

TKK/RY/ATK

Jäähallien energiatehokkuuden nyky- tilatutkimusraportti

[Type the document subtitle]

Author

[Pick the date]

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	1
Nykytilatutkimusraportti – Mitä ja miksi?	2
Osa A: Tekniset ratkaisut ja niiden toimivuus.....	4
A.1 Rakennetekniset tiedot	4
A.2 Laitetekniset tiedot.....	5
Kylmäkoneikko	6
Ilmanvaihtolaitteisto	7
Lämmitysjärjestelmä	8
Muut laitteet.....	9
A.3 Kulutustiedot	10
A.4 Suoritusarvomittaukset	12
Kylmäkoneikon toiminta.....	12
Ilmanvaihtojärjestelmän toiminta.....	14
Muut laitteistot.....	15
Osa B: Energiatehokkuuden parantamiskonseptin valinta	16
B.1 Valintaperusteet	16
B.2 Hankkeen käynnistäminen	24
Rakenne- ja laiteteknisten tietojen keräys- ja käyttäjäkokemusten kirjauslomakkeet	26

Nykytilatutkimusraportti – Mitä ja miksi?

Nykytilatutkimusraportti on tarkoitettu ohjeeksi ja apuvälineeksi olemassa olevien jäähallien *energiatehokkuuden* arviointiin ja parantamiseen. Tavoitteena on opastaa käyttäjää löytämään mahdollisimman omatoimisesti oman jäähallin kehittämistarpeet sekä rakenne- ja laitetekniset ratkaisut, joiden avulla voidaan saavuttaa hyvä energiatehokkuus jään ja sisäilman laatua vaarantamatta.

Suomessa on 217 kilpailu- ja harjoituskäytössä olevaa jäähallia (2010). Jäähalleissa on merkittävä energiansäästöpotentiaali, sillä yksirataisten harjoitusjäähallien sähköenergiankulutus vaihtelee välillä 300 – 1000 MWh vuodessa, mikä vastaa 20 – 30 tavallisen omakotitalon vuosikulutusta. Lisäksi suurin osa jäähalleista kuluttaa kaukolämpöä, jonka osuus voi olla suurempi kuin sähkönkulutus.

Suurin energiansäästöpotentiaali on halleissa joissa lauhdetta ei hyödynnetä ja hallin lämmitys perustuu kaukolämpöön. Jäähallit ovat erikoisrakennuksia, koska jään ylläpitäminen edellyttää kylmälaitteita, jotka kuluttavat sähköenergiaa, mutta tuottavat samalla lämmitykseen soveltuvaa *lauhde-energiaa*.

Nykytilatutkimusraportti, NTR-raportti, on jaoteltu kahteen osaan:

- Osa A: Tekniset toteutusratkaisut ja niiden toimivuus
- Osa B: Energiatehokkuuden parantamiskonsepti



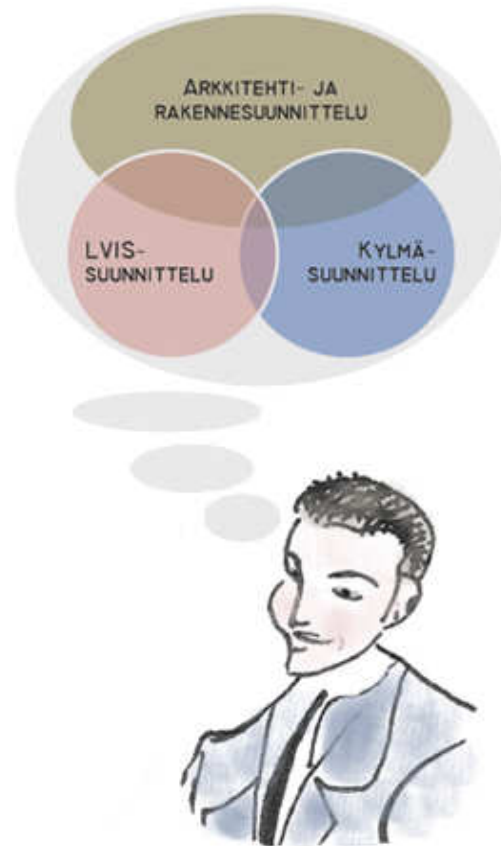
Hallin käyttötarkoituksen ja energiankulutuksen huomiointi voi tuottaa merkittäviä kustannussäästöjä tuntemalla oman hallin rakenne- ja laitetekniset ratkaisut voidaan energiankulutustietojen perusteella arvioida energiansäästöpotentiaali ja kohdistaa tehostamistarpeet oikein.

Osan A tavoitteena on selvittää hallin kosteusteknisen toiminnan ja energiatehokkuuden nykytila. Tulosten perusteella tulee voida arvioida jäähallin korjaus- tai perusparantamistarve. Lisäksi, jos on tiedossa hallin ja/tai laitteiston toiminnassa esiintyviä puutteita, mahdollisia kuntotutkimuksen tulosten tai kylmäainelainsäädännön muutosten perusteella joudutaan kylmäkoneisto uusimaan, tulee mahdollisia korjauksia käsitellä kokonaisuutena.

