuksessa sopimuskauden ajan. Sopimuskauden päättyessä, kun investointi on kokonaan maksettu, tilaaja voi lunastaa laitteiston halutessaan korvauksetta, mistä sovitaan vähintään vuotta ennen sopimuskauden päättymistä.

2.3. Tarjousten arviointi

Tarjouksen arvioinnin suorittaa arviointiryhmä, johon kuuluvat...

Valintakriteereitä ovat investoinnin ja huollon, korjausten ja käyttötuen kokonaishinnan nykyarvo x vuoden ajalta laskettuna (painoarvo x %). Laskentakorkokanta on 4 %. Tarjouksessa ilmoitetaan vuosimaksun investointiosuus ja kunnossapito-osuus käyttöjakson alussa. Toisena valintakriteerinä on kylmäkoneiston energiatehokkuus (sähkön kulutus / vuosi) (painoarvo x %). Kolmantena valintakriteerinä ovat ohjaus-

ja valvontajärjestelmän ominaisuudet (painoarvo x %). Neljäntenä valintakriteerinä on huolto-ohjelman ja palvelusuunnitelman sisältö (painoarvo x %).

2.4. Tarjouspyyntöasiakirjat

Tarjouspyyntökirje, tämä urakkaohjelma, urakkarajaliite, yksikköhintaluettelo, tarjouslomake. Tekniset asiakirjat: hallin ja laitteiston lähtötiedot (piirustukset, työselitykset, järjestelmäkaaviot, huolto- ja korjaushistoria, kuntotutkimusraportti, vanhan koneiston toimivuuspuutteet), jääkoneiston toimivuusvaatimukset ja suunniteluohje.

2.5. Tarjous

2.5.1. Tarjous- ja tarjousasiakirjat

Tarjoukset on toimitettava tilaajalle suljetussa kirjekuoressa viimeistään x mennessä. Kuoreen merkintä ”jäähallin kylmäkoneiston uusiminen”. Luettelo tarjousasiakirjoista: tarjouskirje, jääkoneiston ja ohjausjärjestelmän tekninen erittely sekä suoritusarvot, jääkoneiston prosessikaavio, laitteiden asemointipiirustus 1:50, jääkentän putkistokaaviot, toteutuksen aikataulu, vuosimaksujen ajankohdat.

2.5.2. Tarjouspyyntöä koskevat kysymykset

Tarjouspyyntöön liittyvät kysymykset on toimitettava tilaajalle viimeistään x päivään mennessä. Vastaukset lähetetään kaikille osanottajille x päivään mennessä.

2.5.3. Vaihtoehtoiset tarjoukset

Tarjoajat voivat tehdä vaihtoehtoisia tarjouksia, jos ne ovat tarjouspyynnön mukaisia. Poikkeavia tarjouksia ei hyväksytä.

2.5.4. Tarjouksen hylkääminen

Perusteet tarjouksen hylkäämiselle...

2.6. Urakkakilpailun tuloksen julkistaminen

2.7. Tarjouskustannusten korvaaminen

Tarjouskustannuksia ei korvata.

3. Urakkamuoto

3.1. Urakan sisältö

Tilaaaja hankkii kylmäkoneiston ja jääalustan palveluna. Sopimukseen kuuluu vastuu kylmälaitteiston ja jääalustan suunnittelusta, rakentamisesta, rahoituksesta, käyttäjän ohjeiden laadinnasta, vuosihuoltojen suunnittelusta, huoltojen suorittamisesta.

misesta sovitun (x) ajan ja ennakoimattomien korjausten suorittamisesta kyseisenä aikana. Urakkaan sisältyy seuraavat tehtävät:

- *Jääkoneiston suunnittelu ja rakentaminen ohjaus- ja valvontajärjestelmineen*
- *Jääalustan suunnittelu ja rakentaminen sekä ensimmäisen jään teko*
- *Käyttäjän ohjeiden laadinta ja käyttöhenkilöstön koulutus*
- *Vuosihuoltojen suunnittelu ja toteutus sovitun (x) ajan*
- *Ennakoimattomien korjausten suorittaminen sovitun (x) ajan*
- *Urakoitsija vastaa työmaan perustamisesta, johtamisesta, varastoinnista, siivouksesta*
- *Jääkoneiston toimivuuteen liittyvät mittaukset ja todentamiset*
- *Suunnitelmat lupia varten ja viranomaistarkastusten järjestäminen*
- *Vanhan laitteiston ja jääalustan purku ja aineiden poisto sekä kierrätys*

3.2. Maksuperusteet

Tilaaaja maksaa vuosittain korvauksen laitteiston suunnittelusta ja rakentamisesta ja huollosta ja kunnossapidosta puolivuositain sopimuskauden ajan.

Kannusteet/sanktiot:

Jään teko sovitussa ajassa 3 vrk.

Jään laatu (lämpötila).

Jääkentän käytettävyys. Vuorokausi pois käytöstä vähentää vuosihuoltomaksua x %:ia.

Reagointi korjaustarpeisiin vasteaikojen puitteissa.

3.3. Indeksiehto

Vuosihuollon ja korjausten maksut sidotaan Tilastokeskuksen Kiinteistöjen ylläpidon kustannusindeksiin (2 000 = 100), johon muutoksia verrataan. Maksuohjelmaa tarkistetaan joka vuoden alussa.

3.4. Muutostyöt

Tilaaaja vastaa muutostöiden kustannuksista, jos tilaaaja muuttaa suunnittelutavoitteita sopimuksen solmimisen jälkeen. Urakoitsija vastaa omista muutoksistaan suunnitteluratkaisujen osalta tai, jos viranomaiset vaatimat muuttamaan urakoitsijan ratkaisuja tai toteutusta.

4. Sopimusasiakirjat

- 1. Elinkaaripalvelusopimus*
- 2. Urakkaneuvottelupöytäkirjat*
- 3. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot (YSE 1998).*
- 4. Tarjouspyyntökirje*
- 5. Urakkaohjelma, tarjouspyynnön suunnitteluohje ja muut liiteasiakirjat*
- 6. Urakkarajaliite*
- 7. Urakkatarjous*
- 8. Maksuerätaulukko ja muutostöiden yksikköhintaluettelo*
- 9. Tekniset asiakirjat: tekninen erittely, sopimuspiirustukset ja suunnitelma huoltokirjasta ja käyttäjän oppaasta*

5. Suunnittelu- ja rakennusaikataulu

Hankkeen tavoiteaikataulu on ...

6. Urakkarajat

*Esitetään urakkarajat. Tarkemmin urakkarajaliitteessä.
Urakka-aika on ...*

7. Laadun varmistus ja ympäristö

Urakoitsija vastaa suunnittelun ja asennusten laadunvarmistuksesta. Urakoitsija purkaa kustannuksellaan vanhan kylmäkoneiston ja rakenteet sekä toimittaa komponentit ja materiaalit kierrätykseen lakien ja asetusten mukaisesti.

8. Vastuut ja veloitteet

8.1. Laitteiston ja jäälustan omistus

Jääkoneiston ja jäälustan putkistoineen omistaa palveluntuottajan. Sopimusjakson lopussa tilaaja voi lunastaa laitteiston omistukseensa korvauksetta.

8.2. Takuu aika

Urakoitsija pitää laitteiston toimintakunnossa koko sopimusajan.

8.3. Urakoitsijan vakuudet

8.4. Vakuutukset

Urakoitsija vastaa työmaavaiheen vakuutuksista.

9. Valvonta

9.1. Suunnittelun valvonta

Suunnitelmat on toimitettava tilaajalle siten, että niiden tarkistamiseen on aikaa vähintään x viikkoa. Tilaajan hyväksyntä ei vähennä urakoitsijan vastuuta suunnitelmien laadusta tai virheettömyydestä. Tilaajan edustaja osallistuu suunnittelukoukuihin.

9.2. Rakennustöiden valvonta

Urakoitsija on velvollinen esittämään rakennuttajan valvojalle työn etenemisen verrattuna sopimuksen mukaisiin tavoitteisiin ja todentamaan suorituksen sopimuksen mukaisuuden. Rakennuttajan valvonta ei vähennä urakoitsijan vastuuta.

9.3. Viranomaisten valvonta

Urakoitsija ilmoittaa kaikista tarvittavista katselmuksista ja tarkastuksista rakennusvalvontaviranomaisille ja rakennuttajalle ja järjestää ne.

9.4. Alihankintojen ja tuoteosien hyväksyntä

Urakoitsijan on käytettävä toimittajia ja aliurakoitsijoita, jotka ovat hoitaneet yhteiskuntavastuunsa. Toimittajia ei tarvitse hyväksyä tilaajalla erikseen.

10. Työmaan hallinto, työn toteutus ja yhteistoiminta

Urakoitsija vastaa työmaan hallinnosta ja työmaan johtamisesta. Hallin tiloja voidaan käyttää työmaan sosiaaliloina korjaushankkeen aikana, mistä sovitaan tarkemmin sopimusneuvotteluissa.

11. Erimielisyydet

Sopimuksesta aiheutuvat riidat ratkaistaan...

12. Vastaanotto

12.1. Toimintakokeet

Urakoitsija vastaa suunnittelihoineen toimintakokeiden suorittamisesta ja luovuttaa dokumentit niistä tilaajalle osana luovutusasiakirjoja. Toimintakokeet on oltava suoritettu viimeistään ... ennen luovutusta. Laitteiston toimivuus todennetaan ensimmäisen käyttövuoden aikana.

12.2. Käytön opastus ja käyttäjän oppaat

Urakoitsija luovuttaa tilaajalle oppaan jääkoneiston käytöstä ja ohjauksesta sekä huoltokirjan. Urakoitsija järjestää tilaajan käyttöhenkilöstölle riittävän koulutuksen laitteiston käyttöön.

12.3. Vastaanottoasiakirjat

Suunnitelmat ja toimintakuvaukset kylmäkoneistosta. Käyttäjän ohjeet. Toimintakokeiden muistiot. Laitteistoon komponentteihin ja materiaaleihin liittyvät alkuperätodistukset ja sertifikaatit. Huolto- ja kunnossapito-ohjelma.

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

1. Sopimuksen osapuolet

Tilaaaja:

Osoite:

Palveluntuottaja:

Osoite:

2. Sopimuskohte ja sopimuksen kesto

Sopimuskohte: _____.

Sopimuskohteen osoite: _____.

Sopimuskohte on harjoitusjäähalli, joka palvelee ympärivuotisesti paikkakunnan urheiluseuroja, kouluja ja muita käyttäjiä.

Sopimuksen tavoitteena on tuottaa _____ jäähallin jää ja jääkentälle käyttäjien kannalta hyvät olosuhteet energiatehokkaasti ja edullisesti. Sopimukseen sisältyy jäähallin kylmäkoneiston suunnittelu ja rakentaminen ohjausjärjestelmineen sekä vanhan laitteen purku ja rahoitus. Sopimuskokonaisuuteen sisältyy uusitun kylmäkoneiston huollot, kunnossapito ja käytön tuki _____ vuoden ajan. Tämä sopimus tulee voimaan sopimuksen allekirjoittamisella ja kohdan 63 voimaantuloedellytysten täytyessä.

3. Sopimuksen tavoitteet ja yhteistyö

Sopijapuolet pyrkivät pitkäjänteiseen yhteistyöhön sopimuksen elinkaarietäytymistavoitteiden saavuttamiseksi, mikä edellyttää avoimuutta, keskinäistä lojaliteettia, luottamusta ja säännöllistä vuorovaikutusta sopimuksen ja palvelutuotannon toimivuuden kehittämiseksi. Sopijapuolten on käsiteltävä toisilleen esittämät ilmoitukset, huomautukset ja reklamaatiot ilman oleellista viivästystä.

Sopijapuolten on neuvoteltava sopimukseen tehtävistä muutoksista, mikäli tämän sopimuksen täyttämisen edellytykset oleellisesti muuttuvat sopimusrikkomuksia lukuun ottamatta. Muutosten huomioonottamisen edellytyksenä on, että

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

- niiden peruste on syntynyt sopimuksen allekirjoittamisen jälkeen
- niitä ei ole sopimusta tehtäessä voitu ottaa huomioon
- ne vaikuttavat välittömästi tämän sopimuksen mukaisiin suorituksiin tai niiden kustannuksiin.

4. Sopimusasiakirjat ja niiden pätevyysjärjestys

Sopijapuolet sitoutuvat noudattamaan tätä sopimusta, sen liitteitä ja muita tässä kohdassa lueteltuja sopimusasiakirjoja. Asiakirjat täydentävät toisiaan. Jos asiakirjoissa on ristiriitaisuuksia, niiden pätevyysjärjestys on seuraava:

1. tämä sopimus
2. neuvottelupöytäkirjat
3. maksumekanismi
4. tilaajan, palveluntuottajan ja rahoittajan allekirjoittama kolmikantasopimus
5. palveluntuottajan rahoitussuunnitelma
6. _____.