Raportin A-osassa opastetaan, mitä rakenne- ja laitetekniikkaan sekä energian- ja vedenkulutukseen liittyviä perustietoja hallista pitää selvittää tutkimuksen pohjaksi. Laitetekniikasta saadut *käyttäjäkokemukset* ovat tärkeä osa taustatietoja. Lisäksi A-osassa esitetään, mitä lämpö- ja kosteusteknisiä *suoritusarvomittauksia* hallissa tulee tehdä, jotta voidaan selvittää energiatehokkuuden nykytaso ja parantamismahdollisuudet. Ohjeessa opastetaan A-osan tekoa, niin että sen pystyy tekemään omatoimisesti oman henkilökunnan toimesta.

Raportin B-osassa opastetaan hallin energiatehokkuuden parantamiskonseptin valintaa. Tässä uutena painopistealueena on selvittää käyttöprofiiliin ja käyttötapojen vaikutus energiatehokkuuteen. Kuormitus tietoja voidaan käyttää hyväksi tehostamistoimenpiteiden suunnittelussa, jossa tulee tarkastella laitteistojen toimintaa mitoitusarvojen lisäksi myös käyttötilanteessa. Näistä viimeksi mainittu tilanne on energiatehokkuuden kannalta usein vaikein.

NTR-raportin liitteenä on lomakepohjat hallin omatoimisen rakenne- ja laiteteknisten tietojen sekä käyttäjäkokemuksien kirjaamista varten. Lomakkeiden tietoja käytetään osassa B tehokkuuden parantamiskonseptia valittaessa. Korjauksen suunnitteluvaiheessa suunnittelijat katsovat selvityksen täydennystarpeen.



NTR-raportin A ja B osan perusteella suunnittelijat saavat lähtötietoja korjauksen tai perusparannuksen suunnitteluun. Lisäksi tämän perusteella korjaushankkeen johtoryhmä osaa antaa realistiset tavoitteet perusparannuksen lopputulokselle.

Osa A: Tekniset ratkaisut ja niiden toimivuus

Tiedot hallin teknisistä ratkaisuista kerätään rakenne- ja laitepiirustuksista ja paikan päällä tehtävillä tarkastuksilla. Esitystavan tulee olla mahdollisimman pelkistetty, ja sisältö valitaan tapauskohtaisesti. Tavoitteena on saada riittävät tiedot energiankulutuksen arvioimiseksi.

Raportin liitteeksi tulee aina liittää rakenne- ja laitepiirustusluettelot. Lähtötietoina tulee antaa hallin sijaintitiedot ja valmistusvuosi sekä tiedot kaikista korjauksista ja mahdollisista peruseräparannuksista. Korjaushistorian perusteella voidaan arvioida, mitkä tekijät ovat käynnistäneet korjaukset ja kuinka niissä on onnistuttu. Samalla saadaan tiedot laitteistojen iästä ja voidaan arvioida niiden jäljellä oleva tekninen käyttöikä.

A.1 Rakennetekniset tiedot

Rakenneteknisesti keskeistä ovat rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta ja siitä elinkaaren aikana saadut kokemukset.

Lämpötekniikan tarkastelun kannalta halli jaetaan lämpimiin ja puolilämpimiin tiloihin,

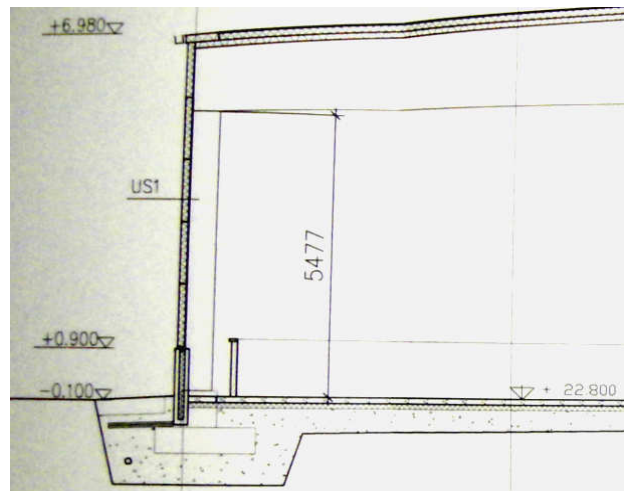
joiden osalta tulee tuntee *rakennetyypit* ja eri *rakenneosien pinta- alat*. Näiden tietojen avulla lasketaan rakenteiden energiankulutuksen tunnusluvut:

- vaipan lämpimän ja ulkotilan välinen ominaislämpöhäviö, H [W/K]
- vaipan lämpimän ja puolilämpimän osan ominaislämpöhäviö, H [W/K]



HALLIN TIEDOT			
Kerrosala:	kerros 1	4259	m ²
	kerros 2	685	m ²
	IV-konehuone	147	m ²
Ilmatilavuus:		31013	m ³

Esimerkki hallin tiedoista. Kyseessä on vuonna 2004 valmistunut 2-ratainen harjoitusjäähalli Helsingissä.



Esimerkki rakennetyypistä. Leikkaus seinän vierestä hallin puolilämpimistä tiloista.