5. Sopimuskokonaisuus

Tällä sopimuksella sopijapuolet sopivat siitä, että palveluntuottaja _____ tuottaa tilaajalle jäähallia koskevan palvelukokonaisuuden, johon sisältyy vanhan kylmäkoneiston purkaminen, kylmäkoneiston ja jääalustan suunnittelu ja rakentaminen ohjausjärjestelmiin, laitteiston huolto ja kunnossapito sekä rahoitus ja käyttötuki. Kylmäkoneisto ja jääalusta ovat palveluntuottajan tai hänen rahoittajansa omistuksessa tämän sopimuksen keston ajan, minkä jälkeen laitteiston omistuksesta ja hallinnasta päätetään kohdassa 54 esitettävällä tavalla. Jäähallia ja sen kylmäkoneistoa käyttää tilaajan käyttöhenkilöstö.

Palveluntuottajan velvollisuudet ajoittuvat suunnittelu- ja rakentamisjaksoon sekä palvelujaksoon. Tilaaja maksaa palveluntuottajalle palvelumaksuja, jotka on määritetty tämän sopimuksen kohdassa 24. Sopimusta käsitellään kokonaisuutena, ja sopijapuolet noudattavat tätä sopimusta ja sen liitteitä, joista jokainen on sopimuksen erottamaton osa.

Palveluntuottajan on informoitava tilaajaa kaikista kohteen kylmälaitteiston omistukseen liittyvistä muutoksista kohtuullisessa ajassa ja viimeistään _____ vuorokauden kuluessa niiden tapahtumisesta. Tilaaja ei vastaa miltään osin palveluntuottajan ja rahoitusyhtiön välisistä oikeudellisista velvollisuuksista. Palveluntuottaja vastaa tilaajalle siitä, että tilaaja voi käyttää tässä sopimuksessa esitettyjä oikeuksiaan jäähallin kylmäkoneistoon ja jääalustaan.

Yksityiskohtaiset tehtävä- ja palvelukuvaukset ja niihin liittyvät vaatimukset esitetään liitteessä olosuhde- ja palvelumäärittelyt.

6. Palveluntuottajan vakuutuksenantorajoitukset

Kylmäkoneisto, jääalusta ja _____ ovat palveluntuottajan omaisuutta suunnittelu-, rakennus- ja palvelujakson ajan. Palveluntuottaja sitoutuu olemaan kiinnittämättä,

panntaamatta tai muutoin perustamatta vakuusoikeuksiaan kylmäkoneistoon, jääalustaan ja palvelujen tuottamisessa käytettävään irtaimeen omaisuuteen muuten kuin tämän sopimuksen rahoittamiseksi otettavan rahoitussuunnitelman mukaisen luoton vakuudeksi.

7. Osapuolien edustajat

Suunnittelun ja rakentamisen aikana palveluntuottajan edustaja sopimukseen liittyvissä asioissa on _____ ja toteutukseen liittyvissä asioissa _____.

Huolto- ja kunnossapitopalvelujakson aikana palveluntuottajan vastuhenkilö on _____. Varahenkilönä toimii _____.

Jos vastuhenkilöitä on tarve vaihtaa, palveluntuottaja informoi tilaajaa asiasta etukäteen ja pyytää tilaajan suostumuksen henkilövaihdokseen. Suostumusta ei saa evätä ilman pätevää syytä.

Suunnittelun ja rakentamisen aikana tilaajaa edustaa sopimusasioissa _____.

Suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvissä asioissa tilaajan edustajana on _____.

Huolto- ja kunnossapitajakson aikana tilaajan vastuhenkilönä, joka ohjaa ja valvoo huoltoa ja kunnossapitoa, toimii _____. Varahenkilö: _____.

Tilaajan on informoitava palveluntuottajaa vastuhenkilön vaihtumisesta. Sopijapuolten edustajien toimivaltuudet on määriteltä liitteessä _____.

Palvelujakson ajaksi sopijapuolet nimeävät seurantaryhmän, jonka tehtävänä on valvoa sopijapuolten toiminnan sopimuksenmukaisuutta, kehittää keskinäistä yhteistoimintaa, nimetä kohdissa 19 ja 58 tarvittavat ulkopuoliset asiantuntijat ja sovittelijat sekä ratkaista sopijapuolten toisilleen esittämät reklamaatiot, joista ei muutoin päästä yhteisymmärrykseen. Seurantaryhmän muodostaa _____ tilaajan ja _____ palveluntuottajan edustajaa. Seurantaryhmän puheenjohtajana toimii tilaajan edustaja. Seurantaryhmä kokoontuu _____ kertaa vuodessa sekä tarvittaessa jommankumman sopijapuolen pyynnöstä. Seurantaryhmän päätökset edellyttävät yksimielistä päätöstä.

Suunnittelu- ja rakennusjakso

8. Korjauskohde

Korjauskohteen osoite on: _____. Tilaaja luovuttaa palveluntuottajalle kylmäkoneiston rakennustilat sopimuksen ajaksi korvauksetta. Palveluntuottaja ottaa rakennuspaikan haltuunsa siinä kunnossa kuin se on tämän elinkaarisopimuksen voimaantulon päivämääränä. Palveluntuottaja on tietoinen rakennuspaikan rajoista ja olosuhteista sekä oikeuksistaan rakennuspaikalla.

9. Viranomaisluvut ja hyväksynät

Tilaaja hankkii kustannuksellaan seuraavat viranomaisluvut ja hyväksynät: _____.

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

Palveluntuottaja hankkii kustannuksellaan muut tarvittavat viranomaisluvut ja hyväksynyt. Tilaajan on myötävaikutettava lupien saamiseen. Palveluntuottajan on toimitettava tilaajalle kopiot saaduista viranomaisluvista ja hyväksynnöistä.

10. Palveluntuottajan suunnittelu ja rakennusaikainen suoritusvelvollisuus

Palveluntuottaja vastaa suunnittelun ammattitaitoisesta suorittamisesta ja hyvän rakentamistavan noudattamisesta. Suunnittelu ja rakennustyöt suoritetaan tilaajan määrittämien tavoitteiden, lähtötietojen ja sovitun aikataulun mukaisesti ammattitaitoisten suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja toimittajien kanssa yhteistyössä hyvää rakentamistapaa noudattaen. Palveluntuottaja vastaa kaikkien sopimuskokonaisuuteen kuuluvien suunnittelu-, rakennus- ja asennustöiden suorittamisesta ja niistä aiheutuvista kustannuksista.

Palveluntuottajan suunnittelu- ja rakennusaikaisiin velvollisuuksiin kuuluu (ellei muuta sovita):

- a) pääsuunnittelijan nimeäminen, suunnitelmien laadinta ja niiden toimittaminen tilaajan tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi
- b) tilaajan informointi suunnittelun etenemisestä
- c) sovittujen viranomaislupien hankkiminen, tarvittavien ilmoitusten teko viranomaisille työn suorittamisesta ja yhteydenpito viranomaisiin
- d) lopullisten suunnitelmien toimittaminen tilaajalle
- e) kaikkien tavanomaisten rakennusaikaisten vakuutusten (esim. palovakuutus) hankkiminen
- f) työmaan johtovelvollisuuksista vastaavana urakoitsijana toimiminen
- g) käyttö- ja huolto-ohjeen laatiminen
- h) laitteiston toimintakuntoon säätäminen, ensimmäisen jään teko ja toimivuuden todentaminen tilaajan tavoitteiden mukaisesti
- i) kylmälaitteiston luovutus tilaajalle ja tilaajan käyttöhenkilöstön perehdyttäminen laitteiston käyttöön
- j) tilaajan käyttöhenkilöstölle tarvittavan tuen antaminen käytön aikana.

11. Tilaajan suunnittelu- ja rakennusaikainen suoritusvelvollisuus

Tilaaja vastaa maankäyttö- ja rakennuslain mukaisten rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuuden piiriin kuuluvien tehtävien hoitamisesta. Tilaaja vastaa kaukolämpö-, sähkö-, vesi-, tietoliikenne- ja viemäriverkostoihin liittyvien liittymäsopimusten teosta, muutoksista ja kustannuksista. Palveluntuottaja voi käyttää urakkasopimusaikana sähköä ja vettä korvauksetta. Palveluntuottaja voi käyttää hallin sosiaalituloja korvauksetta suunnittelu- ja rakentamisjakson ajan. *Vaihtoehtoisesti sähköstä, vedestä ja tiloista maksetaan korvaus.*

12. Sopimuksen perusteena annettavat tiedot ja tutkimukset

Sopijapuolten on tuotava esiin tiedossaan olevat seikat, jotka voivat vaikuttaa sopimussuorituksen tarkoituksenmukaiseen toteuttamiseen. Tilaaja on tehnyt seuraavat tutkimukset ja selvitykset kiinteistöstä ja kylmäkoneistosta ja antanut seuraavat tiedot: _____.

Tilaaja informoi palveluntuottajaa suunnittelu- ja rakennusvaiheessa mahdollisista muista samanaikaisista hankinnoistaan, joilla voi olla vaikutusta palveluntuottajan suoritukseen. Tilaaja organisoii näihin hankintoihin liittyvät suunnittelu- ja työmaakokoukset, joihin tilaajan suunnittelijat, urakoitsijat ja palveluntuottajan edustajat osallistuvat tarvittaessa.

Palveluntuottajan edellytetään hankkineen ennen tarjouksen antamista tiedot, joilla on merkitystä hänen velvollisuuksiensa kannalta. Palveluntuottajan tulee suunnittelu- ja rakennusaikana hankkia kaikki tarvitsemansa tiedot ja tutkia asiat, joilla on sopimusasiakirjojen mukaan merkitystä hänen velvollisuuksiensa kannalta. Palveluntuottaja ei ole vastuussa virheistä, puutteista ja haitoista, jotka aiheutuvat siitä, että tilaaja ei ole ilmoittanut oleellisia tietoja, joilla olisi ollut vaikutusta palveluntuottajan suoritukseen.

Tilaaja antaa rakennushankkeen ominaisuuksiin liittyvät turvallisuustiedot palveluntuottajalle, joka laatii VNp (205/2009) 8§:n mukaisen turvallisuusasiakirjan rakennustyön suunnittelua ja toteutusta varten. Tilaaja nimeää hankkeeseen turvallisuuskoordinaattorin.

13. Suunnittelu ja rakennustöiden suorittaminen

Laitteiston ja jääalustan suunnittelu on aloitettava viivyttelittä, kun tämä sopimus tulee voimaan kohdan 2 mukaisesti. Palveluntuottajan on laadittava suunnittelu-aikataulu ja esitettävä se tilaajalle hyväksyttäväksi viimeistään _____ viikon kuluessa sopimuksen allekirjoituksesta. Suunnittelu-aikataulun yhteydessä palveluntuottaja esittää projekti-aikataulun, joka sisältää suunnittelun ja rakentamisen. Aikataulut ovat yhteisesti noudatettavia, ja tarkentamista lukuun ottamatta niitä voidaan muuttaa vain yhteisellä sopimuksella.

Palveluntuottajan on laadittava yksityiskohtainen työaikataulu ja esitettävä se tilaajalle ennen rakennustöiden käynnistämistä. Rakentaminen on käynnistettävä esitetyn aikataulun mukaisesti. Rakennustöiden ja asennusten on edettävä siten, että halli voidaan ottaa käyttöön viikolla _____.

Aikataulun välitavoitteita ovat _____.

Viivästyssakkojen osalta noudatetaan kohdan 18 mukaisia määräyksiä. Tilaaja ei hyvitä/hyvittää kohteen valmistumisesta ennen sovittua päivää seuraavasti: _____.

Tilaajalla on oikeus mutta ei velvollisuutta ottaa kohde käyttöön ennen sopimuksessa sovittua viimeistä käyttöönottopäivää. (*Tarpeeton yliviivataan.*)

14. Suunnitelmien tarkastaminen ja hyväksyminen

Tilaajan on toimitettava palveluntuottajalle suunnitelma-aikataulun mukaisesti seuraavat asiakirjat: _____.

Mikäli suunnitelma-aikataulusta ei muuta ilmene, tulee palveluntuottajan ilmoittaa viimeistään _____ työpäivää aiemmin, jos hän tarvitsee joitakin tietoja, tutkimusmateriaalia tai asiakirjoja. Palve-

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

luntuottajan tulee toimittaa suunnitelma-asiakirjat tilaajan tarkastettavaksi suunnitelma-aikataulun mukaisesti viimeistään _____ työpäivää ennen kuin niitä tarvitaan hankinnassa tai työn toteuttamisessa. Tilaajan tulee ilmoittaa tarkastuksen tulos palveluntuottajalle kirjallisesti _____ työpäivän kuluessa siitä, kun suunnitelmat on toimitettu tarkastettavaksi.

Tilaajan on hyväksyttävä suunnitelmat, mikäli ne täyttävät asetetut vaatimukset. Jos tilaaja katsoo, että suunnitelmat eivät täytä vaatimuksia, on kohdat, jotka eivät täytä vaatimuksia, osoitettava palveluntuottajalle. Palveluntuottaja on velvollinen tekemään tilaajan esittämät muutokset suunnitelmiin. Jos osapuolet ovat erimielisiä siitä, täyttävätkö suunnitelmat asetetut vaatimukset, on palveluntuottajan tehtävä vaaditut muutokset. Jos osapuolet eivät pääse asiasta yhteisymmärrykseen palveluntuottajalle maksettavasta korvauksesta, ratkaistaan asia kohdan 58 mukaisesti.