- puolilämpimän ja ulkotilan välinen ominaislämpöhäviö, H [W/K]

Kosteusteknisen käyttäytymisen arvio perustuu tässä vaiheessa paikan päällä tehtäviin arvioihin, joissa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Näkykö pintarakenteissa kosteusvaurioita?
- Näkykö pinnoilla aikaisempia veden valumajälkiä?
- Näkykö rakenteissa mekaanisia vaurioita?
- Miltä sisäilman laatu tuntuu eri tiloissa tarkastushetkellä, erityisesti märkätiloissa ja kuivaushuoneissa?

Käyttöhenkilökunnan kokemuksista rakenteiden käyttäytymisestä eri vuodenaikoina laaditaan kooste, jossa tulee tarkastella seuraavia kysymyksiä:

- Esiintyykö rata-alueen halliosan rakenteiden pinnoilla ajoittaista kosteuden tiivistymistä, ja missä tilanteissa vettä tippuu rata-alueelle?
- Esiintyykö lämpimien ja puolilämpimien tilojen välisten rakenteiden seinäpinnoilla ja / tai ovirakenteissa ajoittaista veden kondensoitumista?
- Onko sadeveden poistojärjestelmä toimiva, vai esiintyykö ongelmatilanteita?
- Onko tilojen toimintaa koskevia parannusehdotuksia?

A.2 Laitetekniset tiedot

Laitetekniikka voidaan jakaa karkeasti kylmä- ja ilmanvaihtotekniikkaan sekä lämmitystekniikkaan. Laitteistojen toiminta riippuu osittain toinen toisistaan, joten kokonaistoiminnan arvio muodostuu merkittäväksi.

Ominaislämpöhäviöiden laskenta			
Rakenne	Pinta-ala A [m ²]	U-arvo U [W/m ² K]	Ominaislämpöhäviö H [W/K]
Katto, YP1	3574	0,19	679,1
Seinät, US1	1155	0,24	277,2
Seinät, US2	160,2	0,25	40,1
		yhteensä	996,3

U-arvot löytyvät rakenteiden tyyppikuvista. Tässä esimerkissä puolilämpimien ja ulkotilan välisten rakenteiden ominaislämpöhäviö on 996 W/K.



Hallin nurkassa olevan varaston kipsilevyseinän pinnalle on ilmestynyt homepilkkuja.



Kattopalkkien alapintaa tiivistyy kosteutta, kun ulkoilma on lämmintä ja kostea. Muina aikoina vastaavaa ongelmaa ei ole.

Kylmäkoneikko

Kylmäkoneikko on jäähallin sydän, joka tuottaa vaadittavan kylmätehon ja samalla lauhde-energiaa. Koneikko koostuu monesta eri sähkölaitteesta, jotka kaikki vaikuttavat energiatehokkuuteen. Siten laitteistosta tulee aina selvittää:

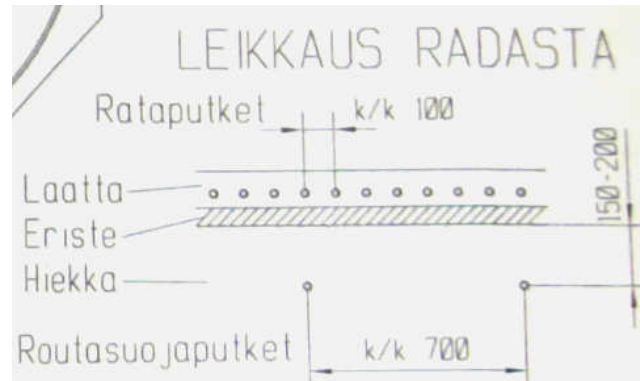
- kylmäkompressorin tyyppi ja lukumäärä
- kylmäkerroin, COP¹
- COP:tä vastaava höyrystyslämpötila tai -paine ja nesteytyslämpötila tai -paine
- lauhdepiirin liuospumpun tyyppi ja sähköteho
- ulkolauhduuttimien lukumäärä, puhallintyyppi ja sähköteho
- rata-alueen liuospumpun tyyppi, sähköteho ja mahdollisesti virtaama ja / tai vastapaine
- laitteiston ohjausperiaatteet
- lauhde-energian hyödyntäminen, kohde ja periaate

Lisäksi tulee selvittää, voidaanko kylmäkoneikon toimintaa koskevia tietoja tulostaa hallin omalla automaatiojärjestelmällä ja onko toiminnasta olemassa historiatietoja.