Kun tilaaja ilmoittaa palveluntuottajalle, että tarkastettavaksi jätetyt suunnitelmat on hyväksytty, tilaaja hyväksyy suunnitelmien yleisratkaisun ja laatutason. Palveluntuottajalle jää edelleen vastuu suunnitelmien laadusta ja toimivuudesta. Jos joku suunnitteluratkaisu toteutetaan tilaajan nimenomaisesta määräyksestä, siirtyy vastuu siltä osin tilaajalle. Tilaajan katsotaan hyväksyneen suunnitelmat myös silloin, jos tilaaja ei anna määräajassa vastaustaan palveluntuottajalle. Mikäli tilaaja teettää suunnitelmiin muita muutoksia, noudatetaan kohdan 15 mukaisia ehtoja.

15. Suunnitelmien muuttaminen ja muutosten kustannusvaikutuksista sopiminen

Mikäli tilaaja teettää suunnitelmiin muita kuin kohdan 14 mukaisia muutoksia, palveluntuottajan on toimitettava tilaajalle muutosarvio _____ työpäivän kuluessa muutosvaatimuksen saamisesta. Muutosarvion tulee sisältää

- arvio muutoksen vaikutuksesta suunnittelu- ja asennustöihin sekä rakennustöiden valmistumiseen
- arvio muutoksen vaikutuksista kustannuksiin
- arvio muutosten vaikutuksista palvelumaksuun
- laskelmat, joilla muutosarvion on laadittu.

Kun tilaaja on saanut palveluntuottajan muutosarvion, sopijapuolten on sovittava muutosarviossa esitetyistä seikoista. Tilaaja voi muuttaa muutosvaatimusta, jolloin palveluntuottajan on viimeistään _____ työpäivän kuluessa annettava tilaajalle uusi muutosarvio. Mahdollisimman pian sen jälkeen, kun edellä mainituista asioista on sovittu ja viimeistään _____ työpäivän kuluttua, tilaajan on vahvistettava muutosarvio tai peruutettava muutosvaatimus. Mikäli tilaaja ei vahvista muutosarviota _____ työpäivän kuluessa sen saamisesta, tilaajan katsotaan peruuttaneen muutosvaatimuksen.

Mikäli tehtävän muutostyön arvo on enintään _____ euroa, korvataan muutostyön kustannukset palveluntuottajalle kertasuorituksena rakennusalalla Suomessa yleisesti noudatettavien periaatteiden ja palveluntuottajan esittämän muutosarvion mukaisesti.

Palveluntuottajan on varauduttava omissa rahoitus- ja muissa suunnitelmissaan siihen, että muutostöiden yhteenlaskettu arvo on enintään _____ euroa. Palveluntuottaja on velvollinen toteuttamaan muutostyöt, joiden yhteenlaskettu arvo ei ylitä em. enimmäismäärää.

Mikäli muutostöiden yhteenlaskettu arvo ylittää em. enimmäismäärän, palveluntuottajan on pyrittävä hankkimaan lisärahoitus muutostöille. Mikäli palveluntuottaja on kohtuuden rajoissa pyrkinyt hankkimaan lisärahoitusta mutta ei ole siinä onnistunut _____ työpäivän kuluessa, palveluntuottajalla ei ole velvollisuutta toteuttaa muutoksia, ellei tilaaja sitoudu maksamaan muutoksista aiheutuvia lisäkustannuksia töiden suoritusajana. Palveluntuottajan perimää palvelumaksua muutetaan muutoksista aiheutuvien lisäkustannusten mukaisesti, jota tilaaja ei ole erikseen korvannut.

Palveluntuottaja hakee muutosten toteuttamista varten tarvittavat viranomaisluvut ja hyväksynnät ja palveluntuottaja vastaa kaikista viranomaisten vaatimista muutostöistä, jotka aiheutuvat suunnitteluratkaisuista. Palveluntuottaja voi kieltäytyä tekemästä muutoksia suunnittelu- ja rakennustöihin, mikäli muutokset vaikuttaisivat oleellisen haitallisesti palveluntuottajan kykyyn täyttää tämän sopimuksen mukaiset velvoitteensa.

16. Palveluntuottajan ehdottamat muutokset

Mikäli palveluntuottaja haluaa muuttaa suunnittelu- ja rakennustöitä, täytyy sen tehdä tilaajalle muutosehdotus, jossa on ainakin

- määriteltävä suunnitelmien ja töiden muutosehdotukset riittävän yksilöidysti
- esitettävä perusteet muutosehdotuksille
- ilmoitettava palvelumaksun muutostarve sekä muut kustannukset, jotka palveluntuottaja esittää tilaajan maksettavaksi.

Sopijapuolten on kokoonnuttava _____ työpäivän kuluessa muutosehdotuksen vastaanottamisesta keskustelemaan ehdotuksen sisällöstä. Neuvottelujen aikana tilaaja voi tehdä omia ehdotuksiaan muutosten sisältöön tai hyväksyä tai hylätä muutosehdotuksen. Tilaaja ei kuitenkaan voi hylätä sellaisia muutoksia koskevaa ehdotusta, jotka tulee tehdä lain- tai viranomais määräysten muuttumisen vuoksi.

Jos tilaaja hyväksyy palveluntuottajan muutosehdotuksen, palveluntuottajan on toteutettava suunnittelu- ja rakennustöiden muutokset kohtuullisessa ajassa. Jos tilaaja hylkää muutosehdotuksen, on sen ilmoitettava hylkäämisen syyt. Palveluntuottaja voi saattaa asian käsiteltäväksi kohdan 58 mukaisesti.

Muutoksella ei ole vaikutusta palvelumaksuun, elleivät osapuolet siitä nimenomaisesti sovi tai kohdan 58 mukaisessa menettelyssä niin määrätä. Mikäli palveluntuottajan kustannukset alenevat ehdotettujen muutosten takia, alennetaan palvelumaksua määrällä, joka vastaa _____ prosenttia kustannusten säästöstä.

17. Seuranta- ja tarkastus

Osapuolet pitävät yhteisiä suunnittelukokouksia seuraavasti: _____.
Tilaaajalla on velvollisuus osallistua kokouksiin. Lisäksi tilaaajalla on oikeus osallistua palveluntuottajan ja tämän suunnittelijoiden sekä toimittajien välisiin kokouksiin.

Yksityiskohtainen rakennustyön valvonta on palveluntuottajan tehtävä. Tilaaajalla on oikeus asettaa oma valvoja ja tehdä rakennustyön edistymistä koskevia tarkastuksia seuraavasti: _____.
Valvojan valtuudet ovat seuraavat: _____.
Tilaaajan valvonta ja tarkastukset eivät vähennä palveluntuottajan vastuuta.

18. Viivästys

Jos palveluntuottaja huomaa, että suunnittelu- ja rakennustöitä ei saada toteutettua kohdan 13 mukaiseen määräpäivään mennessä, on palveluntuottajan ilmoitettava siitä tilaaajalle kirjallisesti. Samalla on ilmoitettava viivästyksen syy, arvio sen kestosta ja vaikutuksista sekä toimista, joilla palveluntuottaja pyrkii rajoittamaan viivästyksiä ja sen vaikutuksia.

Mikäli viivästyminen johtuu palveluntuottajasta riippumattomista syistä, siirretään kohdan 13 valmistumispäivää vastaavasti. Saadakseen luovutuspäivän siirron palveluntuottajan on

- viimeistään _____ työpäivän kuluessa siitä, kun on saanut tiedon todennäköisestä viivästyisestä, ilmoitettava kirjallisesti tilaaajalle vaatimus määräajan pidentämiseksi
- yksilöitävä viivästyksen syy ja sen vaikutukset
- osoitettava, että viivästys aiheutuu palveluntuottajasta riippumattomista syistä, joita ei ole voinut kohtuudella estää ja joita ei ole voinut tarjousta jätettäessä ottaa huomioon.

Mikäli tilaaja hyväksyy palveluntuottajan ilmoituksen ja esitetyt syyt, määräpäivää siirretään kohtuullisella ajalla. Viivästyksen täytyy kestää vähintään _____ työpäivää, ennen kuin palveluntuottajalla on oikeus määräpäivän siirtoon.

Mikäli kylmäkoneisto ei ole käyttökunnossa ja jäähalli käytettävissä määräpäivään mennessä, tilaaja on oikeutettu saamaan palveluntuottajalta kultakin työpäivältä viivästyssakkoa _____ euroa, kuitenkin enintään _____ euroa. Välitavoitteiden osalta viivästyssakon määrät ovat seuraavat: _____.

19. Rakennus- ja asennustöiden valmistuminen ja laitteiston käyttöönottotarkastus

Palveluntuottajan on ilmoitettava tilaaajalle vähintään _____ työpäivää aiemmin, kun se aikoo suorittaa kaikkien rakennus- ja asennustöiden laatutarkastuksen. Tilaaajan edustajilla on oikeus osallistua tarkastukseen.

Kun palveluntuottaja on varmistanut, että kaikki työt on suoritettu hyväksytysti, on sen ilmoitettava siitä ja käyttöönottotarkastuksen ajankohdasta kirjallisesti tilaaajalle. Tämän jälkeen palveluntuottaja tekee jään, suorittaa tarvittavat laitteiston säädöt ja dokumentoi laitteiston suoritusarvot. Käyttöönottotarkastuksessa todetaan, että laitteisto ja halli ovat asennusten ja toimi-

vuuden osalta käyttöönottovalmiudessa ja että sen suorituskyky vastaa sovittuja tavoitteita. Tilaaajan edustajat osallistuvat käyttöönottotarkastukseen. Keskenkäiset vähäiset viimeistelytyöt eivät vaikuta hyväksymiseen, jos niistä ei aiheudu estettä tai haittaa hallin käyttöönotolle.

Käyttöönottotarkastuksesta on pidettävä pöytäkirjaa, johon on merkittävä ainakin seuraavat asiat:

- k) hyväksymättä jättämisen syyt, jos työtulosta tai laitteiston toimivuutta ei hyväksytä
- l) palveluntuottajan vastattavaksi katsottavat puutteet ja virheet sekä aikataulu, jonka kuluessa korjaukset on tehtävä
- m) virheet ja puutteet, joihin perustuvia vaatimuksia ei tarkastuksessa voida täsmentää, sekä aikataulu, johon mennessä ja millä tavalla ne on selvitettävä
- n) tarkastuksessa syntyneet mielipide-erot
- o) uuden hyväksymistarkastuksen ajankohta
- p) palveluntuottajan suorituksen mahdollinen myöhästyminen
- q) selvitys viranomaisten ja säädösten edellyttämistä tarkastuksista ja niiden pöytäkirjanpidosta sekä ko. pöytäkirjojen toimittamisesta tilaajalle
- r) viranomaislupien sekä hyväksytyjen suunnitelmien ja muiden luovutusasiakirjojen toimittaminen tilaajalle.

Ennen kuin pöytäkirjaan tehdään merkintä puutteesta tai virheestä, on palveluntuottajalle varattava tilaisuus antaa siitä lausunto, joka kirjataan pöytäkirjaan.

Mikäli sopijapuolet ovat erimielisiä siitä, onko kohde käyttöönotettavissa vai ei, käytetään ulkopuolista asiantuntijaa. Sopijapuolet ovat sidottuja / eivät ole sidottuja ulkopuolisen asiantuntijan arvioon. Ulkopuolisen asiantuntijan nimeä kohdassa 7 määritelty seurantaryhmä, ellei asiantuntijaa ole aiemmin nimetty. Ellei seurantaryhmä pääse asiantuntijasta yksimielisyyteen, asiantuntijan nimeä _____.

Palvelujakso

20. Palveluntuottajan velvollisuudet

Palveluntuottaja sitoutuu asiantuntijana suorittamaan tai järjestämään tämän sopimuksen mukaiset palvelut niiden edellyttämällä ammattitaidolla ja hyvää teknistä tapaa noudattaen sekä ottaen huomioon tilaajan kanssa yhteisesti asetetut tavoitteet koko sopimuskauden ajan. Kylmälaitteiston huolto-, kunnossapito- ja käyttökupipalvelut aloitetaan välittömästi, kun tilaaja on tuloksen käyttöönottotarkastuksessa hyväksynyt.

Palveluntuottaja on velvollinen suorittamaan sopimustehtävät sopimusasiakirjoissa sovittuina toimitusaikoina. Ellei toisin sovita, palveluntuottaja tekee sopimustehtävät tässä sopimuksessa

tai sen liitteessä määriteltynä säännöllisenä työaikana. Palveluntuottajan tässä sopimuksessa tarkoitettu säännöllinen työaika on _____.

Palveluntuottaja on velvollinen huolehtimaan laitteistosta siten, että se on jatkuvasti hyvässä ja käyttökelpoisessa sekä viranomaismääräysten edellyttämässä kunnossa. Mikäli viranomaismääräykset muuttuvat palvelujakson aikana, sopijapuolten on sovittava palvelumaksun muutoksista kohdan 38 mukaisesti. Palveluntuottaja vastaa palveluiden toimittamisesta siten, että hallin käytettävyys ja olosuhteet pysyvät sovitulla tasolla, laitteisto pidetään jatkuvasti moitteettomassa kunnossa tilaajan käytettävissä ja laitteisto on palvelujakson päättyessä siinä teknisessä kunnossa kuin vastaava samanikäinen asianmukaisesti hoidettu laitteisto normaalisti on.

Palveluntuottaja on velvollinen kustannuksellaan poistamaan ja korjaamaan sovittujen vasteaikojen puitteissa kohteessa havaitsemansa tai tilaajan osoittamat viat, puutteet tai virheet, jotka saattavat aiheuttaa haittaa tai vahinkoa laitteistolle tai estävät tai haittaavat hallin käyttöä. Palveluntuottaja on velvollinen huolehtimaan myös siitä, että hänen tekemänsä työt häiritsevät mahdollisimman vähän hallin käyttöä.

21. Tilaaajan velvollisuudet

Tilaaaja sitoutuu maksamaan tämän sopimuksen mukaiset maksut palveluntuottajalle ja vastaanottamaan palveluita palvelujakson alusta alkaen. Tilaaajan velvollisuus maksaa palvelumaksua alkaa, kun rakennus- ja asennustyöt ovat valmistuneet, tilaaja on ne hyväksymistarkastuksessa hyväksynyt ja palveluntuottaja on alkanut tuottaa tilaajalle palveluja.

Tilaaaja on velvollinen järjestelmään palveluntuottajalle pääsyn niihin tiloihin, joihin pääseminen on tarpeen sovittujen palvelujen suorittamiseksi. Tilaaaja on velvollinen omalta osaltaan huolehtimaan myös siitä, että kylmälaitteistoa käytetään laadittujen ohjeiden mukaisesti.

Tilaajalla ei ole oikeutta teettää omalla kustannuksellaan kylmälaitteistoon kohdistuvia asennuksia, muutoksia, parannuksia tai muita korjaus- tai muutostöitä. Tarvittavista muutostöistä ja niiden maksuvaikutuksista on sovittava palveluntuottajan kanssa.

22. Sopijapuolten vastuun laajuus

Sopijapuolet vastaavat sopimuksen mukaisten velvoitteidensa huolellisesta ja asianmukaisesta täyttämisestä.

Vaihtoehto A

Sopijapuolet ovat velvollisia korvaamaan toiselle sopijapuolelle sopimuksen mukaisten velvoitteiden täyttämättä jättämisen aiheuttamat välittömät vahingot. Sopijapuoli ei kuitenkaan ole vastuussa vahingosta, joka johtuu hänen vaikutusmahdollisuuksiensa ulkopuolella olevasta tekijästä ja jota sopijapuoli ei ole voinut kaikkea normaalia huolellisuutta noudattamallaan välttää. Sopijapuolet eivät vastaa toisilleen välillisistä vahingoista, ellei vahinkoa ole aiheutettu tahallisesti tai se ole aiheutunut törkeän huolimattomuuden vuoksi.

Kuitenkin sellaisen vahingon tapahtuessa, josta on määritetty sopimussakko tai palvelumaksun vähennys, noudatetaan näitä määräyksiä, ellei vahinko ole syntynyt tahallisesti tai törkeän huolimattomuuden seurauksena.

Vaihtoehto B

Sopijapuolet ovat velvollisia korvaamaan toiselle sopijapuolelle sopimuksen mukaisten velvoitteiden täyttämättä jättämisen aiheuttamat välittömät ja välilliset vahingot. Välillisten vahinkojen vahinkotapahtumakohtainen enimmäismäärä on _____. Sopijapuoli ei kuitenkaan ole vastuussa vahingosta, joka johtuu hänen vaikutusmahdollisuksiensa ulkopuolella olevasta tekijästä ja jota sopijapuoli ei ole voinut kaikkea normaalia huolellisuutta noudattamallaan välttää. Kuitenkin sellaisen vahingon tapahtuessa, josta on määritetty sopimussakko tai palvelumaksun vähennys, noudatetaan näitä määräyksiä, ellei vahinkoa ole aiheutettu tahallisesti tai törkeän huolimattomuuden johdosta.

23. Vahingonvaara tai vahingon havaitseminen

Mikäli sopijapuoli havaitsee vahingon tai vahingon vaaran, on hänen tehtävä välittömästi ilmoitus toiselle sopijapuolelle. Sopijapuoli on myös velvollinen ryhtymään välittömästi kaikkiin tarpeellisiin toimiin välittömän vahingon vaaran poistamiseksi ja vahinkojen vaikutusten rajoittamiseksi. Mikäli sopijapuoli ei kuitenkaan ole huomannut vahinkoa tai vahingon vaaraa, joka on ollut niin ilmeinen, että se olisi pitänyt kohtuuden mukaan havaita ja ryhtyä vahingon poistamis- tai rajoittamistoimiin, tämä vastaa kyseisestä laiminlyönnistä aiheutuneesta lisävahingosta oman tuottamuksensa osalta. Vastuu ei kuitenkaan siirry, jos virhe aiheutuu toisen sopijapuolen törkeästä laiminlyönnistä tai täyttämättä jääneestä suorituksesta.

24. Tilaajan maksuvelvollisuus

Tilaaja on velvollinen maksamaan palvelujakson aikana palveluntuottajalle palvelumaksun kultakin maksukaudesta. Palvelumaksu jakaantuu kiinteään ja muuttuvaan osaan liitteen x (maksumeکانismi) mukaisesti.

Palvelumaksu sisältää kaikki palveluihin ja laitteistoon liittyvät tilaajalle aiheutuvat kustannukset mukaan lukien suunnittelu-, rakentamis-, käyttö- ja ylläpitokulut. Muutokset niiden hinnoissa katsotaan tulevan huomioiksi indeksissä, johon palvelumaksun muuttuva osa on sidottu.

Palveluntuottajasta riippumattomat tilapäiset toimintahäiriöt vesi-, viemäri-, lämpö-, sähkö- tai tietoliikenneteknisissä laitteissa tai niiden kautta toimitettavien hyödykkeiden jakelussa eivät oikeuta tilaajaa korvauksiin, maksusta vapautumiseen tai palveluntuottajalle tulevien maksujen alentamiseen. Niihin eivät oikeuta myöskään kiinteistön ylläpidon kannalta tarpeelliset, riittävän ajoissa ilmoitetut katkokset, tilaajan suorittamat korjaukset taikka muut vastaavat seikat, joiden vuoksi kohdetta ei ole voitu käyttää tai se ei ole ollut vaadittavassa tai sovitussa kunnossa. Palveluntuottajan on pyrittävä minimoimaan häiriöt teknisin ym. suojaustoimin.

Tilaajan velvollisuus maksaa kullakin maksukaudella palvelumaksuja vähenee palveluntuottajan puutteellisen suorituksen vuoksi siten kuin kohdassa 26 ja liitteessä x (maksumeکانismi)

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

määrätään. Palvelumaksun vähennykset voivat kohdistua vain palvelumaksun muuttuvaan osaan.

Tässä sopimuksessa ja sen liitteissä ilmoitetut summat eivät sisällä arvonlisäveroa. Mikäli jokin tässä sopimuksessa tarkoitettu suoritus tulee arvonlisäveron alaiseksi, tilaajan tulee maksaa palveluntuottajalle suoritusta koskeva arvonlisävero laskua vastaan. Palveluntuottajan on annettava tilaajalle tiedot laskutettavan arvonlisäveron määrästä.

Tilaja ei miltään osin vastaa palveluntuottajan maksuvelvollisuuksista rahoittajalle, palveluntuottajan osakkaille tai muille palveluntuottajan sopimuskumppaneille.

25. Palvelumaksun kiinteä osuus

Palvelumaksun kiinteän osuuden suuruus on määritelty liitteenä olevan maksumekanismin mukaisesti.

26. Maksuvähennykset ja sopimussakot

Mikäli palveluntuottaja laiminlyö sovittujen palveluiden suorituksen tai ei saavuta sovittua palvelutasoa, palveluntuottajalle tulevaa maksua vähennetään liitteenä olevan maksumekanismin mukaisesti. Vähennykset eivät voi kohdistua palvelumaksun kiinteään osaan. Tilaja ei ole oikeutettu käyttämään mahdollista kuittaus- tai muita vastaavaa oikeuttaan koskien palvelumaksun kiinteää osaa.

Mikäli palveluntuottaja ei korjaa sopimusrikkomustaan, vaikka tilaja on asiasta kirjallisesti ja yksilöidysti huomauttanut _____ kertaa, on tilaajalla oikeus saada sopimussakkona _____ euroa. Tilaja saa siten yksittäisen sopimusrikkomuksen korvauksena enintään maksujen vähennyksen ja sopimussakon. Tämä ei kuitenkaan vähennä kohdan 47 mukaisia korvauksia. Mikäli palveluntuottaja ei edelleenkään korjaa sopimusrikkomustaan, tilaajalla on oikeus suorittaa väliaikainen sijaantulo siten kuin kohdassa 40 määrätään.

27. Indeks sidonnaisuus

Palvelumaksun muuttuva osa sidotaan Tilastokeskuksen Kiinteistöjen ylläpidon kustannusindeksiin (2 000 = 100), lukuun ottamatta julkisoikeudellisia veroja ja maksuja sekä seuraavia palveluita, joiden osalta on sovittu seuraavaa: _____.

Perusindeksinä, johon indeksin muutosta vastaisuudessa verrataan, käytetään kiinteistöpalveluiden tuottamisen aloituskuukautta vastaavaa vuosineljänneistä ja tarkastusindeksinä kunkin vuoden vastaavaa kuukauden vuosineljänneistä.

Palveluntuottajalla on oikeus laskuttaa indeksitarkistettua palvelumaksua alkaen laskusta, joka seuraavaksi erääntyy kuukauden kuluttua siitä, kun uusien Kiinteistöjen ylläpidon kustannusindeksin pisteluku on ilmestynyt.

28. Viivästyskorko

Vuotuinen viivästyskorko mille tahansa tämän sopimuksen palvelujakson mukaiselle viivästyneelle rahasuoritukselle on kulloinkin voimassa olevan korkolain mukainen.

29. Hinnantarkistus

Jos arvonlisäveroprosentti muuttuu sopimuskauden aikana, tarkistetaan sopimushintaa vastaavasti. Jos sopimuksen tarkoittamat palvelut tulevat sopimuksenteon jälkeen uuden veron alaiseksi eikä uutta veroa ole voitu tarjoustä tehtäessä ottaa huomioon, tarkistetaan tilaajan maksuvelvollisuutta vastaavasti.

30. Lainmuutos

Mikäli valtiovallan lainsäädäntötoimenpiteiden tai muiden viranomaismääräysten johdosta tapahtuu tai tulee tapahtumaan sellainen muutos, joka sopijapuolten käsityksen mukaan edellyttää muutosta palveluihin tai niiden kustannuksiin, kumpi tahansa sopijapuoli voi ilmoittaa siitä toiselle sopijapuolelle kirjallisesti ja vaatia palvelumaksun tarkistamista muutoksen perusteella. Ilmoituksessa on mainittava tarpeelliset muutokset sopimusvelvollisuuksiin ja/tai kustannuksiin. Ilmoitukseen on liitettävä myös yksilöity laskelma muutosten kustannusvaikutuksista. Sopijapuolten on kohtuullisessa ajassa ilmoituksen antamisen jälkeen sovittava lainmuutoksen vaikutuksesta.

Palveluihin vaikuttavat lakien ja määräysten muutokset otetaan huomioon sekä korottavana että vähentävänä tekijänä vain siinä tapauksessa, että muutosten vaikutuksen palvelumaksun muuttuvaan osuuteen on vähintään _____ prosenttia. Lainmuutosten huomioon ottamisen edellytyksenä on lisäksi, että

- niiden peruste on syntynyt sopimuksen allekirjoittamisen jälkeen
- niitä ei ole sopimusta tehtäessä voitu ottaa huomioon
- ne vaikuttavat välittömästi sopimuksen mukaisiin palveluihin ja niiden kustannuksiin.

31. Laskutus

Maksukautena on se kalenterikuukausi / 3 kk / 6 kk, jolta palveluntuottaja veloittaa palveluiden tuottamisesta maksun. Kunkin maksukauden päättymistä seuraavan kalenterikuukauden aikana palveluntuottajan on toimitettava tilaajalle kirjallisesti muuttuvan palvelunmaksun osalta

- selvitys, jossa on yksityiskohtaisesti selvitetty summa, jonka palveluntuottaja on mielestään oikeutettu saamaan tilaajalta kyseiseltä maksukaudelta, ja summa, jonka tilaaja on palveluntuottajan mielestä oikeutettu vähentämään kyseiseltä maksukaudelta, sekä selvitys mahdollisesti tilaajalle maksettavasta hyvityksestä
- lasku, jossa on esitelty tilaajan maksettavaksi tuleva nettomääräinen summa ja kyseisen summan arvonlisävero.