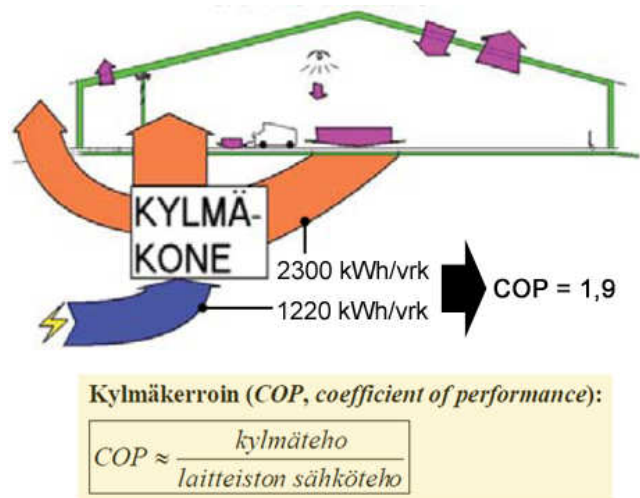
Käyttöhenkilökunnan kokemuksista kylmäkoneikon toiminnasta eri vuodenaikoina laaditaan kooste, jossa kiinnitetään huomiota seuraaviin asioihin:

- Onko kylmäteho ollut riittävä, etenkin kesä- ja turnausaikoina?
- Onko esiintynyt virhetoimintoja?
- Vaihtelevatko kylmäkoneen ala- ja yläpaine käyttötilanteissa?

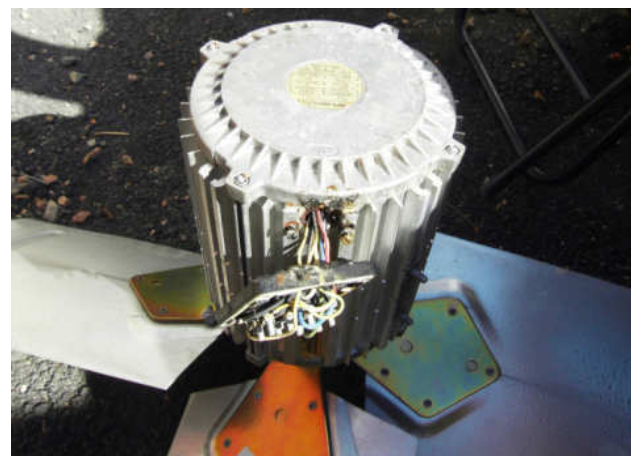
¹ COP, Coefficient of Performance, eli kylmäkerroin määritellään kylmätehon ja sähkötehon suhteena; ks. kuva oikealla palstalla.



Jääradan alapuolinen routasulatus mahdollistaa hallin ympärivuotisen pitkäaikaisen käytön.



Kylmäkertoimen (COP) määrittäminen.



Käyttökokemusten mukaan eniten huoltotarvetta vaatii ulkolauhdutin, jonka 12:ta tuulettimien sähkömoottoreita joudutaan vaihtamaan usein.

- Onko ohjausperiaatteeseen parannusehdotuksia, ja erityisesti missä tilanteissa?

Ilmanvaihtolaitteisto

Jäähallin lämpimillä ja puolilämpimillä osilla on yleensä oma ilmanvaihtolaitteisto. Lämpimien tilojen ilmanvaihtojärjestelmä on yleensä samanlainen kuin tavanomaisissa rakennuksissa. Rata-alueen halliosan ilmanvaihtojärjestelmä puolestaan on erikoisratkaisu, jolle ovat tyypillistä suuret ilmamäärät, ilman kuivatuslaitteisto ja toiminta matalissa lämpötiloissa.

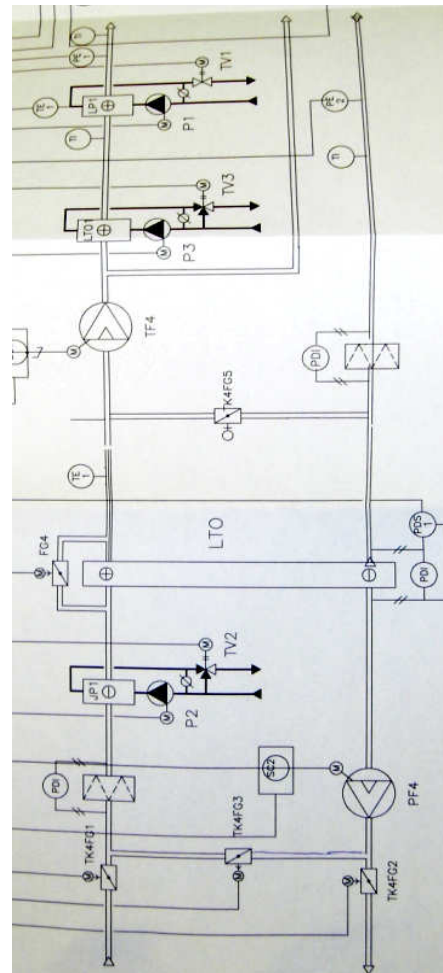
Lämpimien tilojen osalta laitetiedot kerätään erikseen. Selvitettäviä asioita ovat:

- laitteiden tyyppi, sähköteho ja käyttötilan ilmavirrat
- lämmön talteenotto, tyyppi ja sulatusvastuksen sähköteho
- ilmanvaihdon ohjausperiaate, myös märkätilojen osalta
- kuivatushuoneen toimintaperiaate ja ohjaus