Lisäksi

- tilaajan tulee maksaa riidattomilta osin palveluntuottajan toimittama hyväksyttävä lasku _____ vuorokauden kuluessa laskun päiväyksestä. Kunkin maksukauden _____ päivänä lähetetään kuluvan maksukauden palvelumaksun kiinteää osuutta vastaava lasku, joka tilaajan tulee maksaa _____ vuorokauden kuluessa laskun päiväyksestä.

Mikäli tilaajan mielestä palveluntuottajan laskun määrä maksukaudelta on suurempi kuin mihin palveluntuottajalla on oikeus, tilaajan tulee

- ilmoittaa palveluntuottajalle kirjallisesti _____ vuorokauden kuluessa em. selvitysten ja laskun vastaanottamisesta vaatimuksensa enimmäismäärä ja ilmoituksen perustelut, sekä toimittaa palveluntuottajalle kantaansa tukevat asiakirjat
- tehdä vähennystä koskeva vaatimuksensa _____ vuorokauden kuluessa sen maksukauden päättymisestä, jota vähennys koskee.

Palveluntuottajan saatua tilaajalta em. kohdan mukaisen ilmoituksen on palveluntuottajan vastattava tilaajalle kirjallisesti vuorokauden kuluessa, hyväksyykö se ilmoituksessa esitetyn vähennyksen. Mikäli palveluntuottaja hyväksyy vaaditun vähennyksen, tilaajalla on oikeus saada palveluntuottajalta vähennettäväksi vaaditun määrän suuruinen hyvityslasku. Hyvityslasku otetaan huomioon seuraavan maksukauden palvelumaksussa. Mikäli palveluntuottaja ei hyväksy vaadittua vähennystä, asia ratkaistaan kohdan 58 mukaisesti.

32. Vakuutukset

Tilaaja vastaa kiinteistön vakuutusten ottamisesta kylmäkoneistoa lukuun ottamatta. Palveluntuottajan on otettava määrältään _____ euron vastuuvakuutus, jonka omavastuu saa olla enintään _____ euroa. Palveluntuottajan on otettava määrältään _____ euron keskeytysvakuutus sekä laitteiston jälleenhankintahinnan täysimääräisesti korvaava täysarvovakuutus. Palveluntuottaja vastaa kaikista ottamiensa vakuutusten maksuista. Vakuutus sopimuksissa tulee olla määräys, jonka mukaan tilaajalle on ilmoitettava vähintään _____ vuorokautta etukäteen vakuutuksen irtisanomisesta tai uudistamatta jättämisestä.

Palveluntuottajan tulee antaa tilaajalle pyynnöstä jäljennös kaikista vakuutuskirjoista ja vakuutuksiin liittyvistä ehdoista sekä toimittaa tilaajalle vakuutusyhtiön todistus siitä, että kaikkien otettujen vakuutusten vakuutusmaksut on maksettu ja että vakuutukset ovat täysimääräisinä voimassa.

Mikäli palveluntuottaja rikkoo mitä tahansa tämän kohdan määräystä, tilaaja voi maksaa vakuutusten voimassa pitämiseksi vaaditut maksut tai hankkia itse vakuutuksen. Kummassakin tapauksessa tilaajalla on oikeus saada palveluntuottajalta korvaus tästä aiheutuneista kustannuksista. Tilaajalla on oikeus kuitata tämän kohdan mukaiset kustannukset palvelumaksun muuttuvasta osuudesta. Palveluntuottajan tulee ilmoittaa tilaajalle kaikista vakuutustapahtumista, joista saatu korvaus tai korvausvaatimus ylittää _____ euroa.

Tämän sopimuksen mukaisen vastuuvakuutuksen vakuutuskorvauksen saajana on vahinkoa kärsinyt taho. Tämän sopimuksen mukaisen keskeytysvakuutuksen vakuutuskorvauksen saajana on palveluntuottaja. Vakuutustapahtuman sattuessa sopijapuolet sopivat sen vaikutuksesta tämän sopimuksen mukaisiin velvoitteisiin ja sopimuskauden päättymispäivään.

33. Raportointi ja valvonta

Palveluntuottajan tulee noudattaa sopijapuolten yhteisesti sopimaa raportointi- ja valvontakäytäntöä ja osoittaa tilaajalle raporteilla, että kylmälaitteisto toimii sovitulla tavalla. Tilaajalla on oikeus tehdä laitteiston suorituskykyyn ja hallin olosuhteisiin liittyviä tarkastuksia ja mittauksia laitteiston toimivuuden ja palvelujen sopimuksenmukaisuuden toteamiseksi. Tilaajan on ilmoitettava palvelun tuottajalle _____ vuorokautta etukäteen päivästä, jolloin se haluaa suorittaa tarkastuksen tai mittauksen. Tilaajan on pyrittävä minimoimaan tarkastuksesta tai mittauksesta palveluntuottajan suorittamiselle aiheutuvat keskeytykset, eivätkä tarkastuksista tai mittauksista mahdollisesti aiheutuvat keskeytykset oikeuta palveluntuottajalle tulevien korvausten vähennyksiin. Palveluntuottajan on annettava tilaajalle tarkastuksen tai mittauksen suorittamiseksi tämän tarvitsemaa apua.

Mikäli tarkastus tai mittaus osoittaa, että palveluntuottaja ei ole täyttänyt tämän sopimuksen mukaisia velvollisuuksiaan, tilaajan tulee

- ilmoittaa palveluntuottajalle korjattavista virheistä, puutteista ja laiminlyönneistä
- ilmoittaa kohtuullinen aika, jonka kuluessa palveluntuottajan on korjattava tilanne
- saada palveluntuottajalta hyvitys kohtuullisista tarkastus- tai mittauskuluistaan.

Palveluntuottajan on korjattava kustannuksellaan tarkastuksessa tai mittauksessa puutteelliseksi havaitut asiat sovittujen vasteaikojen puitteissa.

Tilaajalla tai tilaajan edustajalla on oikeus valvoa toimeksiannon suorittamista ja antaa palveluntuottajalle palvelun suorittamiseen liittyviä ohjeita ja huomautuksia. Ohjeet ja huomautukset on annettava kirjallisesti paitsi vähämerkityksellisissä ja kiireellisissä tapauksissa.

34. Asiakirjojen säilytys

Palveluntuottajan on säilytettävä sopimuskauden ajan kaikki kohteen huoltoa, korjausta ja ylläpitoa koskevat asiakirjat. Tilaajalla on pyynnöstä oikeus nähdä asiakirjat ja saada niistä jäljennökset veloituksetta.

35. Tilaajan ja palveluntuottajan kokoukset, katselmukset ja kirjaukset

Tilaajan ja palveluntuottajan kesken pidetään kokouksia seuraavasti: _____.

Lisäksi jompikumpi sopijapuoli voi halutessaan järjestää yhteisen kokouksen. Palveluntuottaja on velvollinen osallistumaan näihin kokouksiin ilman eri veloitusta. Tilaaja järjestää palvelukohteessa tai tiloissaan vähintään _____ kertaa vuodessa laatuarviointeja ja kehityskokouksia,

joihin palveluntuottaja on velvollinen korvauksetta osallistumaan. Palveluntuottaja on velvollinen ilman eri korvausta pitämään laitteiston kohteen käyttö- ja huolto-ohjetta.

36. Työntekijät

Palveluntuottajan tulee huolehtia siitä, että työssä käytetään pätevää henkilökuntaa. Palveluntuottaja vastaa alaistensa ja asiantuntijoidensa sekä mahdollisesti käyttämiensä muiden yrittäjien töistä ja toimenpiteistä kuten omistaan.

37. Alihankkijoiden käyttö

Palveluntuottajalla on oikeus teettää palveluita muilla yrityksillä. Palveluntuottaja vastaa näiden töistä ja toimenpiteistä kuten omistaan. Palveluntuottajan on otettava alihankintasopimuksiin tämän palvelusopimuksen ehdot soveltuvin osin. Tilaajalla on oikeus pyydettäessä saada jäljennös palveluntuottajan tekemistä alihankintasopimuksista.

38. Muutokset palveluihin

Sovittujen palvelujen sisällön, laadun, työaikojen tai palvelumaksun muuttaminen on mahdollista ainoastaan sopijapuolten yhteisellä sopimuksella. Tilaajalla on oikeus vaatia palveluntuottajalta palvelujen muuttamista, jolloin palveluntuottajan tulee antaa tilaajalle arvio _____ työpäivän kuluessa muutosvaatimuksen saamisesta muuttamisen vaikutuksista palvelumaksuun ja/tai muihin sopimusehtoihin.

Sen jälkeen, kun tilaaja on saanut palveluntuottajan muutosarvion, sopijapuolten on sovittava muutosarviossa esitetystä seikoista. Tilaaja voi tällöin muuttaa muutosvaatimusta, jolloin palveluntuottajan on viimeistään _____ työpäivän kuluttua annettava tilaajalle uusi muutosarvio. Tilaajan on viimeistään _____ työpäivän kuluttua uuden muutosarvion saamisesta vahvistettava muutosarvio tai peruutettava muutosvaatimus. Mikäli tilaaja ei vahvista muutosarviota _____ työpäivän kuluessa sen saamisesta, tilaajan katsotaan peruuttaneen muutosvaatimuksensa. Mikäli tilaaja vahvistaa muutosarvion, palvelumaksua muutetaan muutoksista aiheutuvaa lisäkustannusta vastaavasti. Palveluntuottaja voi kieltäytyä tekemästä muutoksia palveluihin, mikäli muutos vaikuttaisi haitallisesti palveluntuottajan kykyyn täyttää tämän sopimuksen mukaiset velvoitteensa.

Palveluntuottaja voi myös itse ehdottaa palvelujen muuttamista. Palveluntuottajan tulee antaa tilaajalle muutosehdotus, jossa eritellään

- toivotut muutokset riittävän yksityiskohtaisesti
- perusteet muutosehdotukselle
- muutoksen kustannusvaikutus tarvittavine laskelmineen
- muutoksen vaikutus palvelumaksuun.

Jos tilaaja hyväksyy palveluntuottajan muutosehdotuksen, palveluntuottajan on toteuttava palveluiden muutokset kohtuullisessa ajassa. Muutoksella ei ole vaikutusta palvelumaksuun, jolleivät sopijapuolet siitä nimenomaisesti sovi tai kohdan 58 mukaisessa menettelyssä niin määrätä. Jos

tilaaja hylkää muutosehdotuksen, sen on ilmoitettava hylkäämisen syyt. Palveluntuottaja voi saattaa asian käsiteltäväksi kohdan 58 mukaisesti.

Mikäli palveluntuottajan ehdottamien palveluiden muutosten takia palveluntuottajan tai sen alihankkijoiden kustannukset alenevat, palvelumaksu alenee määrällä, joka vastaa _____ prosenttia kustannusten säästöstä. Mikäli sopijapuolet eivät pääse sopimukseen palveluiden muutoksesta tai muutosarvion sisällöstä, asia on ratkaistava kohdan 58 mukaisesti.

39. Ylivoimainen este

Sopijapuoli, jota ylivoimainen este kohtaa, on velvollinen ilmoittamaan siitä kirjallisesti toiselle sopijapuolelle viipymättä ja yksilöimään esteen ja sen vaikutukset kyseisen sopijapuolen velvoitteisiin. Muussa tapauksessa tämä menettää oikeutensa vedota esteeseen. Sopijapuolten on pyrittävä sopimaan ylivoimaisen esteen vaikutusten minimoimisesta ja tarvittavista toimenpiteistä sopimuksen jatkumisen mahdollistamiseksi ilman olennaisia lisäkustannuksia.

Ylivoimaisena esteenä pidetään

- puolustustila- tai valmiuslaissa tarkoitettua poikkeuksellista olosuhdetta tai niihin verrattavaa seikkaa, joka estää sopimuksen täyttämisen tai jonka vaatiminen olisi kohtuutonta
- sopijapuolten suoritusta estävää lakkoa, saartoa tai työnantajajärjestöjen hyväksymää tai päättämää työsulkua tai muuta niihin verrattavaa suoritusta olennaisesti estävää työtaistelutoimenpidettä
- muuta sopijapuolista riippumatonta poikkeuksellista seikkaa, joka huomattavasti vaikeuttaa sopimuksen mukaisten velvollisuuksien täyttämistä, jota sopijapuoli ei ole voinut ottaa ennakolta huomioon ja jonka tuottamaa haittaa hän ei ole voinut kohdella poistamalla. Tällaiseksi poikkeukselliseksi syyksi katsotaan muun muassa veden, sähkön tai lämmön jakelun estyminen, jos se aiheutuu sopimuspuolista riippumattomista syistä.

Ylivoimaisen esteen aikana tilaajan on maksettava palveluntuottajalle kohdan 25 mukainen palvelumaksun kiinteä osuus sekä kohteen ylläpidon kannalta välttämättömät kustannukset. Mikäli ylivoimainen este ei estä kokonaisuudessaan palvelun tuottamista, sopijapuolten tulee erikseen selvittää palveluiden tarve ja sopia palveluntuottamisesta maksettavasta korvauksesta. Sopimuksen purkamisesta ylivoimaisen esteen johdosta noudatetaan kohdan 49 määräyksiä.

40. Tilaajan väliaikainen sijaantulo palveluntuottajan sopimusrikkomuksen johdosta

Tilaajalla on oikeus hankkia tarvittavia huolto- ja kunnossapitopalveluja palveluntuottajan sijasta tai tarpeettomia kustannuksia aiheuttamatta kolmannelta taholta, mikäli

- palveluntuottaja ei noudata sovittuja palvelukuvauksia, mikä olennaisesti heikentää kohteen käyttöä

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

- palveluntuottajalle tulevista maksuista on tehty vähennyksiä _____ peräkkäisellä maksukaudella ja vähennysten yhteissumma on yli _____ % ko. maksukausien yhteenlasketusta maksusta.

Ennen väliaikaista sijaantuloa tilaajan tulee kirjallisesti huomauttaa palveluntuottajaa ja ilmoittaa väliaikaisen sijaantulon uhasta, ellei laiminlyöntiä tilaajan vaatimassa kohtuullisessa ajassa korjata. Mikäli laiminlyönti heikentää oleellisesti kohteen yleistä turvallisuutta, tilaajalla on oikeus suorittaa sijaantulo ilman kirjallista huomautusta.

Ellei palveluntuottaja huomautuksesta huolimatta korjaa laiminlyöntiä ja tilaaja suorittaa väliaikaisen sijaantulon, tilaajan on vähintään _____ vuorokautta aikaisemmin ilmoitettava palveluntuottajalle kirjallisesti

- toimenpide, johon se haluaa ryhtyä
- syy kyseiseen toimenpiteeseen
- päivämäärä, jolloin se haluaa aloittaa toimenpiteen
- aika, joka sen arvion mukaan tarvitaan kyseiseen toimenpiteeseen
- toimenpiteen vaikutus palveluntuottajan velvollisuuteen tarjota palveluja sinä aikana, kun kyseistä toimenpidettä toteutetaan.

Tilaajan väliaikaisen sijaantulon johdosta palveluntuottajan on maksettava tilaajalle kaikki tällaisista toimenpiteistä aiheutuneet kustannukset ja välittömät vahingot. Kyseisten palvelujen osalta noudatetaan kohdan 25 mukaista maksujen vähennysmekanismia sopimussakkoineen.

Tilaaja voi suorittaa kohdassa 40 tarkoitettuja toimenpiteitä niin kauan, kunnes palveluntuottaja osoittaa, että se kykenee itse selviytymään sopimusvelvoitteistaan. Mikäli tilaajan väliaikainen sijaantulo johtaa sopimuksen irtisanomiseen tai purkamiseen, noudatetaan kohtien 46 ja 48 määräyksiä.

Sopimuksen päätyminen

41. Irtisanominen tilaajan sopimusrikkomuksen johdosta

Palveluntuottajalla on oikeus irtisanoa tämä sopimus, mikäli tilaaja on laiminlyönyt sopimuksen mukaista maksuvelvollisuuttaan _____ perättäisen maksukauden osalta tai muuta palveluntuottamiseen olennaisesti vaikuttavaa velvollisuuttaan tai jos tilaaja toimenpiteillään estää palveluntuottajan velvoitteiden täyttämisen sopimuksen mukaisesti. Tällöin palveluntuottajan täytyy antaa tilaajalle kirjallinen irtisanomisilmoitus _____ vuorokauden kuluessa tilaajan sopimusrikkomuksen ilmenemisestä sillä uhalla, että muussa tapauksessa oikeus menetetään. Irtisanomisilmoituksessa on yksilöitävä tilaajan sopimusrikkomus, johon palveluntuottajan irtisanomisoikeus perustuu.

Ennen sopimuksen irtisanomista palveluntuottajan tulee kirjallisesti huomauttaa tilaajaa ja ilmoittaa sopimuksen irtisanomisen uhasta, ellei laiminlyöntiä palveluntuottajan vaatimassa koh- tuullisessa ajassa korjata.

Tämän sopimuksen voimassaolo päättyy sinä päivänä, kun on kulunut _____ päi- vää/viikkoa/kuukautta siitä, kun tilaaja on saanut irtisanomisilmoituksen tilaajan maksuvelvolli- suuden laiminlyönnin perusteella tai muulla edellä mainitulla irtisanomisperusteella. Irtisanomi- nen raukeaa, mikäli tilaaja korjaa virheen irtisanomisajan kuluessa Sopimuksen irtisanomisen asemasta palveluntuottaja voi keskeyttää palvelun toimittamisen, kunnes tilaaja on korjannut menettelynsä.

42. Korvaus irtisanomisesta tilaajan sopimusrikkomuksen perusteella

Sopimuksen päättyessä kohdan 41 perusteella tilaajan on maksettava palveluntuottajalle seuraavien kohtien yhteenlaskettu summa:

- sopimuksen päättymishetkeen mennessä maksettavaksi erääntyneet ja kulumassa olevalta maksukaudelta erääntymättömät maksut mahdollisine viivästyskorkoineen
- rahoittajille maksamattoman investoinnin osuus lisätynä sopimuksen purkamisesta mahdollisesti aiheutuvilla rahoituksen purkukuluilla
- sopimussakkona tilaajan sopimusrikkomuksesta aiheutuneen irtisanomisen vuoksi – maksukautta vastaavien palvelumaksujen yhteenlaskettu summa / sopimuksen pur- kamisesta palveluntuottajalle aiheutuneet välittömät kustannukset (*tarpeeton poistetaan*).

Tilaajan maksettua em. summan sopimus katsotaan purkautuneeksi. Muista korvauksista ja menettely- tavoista sovitaan tilaajan, palveluntuottajan ja rahoittajien välisessä kolmikantasopimuksessa.

43. Irtisanominen ja purkaminen palveluntuottajan sopimusrikkomuksen perusteella suunnittelu- ja rakennusjakson aikana

Tilaajalla on oikeus purkaa suunnittelu- ja rakennusjakson aikana tämä sopimus, jos

- palveluntuottaja tulee maksukyvyttömäksi tai se asetetaan konkurssiin, selvitystilaan tai se muuten lakkaa harjoittamasta liiketoimintaansa
- kylmälaitteisto ja halli eivät ole kohdan 13 mukaisessa määräajassa käyttökunnossa (viivästyksen on oltava kuitenkin pidempi kuin _____ vuorokautta)
- työtä tehdään niin hitaasti, ettei rakennus tule olemaan käyttöönottettavissa kohdan 13 mukaisessa ajassa, paitsi jos tämä aiheutuu syistä, jotka oikeuttaisivat palvelun- tuottajaa saamaan suunnittelu- ja rakennusaikaan pidennystä kohdan 18 mukaisesti (ennakoidun viivästymisen on oltava kuitenkin pidempi kuin _____ vuorokautta)
- rakennustyö muodostuu laitteiston tai tarvikkeiden osalta muuten olennaisesti sopi- muksen vastaiseksi taikka jos palveluntuottaja ei muuten noudata tässä sopimuksessa olevia oleellisia vaatimuksia.

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

Ennen sopimuksen purkua sekä suunnittelu- ja rakennustöiden haltuunottoa tilaajan on ilmoitettava asiasta kirjallisesti palveluntuottajalle ja ilmoitettava sopimuksen purkamisen uhasta, ellei laiminlyöntiä tilaajan vaatimassa kohtuullisessa ajassa korjata.

Sopimuksen purkamisen jälkeen tilaajalla on oikeus ottaa haltuunsa rakennuspaikka ja laitteisto sellaisena kuin ne sillä hetkellä ovat kaikkine laitteineen, varusteineen ja tarvikkeineen sekä kaikki loppuun tehdyt ja keskeneräiset suunnittelu- ja rakennustyöt sekä palveluntuottajan rakennusmateriaalit ja käyttää niitä suunnittelu- ja rakennustöiden jatkamiseen. Tehdystä suorituksesta sekä palveluntuottajalle, sen oikeudenomistajille tai konkurssipesälle kuuluvan omaisuuden käyttämisestä tilaajan on suoritettava käypä korvaus.

Tilaajan purettua em. tavalla sopimuksen rakennuspaikalla on pidettävä katselmus, johon voivat osallistua palveluntuottajan kanssa urakkasopimuksen tehneet urakoitsijat. Katselmuksessa todetaan työn valmiusvaihe ja laaditaan mahdollisuuksien mukaan luettelo työmaalla olevista tarvikkeista ja niiden omistajista. Suunnittelu- ja asennustöitä voidaan edellä olevan estämättä jatkaa ennen katselmusta siltä osin kuin se on teknisistä tai muista syistä välttämätöntä.

44. Irtisanominen ja purkaminen palveluntuottajan sopimusrikkomuksen perusteella palvelujakson aikana

Tilaajalla on oikeus irtisanoa tämä sopimus _____ kuukauden irtisanomisajalla, mikäli palvelujakson aikana tapahtuu toistamiseen sellainen palveluntuottajan sopimusrikkomus, jonka perusteella tilaaja voisi suorittaa kohdan 40 mukaisen väliaikaisen sijaantulon.

Tilaajan tulee antaa kirjallinen irtisanomisilmoitus _____ vuorokauden kuluessa palveluntuottajan em. sopimusrikkomuksen ilmenemisestä sillä uhalla, että muussa tapauksessa oikeus menetetään. Irtisanomisilmoituksessa on määriteltävä ilmennyt palveluntuottajan sopimusrikkomus ja mainittava, että sopimus päättyy _____ kuukauden kuluessa siitä, kun palveluntuottaja on saanut kirjallisen irtisanomisilmoituksen, ellei palveluntuottaja korjaa sopimusrikkomustaan siinä ajassa.

Mikäli palveluntuottaja aloittaa viipymättä sopimusrikkomuksen korjaamisen ja korjaa sopimusrikkomuksen sovitussa aikataulussa sekä korvaa rikkomuksen seuraukset, irtisanominen raukeaa. Mikäli palveluntuottaja ei korjaa sopimusrikkomuksia tai korvaa rikkomuksen seurauksia tilaajalle edellä mainitussa aikataulussa, sopimuksen voimassaolo päättyy _____ vuorokauden kuluessa siitä, kun palveluntuottaja on vastaanottanut tilaajan kirjalliset ilmoituksen korjausohjelmaan liittyvien velvollisuuksien laiminlyömisestä. Ennen kuin irtisanominen tapahtuu, sopijapuolten on neuvoteltava palveluntuottajan kohteessa tekemien todistettavien laiteinvestointien korvauksista.

Tilaajalla on oikeus sopimuksen purkamiseen, mikäli palveluntuottajan sopimusrikkomus on niin vakava, että tilaaja voi kohtuudella olettaa, ettei palveluntuottaja enää kykene suoriutumaan sopimusvelvoitteistaan. Sopimuksen purkamisesta perusteluineen on ilmoitettava välittömästi kirjallisesti palveluntuottajalle. Sopimus katsotaan purkautuneeksi kirjallisen purkuilmoituksen tiedoksisaannista.

45. Purkaminen palveluntuottajan maksukyvyttömyyden perusteella

Mikäli palveluntuottaja tulee palvelujakson aikana maksukyvyttömäksi, tilaajalla on oikeus purkaa tämä sopimus ilmoittamalla siitä kirjallisesti palveluntuottajalle. Maksukyvyttömyytenä tarkoitetaan tässä sopimuksessa sitä, että palveluntuottaja on asetettu konkurssiin tai selvitystilaan tai että se on laiminlyönyt erääntyneet laskunsa. Riidattomien ja maksamattomien laskujen yhteismäärän on tällöin vastattava vähintään _____ maksukauden maksua ja oltava ollut erääntyneenä vähintään _____ kuukautta.

46. Menettely palveluntuottajan sopimusrikkomuksesta tai maksukyvyttömyydestä johtuvan irtisanomisen tai purkamisen jälkeen

Irtisanomis- tai purkamisilmoituksen annettuaan tilaajalla on oikeus ryhtyä kaikkiin tarvittaviin toimenpiteisiin mahdollisten vahinkojen välttämiseksi ja kohteen toiminnan turvaamiseksi. Palveluntuottaja vastaa tilaajalle näiden toimenpiteiden aiheuttamista kustannuksista.

Purkaessaan tai irtisanoessaan tämän sopimuksen tilaajalla on oikeus

- siirtää haluamansa palveluntuottajien tai alihankkijoiden sopimukset palveluntuottajalta itselleen
- vaatia palveluntuottajaa siirtämään tilaajalle sen oikeudet kylmälaitteistoon.

Irtisanomis- tai purkamisilmoituksen annettuaan tilaajalla on oikeus välittömästi ottaa kylmälaitteisto väliaikaisesti haltuunsa ja ryhtyä kaikkiin tarvittaviin toimenpiteisiin enempien vahinkojen välttämiseksi ja kiinteistössä tapahtuvan toiminnan turvaamiseksi. Tilaajalle aiheutuvat kustannukset vähennetään irtisanomisajan palvelumaksuista.