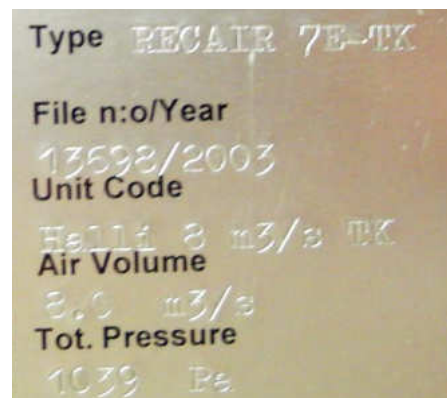
Puolilämpimiä tiloja koskevat laitetiedot kerätään vastaavasti:

- laitteiden tyyppi ja sähköteho
- käyttötilan ilmavirrat; kiertoilma ja ulkoilmavirta
- ilmankuivatuksen tyyppi, sulatusvastuksen sähköteho, ulkoilmavirran suora kuivatusmahdollisuus (jos sisältyy järjestelmään)
- ilmanvaihdon ohjausperiaate, erityisesti kylmänä ja lämpimänä vuodenaikana

Lisäksi tulee selvittää, voidaanko lämpimien tai puolilämpimien tilojen laitteiden toimintaa koskevia tietoja tulostaa hallin omalla automaatiojärjestelmällä ja onko toiminnasta olemassa historiatietoja.



Puolilämpimän hallitilan ilmanvaihtokoneen toimintakaavio.



Tyypikilvestä selviää mm. ilmanvaihtokoneen tuuloilman suunnitteluarvo.

Käyttöhenkilökunnan kokemuksista ilmanvaihtolaitteiston toiminnasta eri vuodenaikoina laaditaan kooste, jossa tarkastellaan seuraavia kysymyksiä:

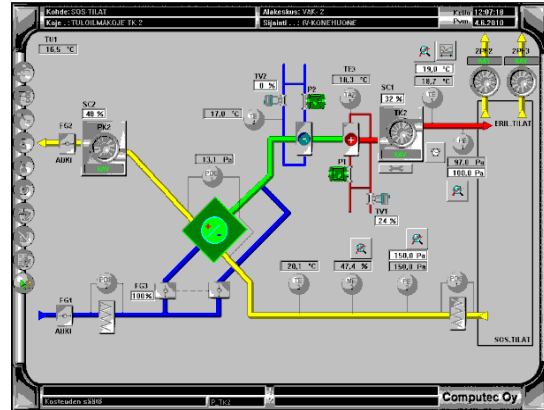
- Onko laitteistossa esiintynyt virhetoimintoja?
- Onko radan laitarakenteissa esiintynyt näkyvää vesihöyryä tai sen kondenssia?
- Mikä on kuivauspatterin liuoslämpötila käyttötilanteissa ja miten sitä voidaan ohjata?
- Onko kuivauspatterin jäätymisestä ja toiminnasta em. aikoina havaintoja?
- Esiintyykö lämpiminä vuodenaikoina tilanteita, joissa ulkoilmapelti on kiinni ja samanaikaisesti poistoilmanvaihto päällä?
- Onko ohjausperiaatteeseen parannusehdotuksia, ja erityisesti missä tilanteissa?

Laitetiedot ja käyttäjäkokemukset muodostavat lähtötiedot kosteudenhallinnan ja ilmanvaihdon energiatehokkuuden arviointiin. Näiden lisäksi hallissa tulee tehdä suoritusarvioitukset, joiden perusteella voidaan arvioida kosteudenhallinnan ja ilmanvaihdon kehittämistarpeet energiatehokkuuden näkökulmasta.

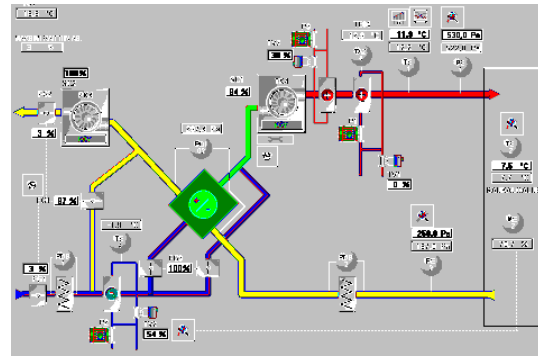
Lämmitysjärjestelmä

Hallin lämmitysjärjestelmä koostuu käyttöveden sekä lämpimän ja puolilämpimän hallinosan lämmityksestä. Järjestelmän laitteista kerätään ja dokumentoidaan seuraavat tiedot:

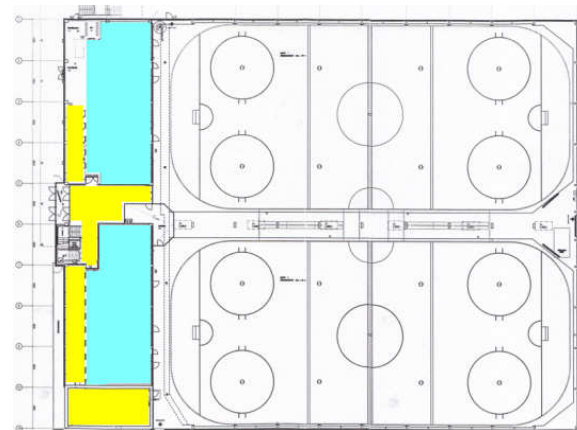
- lämmityksen ja lämpimän käyttöveden energiamuoto
- kaukolämmön liittymäteho
- lauhde-energian hyödyntämisperiaatteet hallin ja käyttöveden lämmityksessä
- lämmönjaon periaatteet hallin eri osissa
- lämmitysjärjestelmien ohjausperiaatteet



Suihku- ja pukuhuonetilojen ilmanvaihtokoneessa on mm. tuloilman kondenssikuivauspatteri, jota käytetään pääasiassa lämpiminä vuodenaikoina



Puolilämpimän hallitilan ilmanvaihtokoneen säätökaavio on automaatiojärjestelmässä puutteellinen. Todellisuudessa kaikki kiertoilmapvirta ei mene kuivauspatterin läpi eikä kaikkea tuloilmaa lämmitetä.



Hallissa on vesikiertoinen lattialämmitys 1. kerroksen puku- ja suihkutiloissa (sininen pohja), osassa vesikiertoinen patterilämmitys (keltainen) ja puolilämpimässä hallitilassa ilmalämmitys (väritön).

Käyttöhenkilökunnan kokemuksista lämmitysjärjestelmän toiminnasta eri vuodenaikoina laaditaan kooste, jossa tarkastellaan seuraavia kysymyksiä:

- *Mitkä ovat sisäolosuhteiden tavoitearvot ja kuinka hyvin niissä pysytään vuorokausirytmisissä?*
- *Esiintyykö vuoden kylmimpinä aikoina tilanteita, joissa lämmitysteho ei ole riittävä?*
- *Esiintyykö vuoden lämpimimpinä aikoina tilanteita, joissa sisälämpötilat nousevat tavoitearvoja korkeammiksi?*
- *Mitkä ovat kokemukset lauhde-energian nykyisestä hyödyntämisestä?*
- *Onko hallissa jäänhoitosohjon sulatusjärjestelmä ja mitkä ovat kokemukset sen toiminnasta?*
- *Onko lämmitysjärjestelmän ohjaukseen parannusehdotuksia?*

Laitetiedot ja käyttäjäkokemukset muodostavat lähtötiedot lämmitysjärjestelmän toiminnan arviointiin. Näiden lisäksi hallissa tulee tehdä suoritusarvomittaukset, joiden perusteella voidaan arvioida, miten lämmitysjärjestelmää voitaisiin kehittää energiatehokkuuden näkökulmasta.

Muut laitteet

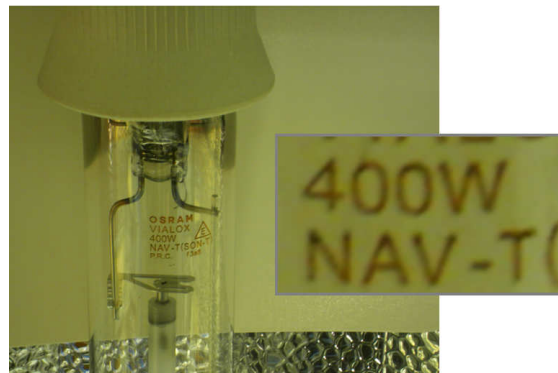
Muita jääurheilun edellyttämiä laitteita/järjestelmiä jäähallissa ovat esim. valaistus, suihkut ja jäänhoitokone. Valaistusjärjestelmästä olennaista on rata-alueen valaisimien lukumäärä, sähköteho ja ryhmitys. Suihkujen määrä ja virtaama (litraa/min) vaikuttavat lämpimän käyttöveden kuormitushuippuun kuten myös jäänhoidossa käytetyn veden lämpötila ja määrä. Jäänhoitokoneen käyttöenergian lähde, suorasähkö-, akku- vai nestekaasu, vaikuttaa mm. ilmanvaihdon tarpeeseen.



Lämmönjakuhuoneessa on kaukolämmönvaihtimia, joista suurin on käyttöveden lämmitystä varten. Käyttökokemusten mukaan lämmitysteho on ollut riittävä. Sisälämpötilaa pystytään pitämään tavoitearvossa ympäri vuoden ja kylmästä suihkuvedestä ei ole tullut valituksia.



Jäähallin suihkujen tekniset ominaisuudet kuten virtaama ja automaattisuus vaikuttaa suihkussa käytettävään vesimäärään.



Jäähallin valaisimien lamppujen sähköteho voidaan lukea helpoiten varalampuista.

A.3 Kulutustiedot

Kulutustiedot koostuvat yleensä veden, sähkön ja kaukolämmön kulutuksesta. Vertailemalla kulutustietoja muiden jäähallien kulutuksiin, voidaan tehdä ensimmäinen arvio hallin energiatehokkuudesta. Vertailtaessa kulutuslukumia, arvojen tulee olla vertailukelpoiset. Vuosikulutuslukummat ovat vertailukelpoiset vain, jos hallien tyyppi ja käyttö on samanlaista. Vertailun helpottamiseksi vuosittainen jäävuorojen lukumäärä ja käyttökauden pituus ovat olennaisia tietoja. Tällöin voidaan laskea jäähallin keskimääräinen päivittäinen kulutus, jonka lisätietona on keskimääräinen jäävuorojen määrä. Kulutustietoja voidaan verrata myös hallin aikaisempaan historiaan, jolloin saadaan selville mm. aikaisempien korjausten vaikutus.