Tilaajan ja palveluntuottajan välisen sopimuksen päätyttyä kohteessa on pidettävä katselmus, jossa todetaan laitteiston ja palvelujen tilanne sopimuksen päättymishetkellä ja muut sopimuksen päättymisen vaikutusten selvittämiseksi tarvittavat seikat.

Rahoittajien mahdollisesta oikeudesta tulla palveluntuottajan tilalle tämän sopimuksen sopimuskumppaniksi sovitaan tilaajan, palveluntuottajan ja rahoittajien välisessä kolmikantasopimuksessa.

47. Korvaus palveluntuottajan sopimusrikkomuksesta tai maksukyvyttömyydestä johtuvasta palvelusopimuksen irtisanomisesta tai purkamisesta

Vaihtoehto A (tilaajalla on laitteiston lunastusvelvollisuus)

Sopimuksen päättyessä palveluntuottajan sopimusrikkomuksen tai maksukyvyttömyyden perusteella tilaajan on maksettava palveluntuottajalle seuraavien kohtien yhteenlaskettu summa:

- sopimuksen päättymishetken mennessä maksettavaksi erääntyneet ja vielä erääntymättömät maksut mahdollisine viivästyskorkoineen

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

- rahoittajille maksamattoman investoinnin osuus lisättyä sopimuksen purkamisesta mahdollisesti aiheutuvilla rahoituksen purkukuluilla.

Palveluntuottajan on korvattava tilaajalle tälle sopimuksen ennaikaisesta päättämisestä seuraavasti: _____. Tämä vahingonkorvaus/sopimussakko vähennetään tilaajan palveluntuottajalle maksettavasta summasta.

Rahoittajien oikeudesta käyttää sijaantulo-oikeuttaan sovitaan tilaajan, palveluntuottajan ja rahoittajien välisessä kolmikantasopimuksessa.

Vaihtoehto B (tilaajalla on laitteiston lunastusoikeus mutta ei -velvollisuutta)

Sopimuksen päättyessä palveluntuottajan sopimusrikkomuksen tai maksukyvyttömyyden perusteella tilaajan on maksettava palveluntuottajan sopimuksen päättymishetkeen mennessä maksettavaksi erääntynyt ja vielä erääntymättömät maksut mahdollisine viivästyskorkoineen. Tilaaja voi halutessaan lunastaa laitteiston _____ käyvästä arvosta.

Palveluntuottajan on korvattava tilaajalle tälle sopimuksen ennaikaisesta päättämisestä seuraavasti: _____. Mikäli tilaaja ei käytä lunastusoikeuttaan, laitteisto jää palveluntuottajan omistukseen ja hallintaan seuraavin ehdoin: _____.

Rahoittajien oikeudesta käyttää sijaantulo-oikeuttaan sovitaan tilaajan, palveluntuottajan ja rahoittajien välisessä kolmikantasopimuksessa.

48. Toiminnan jatkaminen

Tilaajan irtisanomis- tai purkamisoikeutta tai palveluntuottajalle maksettavaa korvausta koskeva mahdollinen erimielisyys ei saa viivyttää palvelun jatkamista, vaan tilaajalla tai muulla tilaajan valitsemalla palveluntuottajalla on tässä sopimuksessa tarkoitetut oikeudet mahdollisia korvauksia koskevista erimielisyyksistä huolimatta.

Jos palveluntuottaja estää tilaajaa tai muita palvelujen jatkajia täyttämästä tässä sopimuksessa tarkoitettuja velvoitteita, tilaajalla tai muilla palvelujen jatkajilla on oikeus saada palveluntuottajalta korvaus näin syntyneestä vahingosta. Palveluntuottaja on syyllistynyt kyseisellä menettelyllään sellaiseen sopimusrikkomukseen, joka oikeuttaa tilaajan purkamaan sopimuksen välittömästi.

49. Sopimuksen purkaminen ylivoimaisen esteen johdosta

Jos jompikumpi sopijapuoli on estynyt täyttämästä tämän sopimuksen mukaisia velvoitteitaan kohdassa 39 määritetyn ylivoimaisen esteen vuoksi, toisella sopijapuolella ei ole oikeutta vedota sopimusrikkomukseen eikä esittää mitään vaatimuksia sellaisten velvoitteiden osalta, joihin ylivoimainen este vaikuttaa.

Jos kohde tuhoutuu tai ylivoimainen este jatkuu siten, että ylivoimaisen esteen kohdannut sopijapuoli ei kykene täyttämään olennaista osaa sopimusvelvoitteistaan vähintään _____ kuukauden ajan, ja jos sopijapuolet eivät sovi muutoksista tämän sopimuksen ehtoihin (jolloin palvelujen

tuottamista voitaisiin jatkaa), kumpi tahansa sopijapuoli voi purkaa seurauksitta tämän sopimuksen ilmoittamalla siitä kirjallisesti toiselle sopijapuolelle. Sopijapuolten on neuvoteltava palveluntuottajan kohteessa tekemien todistettavien laiteinvestointien korvauksista.

50. Sopimuksen purkaminen rakennusluvan puuttumisen johdosta

Mikäli korjaushankkeelle ei ole myönnetty rakennuslupaa viimeistään _____ kuukauden kuluessa siitä, kun täydellinen ja käsittelykelpoinen lupahakemus on jätetty rakennusvalvonnan kirjaamoon, kummallakin sopijapuolella on oikeus korvauksetta purkaa tämä sopimus.

51. Tilaajan suorittama sopimuksen irtisanominen ilman erityistä perustetta

Tilaaja voi irtisanoa sopimuksen vuoden jälkeen sopimuksen allekirjoittamisesta laskettuna milloin tahansa sopimuskauden aikana ilman erityistä perustetta ilmoittamalla siitä kirjallisesti palveluntuottajalle. Sopimus katsotaan päättyneeksi _____ kuukauden kuluessa siitä, kun palveluntuottaja on vastaanottanut em. irtisanomisilmoituksen.

52. Korvaus tilaajan suorittamasta irtisanomisesta ilman erityistä perustetta

Sopimuksen päättyessä kohdan 51 perusteella tilaajan on maksettava palveluntuottajalle seuraavien kohtien yhteenlaskettu summa:

- sopimuksen päättymishetkeen mennessä maksettavaksi erääntyneet ja vielä erääntymättömät maksut mahdollisine viivästyskorkeineen
- rahoittajille maksamattoman investoinnin osuus lisättyinä sopimuksen purkamisesta mahdollisesti aiheutuvilla rahoituksen purkukuluilla
- irtisanomiskorvaus _____ euroa.

53. Sopimuskauden päättyminen sopimuskauden päättymisen vuoksi

Sopimus päättyy sopimuskauden päättyessä, elleivät sopijapuolet asiasta muuta kirjallisesti sosti. Alkaen _____ kuukautta ennen sopimuskauden päättymispäivää tilaaja vähentää _____ prosenttia kustakin palvelunmaksun muuttuvasta osuudesta ja maksaa kyseisen summan korkoa tuottavalle sulkutilille, kunnes tämä sopimus on päättynyt, mikäli palveluntuottaja ei ole tätä ennen antanut tilaajalle vähintään edellä mainitun summan suuruista tilaajan hyväksymää vakuutta lopputarkastuksessa sovittavien töiden suorittamisesta.

Alkaen _____ kuukautta ennen sopimuskauden päättymispäivää tilaajalla on oikeus suorittaa laitteiston lopputarkastus arvioidakseen, onko palveluntuottaja täyttänyt sopimuksen mukaiset velvoitteensa.

Tilaajan on ilmoitettava palveluntuottajalle kirjallisesti vähintään _____ vuorokautta etukäteen päivästä, jolloin se haluaa suorittaa lopputarkastuksen. Palveluntuottajan on annettava tilaajalle

veloituksetta tarvittavaa apua lopputarkastuksen suorittamisessa. Tilaaja vastaa lopputarkastuksen kustannuksista.

Jos lopputarkastus osoittaa, että palveluntuottaja ei ole täyttänyt tämän sopimuksen mukaisia velvollisuuksiaan, tilaajan on ilmoitettava palveluntuottajalle virheen korjaamisesta tai puutteen poistamisesta, jota tarvitaan laitteiston saattamiseksi tämän sopimuksen edellyttämään tilaan ja määriteltävä kohtuullinen aika palveluntuottajan kyseiselle työlle. Jos tilaaja ja palveluntuottaja ovat erimielisiä em. töiden laajuudesta, asia käsitellään kohdan 58 mukaisesti.

Palveluntuottajan on korjattava virhe tai poistettava puute tilaaja tyydyttävällä tavalla määritellyn ajan kuluessa sekä vastattava siitä syntyvistä kustannuksista. Ensisijaisesti korjaustöiden kustannukset katetaan kuitenkin sulkutililtä. Mikäli palveluntuottaja ei suorita korjaustöitä, tilaajalla on oikeus teettää ne palveluntuottajan kustannuksella.

Sen jälkeen, kun tilaajan vaatimat korjaustyöt on suoritettu ja maksettu, tilaajan on maksettava palveluntuottajalle sulkutilillä jäljellä olevat varat, ei kuitenkaan ennen sopimuskauden päättämispäivää. Palveluntuottajan on yhteistyössä tilaajan ja mahdollisten uusien palveluntuottajien kanssa edistettävä palvelujen jatkumista mahdollisimman vähin keskeytyksin.

54. Laitteiston lunastaminen sopimuskauden päättyessä

Vaihtoehto A (tilaajalla on laitteiston lunastusvelvollisuus)

Tilaajalla on velvollisuus lunastaa laitteistoseuraavin ehdoin: _____.

Vaihtoehto B (tilaajalla on laitteiston lunastusoikeus)

Tilaajalla on oikeus lunastaa laitteisto seuraavin ehdoin: _____.

Mikäli tilaaja ei käytä lunastusoikeuttaan, laitteisto jää palveluntuottajan omistukseen ja hallintaan.

Muita määräyksiä

55. Sopimuksen siirtäminen

Palveluntuottajalla ei ole oikeutta siirtää sopimusta tai sen mukaisia velvoitteitaan kolmannelle osapuolelle ilman tilaajan kirjallista suostumusta. Tilaaja ei saa evätä suostumusta ilman perusteltua syytä. Tilaajalla ei ole oikeutta siirtää sopimusta tai sen mukaisia velvoitteitaan kolmannelle osapuolelle ilman palveluntuottajan suostumusta, lukuun ottamatta tapauksia, joissa siirto tapahtuu lain muutoksen, kuntaliitoksen tai muun vastaavan järjestelyn perusteella. Palveluntuottaja ei saa evätä suostumusta ilman perusteltua syytä.

56. Tilaajan lakisääteiset velvoitteet

Tämä sopimus ei rajoita tilaajan oikeutta suorittaa lakimääräisiä tehtäviään, eikä sellaisia velvoitteita täytettäessä suoritettavia toimenpiteitä pidetä tilaajan sopimusrikkomuksena.

57. Salassapito

Palveluntuottaja on tietoinen siitä, että tilaajalla on lakimääräisiä tai muita velvollisuuksia luovuttaa tietoja toiminnastaan kolmansille osapuolille suoraan tai epäsuorasti. Tätä ei pidetä sopimusrikkomuksena. Tietoja ei saa kuitenkaan luovuttaa kolmansille osapuolille ilman lakimääräistä velvoitetta palveluntuottajan liikesalaisuuksiksi katsottavia asioita.

Palveluntuottajan tulee tarvittaessa myötävaikuttaa siihen, että tilaaja saa siltä pyydettyt sopimukseen liittyvät tiedot toimitettaviksi edelleen edellä mainituille tahoille.

58. Riitojen ratkaisu

Tätä sopimusta koskevat riidat on pyrittävä ratkaisemaan ensisijaisesti neuvottelemalla. Sopijapuolet voivat käyttää myös ulkopuolista sovittelijaa yhteisellä suostumuksella. Mikäli sopuun ei päästä neuvottelemalla, ratkaistaan riitaisuudet _____.

59. Ilmoitukset ja tiedonannot

Kaikki ilmoitukset ja tiedonannot, jotka toimitetaan tämän sopimuksen puitteissa, on annettava kirjallisesti tai muulla todistettavalla tavalla.

60. Sopimuksen muuttaminen

Tätä sopimusta voidaan muuttaa vain sopijapuolien kirjallisella sopimuksella, joka on sopijapuolien valtuutettujen edustajien allekirjoittama.

61. Sopimusmääräysten erillisuus

Mikäli tuomioistuin tai hallinnollinen elin toteaa jonkin tämän sopimuksen määräyksen osittain tai kokonaan laittomaksi, se ei vaikuta minkään muun tämän sopimuksen kohdan laillisuuteen, pätevyyteen tai täytäntöönpanokelpoisuuteen.