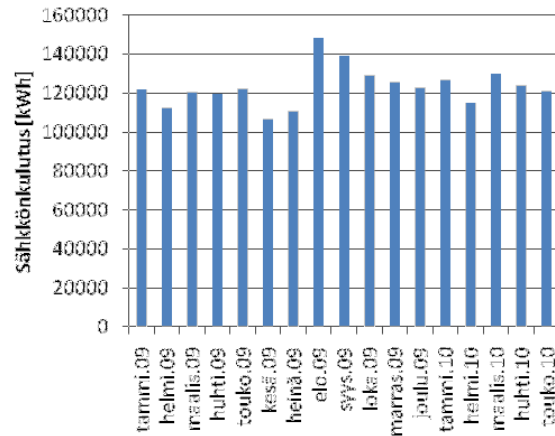
Jos hallin energiankulutusta seurataan tarkemmin, TTR-raportin liitteeksi lisätään toteutuneet kuukausittaiset kulutukset yhden vuoden ajalta. Tulevaisuudessa hallit tulee varustaa laittein, joilla voidaan mitata tuntikulutusta ja tallentaa siitä historiatietoa. Tuntikulutustietojen perusteella saadaan tietoa kulutuksen vuorokausirytmistä, johon vaikuttaa mm. jäähallin käyttö ja laitteistojen ohjausperiaatteet.

Kulutustietojen arvioimiseksi tulee selvittää tapauskohtaisesti hallin maksamat kulutusriffit, kuten

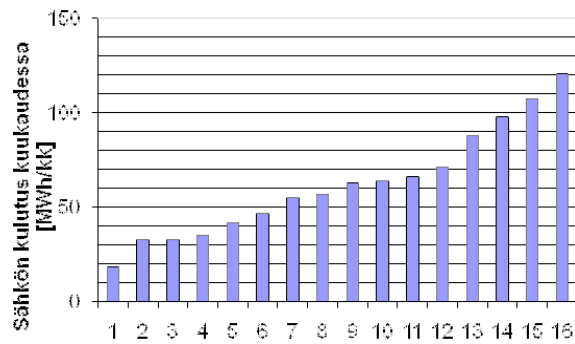
- vesimaksu (€/m³)²
- nykyisen sähköliittymän perusmaksu ja energiatariffi (€/MWh)
- nykyisen kaukoliittymän teholuokan perusmaksu ja energiatariffi (€/MWh)

Lisäksi tulee selvittää, voidaanko kaukoliittymätehoa alentaa ja millä porrastuksella ja min-

² Myös jätevesimaksu, mikäli tällainen joudutaan maksamaan koko vedenkulutuksesta ja jäähallin ulos ajettavasta jäähallin jäähallin.



Esimerkkihallin sähköyhtiön raportoima koko kiinteistön sähkön kuukausikulutukset. Vuosittain sähköä kuluu eniten elo- ja lokakuussa.



Esimerkki kuudentoista kotimaisen jäähallin päivittäisestä sähkönkulutuksesta. Hallit ovat yksirataisia lukuun ottamatta kaksirataista hallia nro 16.

2010		
Pvm	Sähkö Kwh	Vesi m3
1.touko		
2.touko		
3.touko	41368,400	10520
4.touko	41382,900	10538
5.touko	41394,800	10545
6.touko	41414,600	10570
7.touko	41420,803	10589
8.touko	41477,283	10609
9.touko	41494,002	10650

Kulutustietoja voidaan kerätä myös käsin. Jäähallin kokokiinteistön sähkönkulutusmittareissa on yleensä virranmuuntimet, jonka kerroin tulee olla tiedossa jotta päästään käsiksi todellisiin kulutuslukemiin. Esimerkki hallin tapauksessa virranmuuntimien kerroin on 200.

käläinen vaikutus tällä toimenpiteellä on maksuperusteisiin.

Kulutustietojen ja maksuperusteiden avulla energiatehokkuuden parantamiselle voidaan asettaa euromääräiset tavoitteet, joita voidaan hyödyntää eri ratkaisujen valinnassa

Sähkön siirto, Pienjännitetelesiirto Helen Sähköverkko Oy			
perusmaksu		25,00 e/kk	25,00 e
päiväsiirto	84 121 kWh	1,49 c/kWh	1 253,40 e
yösiirto	39 921 kWh	1,15 c/kWh	459,09 e
tehomaksu	232 kW	2,50 e/kW/kk	580,00 e
loistehomaksu	0 kvar	1,68 e/kvar/kk	0,00 e
sähköverot 1 lk	124 042 kWh	0,88300 c/kWh	1 095,29 e
Sähkön siirto			3 412,78 e

Sähköverkonhaltijalle maksetaan sähköstä siirtomaksut, tehomaksu, loistehomaksu ja sähköverot.