Sopijapuolten on vilpittömässä mielessä pyrittävä mahdollisimman pian korvaamaan laittomaksi, pätemättömäksi tai täytäntöönpanokelvottomaksi todettu sopimusmääräys uudella määräyksellä, joka vastaa sisällöltään mahdollisimman paljon kyseisen sopimusmääräyksen tarkoitusta. Mikäli sopijapuolet eivät pääse sopimusmääräysten ehtoista _____ kuukauden kuluessa, asia ratkaistaan kohdan 58 mukaisesti.

62. Sopimuskappaleet

Tätä sopimusta on tehty kaksi samanlaista kappaletta, yksi kummallekin sopijapuolelle.

63. Sopimuksen voimaantulo

Sopimus tulee voimaan, kun

- sopimus on allekirjoitettu

Liite N: Jäähallin kylmäkoneiston ja -palvelun elinkaarisopimus: suunnittelu, rakentaminen ja huolto, kunnossapito ja rahoitus

- tilaajan hankintapäätös on saanut lainvoiman
- valtionvarainministeriö on myöntänyt luvan kohdan 27 indeksiehdon käyttämiseen
- palveluntuottaja on
 - a) sitoutunut luovuttamaan tilaajalle pääomamäärältään _____ euron suuruisen pankkitakauksen, joka on voimassa palvelujakson alkamisesta _____ vuotta
 - b) rakennusaikaisten velvollisuuksien ja vastuiden vakuudeksi _____ prosenttia suunnittelu- ja rakennusurakan arvonlisäverottomasta hinnasta, joka vaihdetaan kohdan a) mukaiseen vakuuteen sen jälkeen, kun kohde on hyväksytty vastaanotettavaksi.
- muut seuraavat edellytykset ovat täyttyneet:_____.

Lähde:

Junnonen Juha-Matti. 2006. Elinkaarisopimuksen laadintaopas. Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy. 107 s.

Tekijä(t) Ari Laitinen, Veijo Nykänen & Satu Paiho	
Nimeke Jäähallin kylmäkoneistojen hankintaopas	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Käsillä oleva opas antaa eväitä niin kylmäkoneiden hankintaa suunnitteleville kuin jäähdytys- ja kuivausjärjestelmien suunnittelijoille ja hallin käytöstä vastaaville tahoille. Oppaan painopisteenä on elinkaariperustaisessa hankintamenettelyssä ja näkökulmana erityisesti julkinen hankintaprosessi, mutta opasta voidaan soveltaa myös perinteisessä hankintamenettelyssä ja yksityisissä hankinnoissa, oli kyseessä sitten uushankinta tai peruskorjaus.</p> <p>Jäähallien kylmäjärjestelmän peruskorjaustarpeen aiheuttaa koneistojen taloudellisen käyttöiän saavuttaminen tai kylmäaineisiin liittyvien määräysten muuttuminen. Kylmäjärjestelmän peruskorjaus on ajankohtainen etenkin niissä laitoksissa, joissa on käytössä R22-kylmäaine. Jäähallien korjaustarpeita syntyy myös muiden järjestelmien, tilojen tai rakenteiden ikääntyessä. Hallin energiatalouden tehostamiseksi uusittavan kylmäkoneiston lauhde-energiat on hyödynnettävä mahdollisimman tarkasti. Tämä voi edellyttää taloteknisten järjestelmien ja ilman kuivauksen kylmäkoneiston korjaamista.</p> <p>Hankkeessa tehtiin kaikkia jäähalleja koskeva kysely, jolla selvitettiin käytössä olevat kylmäaineet ja kylmäkoneistojen saneeraustarve. Selvityksen perusteella peruskorjaustarpeessa on vähintään 47 hallia, joista R22-kylmäainetta on käytössä 43 hallissa.</p> <p>Kylmäjärjestelmän hankinta on taloudellisesti suuri investointi, ja järjestelmän toimivuudella ja energiatehokkuudella on suuri vaikutus hallin käyttökustannuksiin tulevina vuosina. Korjaushankintojen tulisi kohdistua elinkaari-taloudeltaan edullisimpiin vaihtoehtoihin.</p> <p>Eri kylmälaitetoimittajien laitteistot eroavat toisistaan tekniikaltaan ja kylmäaineiltaan. Tilaajien tulisi pystyä kilpailuttamaan erilaisia ratkaisuja keskenään. Tämä on mahdollista, kun tilaaja asettaa toimivuus- ja laatuvaatimukset huolellisesti ja toimittajat vastaavat laitteistojen suunnittelusta ja käytön aikaisista palveluista.</p> <p>Tässä oppaassa on esitelty kaksi vaihtoehtoa kylmäkoneiston hankintamalliksi. Sopimuskokonaisuuteen liitetään laitteiston suunnittelu, rakentaminen sekä huolto- ja kunnossapitopalvelut etukäteen sovitun elinkaarijakson ajaksi. Toinen kuvattu vaihtoehto on elinkaari-palvelu. Siinä toimittaja rahoittaa investoinnin ja tilaaja maksaa palvelumaksua, jota tarkistetaan vuosittain etukäteen sovitulla tavalla. Laitteiston omistaa palvelun tuottaja tai rahoittava kolmas osapuoli. Hankintaprosessia tarkastellaan ensisijaisesti julkisen hankinnan näkökulmasta, mutta menettelytavat soveltuvat ohjenuoraksi myös yksityisen tahon hankintoihin.</p> <p>Oppaassa esitetään kattava menetelmä jäähdytysjärjestelmän tavoitearvojen laskentaan jäähdytysenergian- ja tehontarpeen osalta sekä esitetään hallin kuivaustarpeen laskenta. Oppaassa esitetään myös elinkaarihankinnoissa keskeinen elinkaari-kustannusten laskentaperiaate sekä tarjousten vertailunäkökohtia. Lisäksi oppaassa käydään läpi toimivuuden varmistamiseen liittyviä näkökohtia, jotka liittyvät hankintaprosessin jokaiseen vaiheeseen.</p>	
ISBN 978-951-38-7647-0 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)	Projektinumero 43082
Julkaisu-aika Syyskuu 2010	Kieli Suomi, engl. tiiv.
Sivuja 109 s. + liitt. 78 s.	
Projektin nimi OPM ICE-RINK renovation-Pilot	Toimeksiantaja(t) Opetusministeriö, Suomen Jääkiekkoliitto, VTT
Avainsanat Ice rink, refrigeration, procurement guide, R22	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374



Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2548
VTT-TIED-2548

Author(s) Ari Laitinen, Veijo Nykänen & Satu Paiho		
Title Procurement guide of ice rink refrigeration plant		
Abstract <p>This guide is written to all players involved in the procurement and delivery process of energy efficient refrigeration plants of ice rinks i.e. owners, contractors, equipment suppliers, designers, operators and service personnel.</p> <p>Renewing of refrigeration plants is topical because the use of refrigerant R22 is to be phased out by 2015. Based on the query made there are at least 43 ice rinks in Finland that use R22 and several other that have technically and economically outdated refrigeration plants.</p> <p>The guide presents two options for the procurement model. The first procurement model includes planning, construction, maintenance and repair for specified life cycle period. The second model is life cycle service model where the supplier also finances the investment and the client pays service charge which will be checked yearly based on performance and quality requirements. The purchase processes are developed especially for public clients but the the same models can be applied for private owners as well.</p> <p>The guide includes methodology to estimate the target values of the energy consumption of the refrigeration plant and the dehumidification need of the ice rink. There are also the principles of the life cycle costing calculation presented in the guide and information on how to compare the bids. Moreover the guidebook introduces commissioning (Cx) procedure covering the whole life cycle of the refrigeration plant. The key factors in successful commissioning performance requirements and metering.</p>		
ISBN 978-951-38-7647-0 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 43082
Date September 2010	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 109 p. + app. 78 p.
Name of project OPM ICE-RINK renovation-Pilot		Commissioned by Ministry of Education and Culture, The Finnish Ice Hockey Association, VTT
Keywords Ice rink, refrigeration, procurement guide, R22		Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P. O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4520 Fax +358 20 722 4374

VTT Tiedotteita - Research Notes

- 2521 Ismo Heimonen, Jorma Heikkinen, Keijo Kovanen, Jarmo Laamanen, Tuomo Ojanen, Jouko Piippo, Tapani Kivinen, Pekka Jauhiainen, Jarmo Lehtinen, Sakari Alasuutari, Kyösti Louhelainen & Jukka Mäittälä. Maatalouden kotieläinrakennusten toimiva ilmanvaihto. 2009. 133 s. + liitt. 7 s.
- 2522 Ali Harlin, Kari Edelmann, Kirsi Immonen, Ulla-Maija Mroueh, Kim Pingoud & Helena Wessman. Industrial biomaterial visions. Spearhead programme 2009–2013. 2009. 86 p.
- 2523 Anne Silla. Rautatieonnettomuuksista aiheutuvien kustannusten arviointi. 2010. 35 s. + liitt. 3 s.
- 2524 Juha Luoma & Mikko Virkkunen. Polkupyöräilijän ja jalankulkijan liikenneturvallisuustestin kehittäminen. 2010. 42 s.
- 2525 Riikka Rajamäki. Kesärenkaiden urasyvyys ja onnettomuusriski. 2010. 32 s.
- 2526 Pekka Lahti, Jyri Nieminen, Antti Nikkanen, Johanna Nummelin, Kimmo Lylykangas, Mari Vaattovaara, Matti Kortteinen, Rami Ratvio & Saara Yousfi. Riihimäen Peltosaari. Lähiön ekotehokas uudistaminen. 2010. 107 s. + liitt. 12 s.
- 2527 Jukka Vaari, Kati Tillander, Tuomo Rinne & Tuomas Paloposki. Asuntosprinklaus Suomessa. Vaikuttavuuden arviointi. Osa 2. 2010. 134 s.
- 2528 Nils-Olof Nylund, Kai Sipilä, Tuula Mäkinen & Päivi Aakko-Saksa. Polttoaineiden laatuporttatuksen kehittäminen. 2010. 203 s. + liitt. 4. s.
- 2529 Seppo Uosukainen. Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys. 2010. 35 s.
- 2530 Kati Tillander, Anna Matala, Simo Hostikka, Pekka Tiittanen, Esa Kokki & Olli Taskinen. Pelastustoimen riskianalyyysmallien kehittäminen. 2010. 117 s. + liitt. 9 s.
- 2531 Juha Laitinen, Mauri Mäkelä, Panu Oksa, Tuula Hakkarainen, Kati Tillander & Tuomas Paloposki. Kemikaali-altistumisen vähentäminen palokohteissa. 2010. 36 s. + liitt. 1 s.
- 2532 Jussi Ahola, Toni Ahlqvist, Miikka Ermes, Jouko Myllyoja & Juha Savola. ICT for Environmental Sustainability. Green ICT Roadmap. 2010. 51 p.
- 2533 Aki Suokko. Lignoselluloosaetanolin ja synteetikaasusta fermentoitujen poltto-nesteiden teknologiatarkastelu. 2010. 88 s.
- 2534 Eija Kupi, Helena Kortelainen, Marinka Lanne, Katariina Palomäki, Mervi Murtonen, Sirra Toivonen, Anna-Mari Heikkilä, Teuvo Uusitalo, Tuomas Wuoristo, Arto Rajala & Anna Multanen. Turvallisuusalan liiketoiminnan kasvualueet ja -mahdollisuudet Suomessa. 2010. 140 s. + liitt. 10 s.
- 2535 Minna Kansola. Tuotantostrateginen päätöksenteko yrityksissä. 2010. 95 s. + liitt. 2 s.
- 2536 Inka Lappalainen, Tiina Apilo, Annele Eerola, Jari Konttinen & Antti Pelkonen. Monimuotoinen käyttäjälähtöisyys yritysten uudistuvassa innovaatiotoiminnassa. Huomioita käyttäjälähtöisen innovaatiopolitiikan kehittämiseen. 2010. 142 s. + liitt. 2 s.
- 2538 Pentti Viluksela, Merja Kariniemi & Minna Nors. Environmental performance of digital printing. Literary study. 2010. 106 p. + app. 27 p.
- 2540 Raimo Lovio & Sirkku Kivisaari. Julkisen sektorin innovaatiot ja innovaatiotoiminta. Katsaus kansainväliseen kirjallisuuteen. 2010. 50 s.
- 2541 Paul Buhani, Erkki Haramo, Katri Kallio, Tuukka Kostamo & Heli Talja. Moniäänisyyttä asiantuntijaorganisaation johtamiseen - Case VTT. Dialogi-hankkeen loppuraportti. 2010. 117 s.
- 2542 Pekka Koponen, Marja-Leena Pykälä, Janne Peltonen & Pasi Ahonen. Interfaces of consumption metering infrastructures with the energy consumers. Review of standards. 2010. 105 p.
- 2547 Painetut hybridisysteemit. Teknologian tila ja kaupallistamisen mahdollisuudet Suomessa. Jukka-Tapani Mäkinen (toim.). 2010. 95 s.
- 2548 Ari Laitinen, Veijo Nykänen & Satu Paiho. Jäähallin kylmäkoneistojen hankintaopas. 2010. 109 s. + liitt. 78 s.