KAUKOLÄMPÖLASKU FJÄRRVÄRMERÄKNING			
	MWh	€/MWh	€
TOUKOKUU 2010			
Vesivirtamaksu			509,44
Arvioitu energia	21,60	19,06	411,70
Kaukolämmön hinnassa on energiaveroja 3,55 €/MWh			
Sopimusvesivirta Antelivattantilide 3,80			

Toukokuussa kaukolämmön kustannuksissa kiinteä vesivirtamaksu on suurempi kuin energiamaksu.

KAUKOLÄMPÖLASKU FJÄRRVÄRMERÄKNING			
	MWh	€/MWh	€
TOUKOKUU 2010			
Vesivirtamaksu			509,44
Arvioitu energia	21,60	19,06	411,70
Kaukolämmön hinnassa on energiaveroja 3,55 €/MWh			
Sopimusvesivirta Antelivattantilide 3,80			

Toukokuussa kaukolämmön kustannuksissa kiinteä vesivirtamaksu on suurempi kuin energiamaksu.

A.4 Suoritusarvomittaukset

Suoritusarvomittausten tavoitteena on selvittää mittauksilla hallin kosteudenhallinnan ja energiakulutuksen nykytaso sekä olosuhteiden hallittavuus nykyisellä automaatiolla. Suoritusarvomittauksilla saadaan selville myös, energiankulutuksen ja kosteudenhallinnan osatekijöitä.

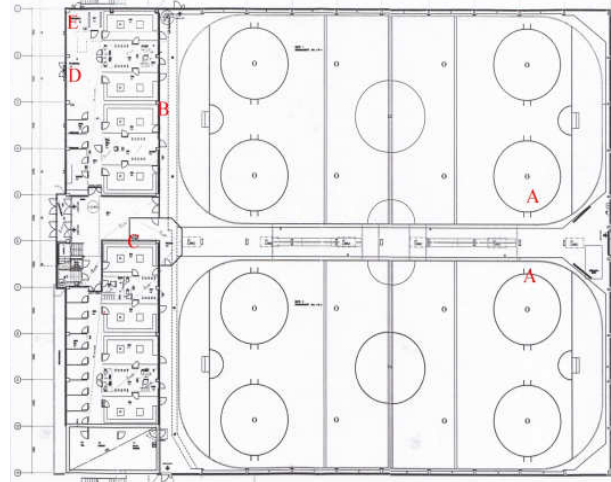
Suoritusarvomittaukset voivat perustua joko hetkellisiin mittauksiin että jatkuvatoimisiin mittauksiin. Hetkellisissä mittauksissa tulee kiinnittää huomiota arvon vaihteluväliin. Hetkellisiä mittauksia varten keräyslomakkeessa on kohdat muutamille mittausarvoille. Mittauksissa hyödynnetään hallin omia mittauspisteitä mahdollisimman laajasti. Tiedon keruussa uudenaikainen automaatiojärjestelmä mahdollistaa jatkuvatoimiset mittaukset ja historiatietojen saannin.

Mittausohjelman laatimisen yhteydessä selvitetään, kuinka kattavasti mittaukset voidaan tehdä omatoimisesti ja miltä osin ko. tietoja joudutaan vielä täydentämään jälkepäin asennettavilla mittareilla ja tiedonkeruulaitteilla. Tavoitteena on saada kokonaisvaltainen käsitys laitetekniikan yhteistoiminnasta.

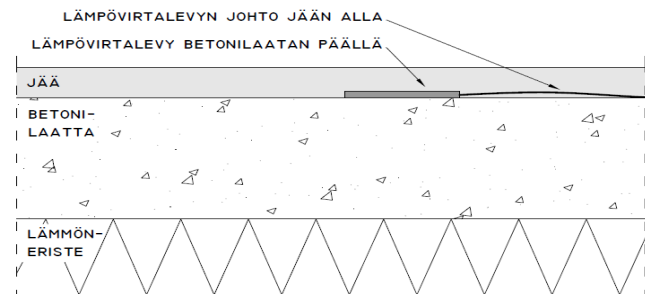
Mittausjakson pituus valitaan hallin käyttäjäprofiilin perusteella. Usein halleissa noudatetaan viikkorytmiä, joten yhden viikon pituista mittausaikaa voidaan pitää miniminä. Mittausjaksoon ei välttämättä tarvitse sisältyä turnusjaksoa.

Kylmäkoneikon toiminta

Kylmäkoneikon toiminnassa merkittäviä tekijöitä ovat jäähdytystehon riittävyys ja koneikon energiatehokkuus. Ensin mainittu perustuu pitkälti käyttäjäkokemukseen ja jälkimmäinen kylmäkompressorin kylmäkerto-



Esimerkkihallin suoritusarvomittausten lisämittausmittauspisteiden paikat. Mittauspisteet ja mittausuureet ovat: A) jäälle kohdistuva lämpökuorma, B) sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus, C) tuloilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, D) jäähdytyslaitteiston sähkönkulutus, E) koko kiinteistön vedenkulutus.



Lämpövirtalevyn asennusperiaate. Lämpövirtalevymittauksella saadaan mitattua jäälle kohdistuva lämpökuorma. Yleensä lämpövirtalevyä ei ole vanhoissa jäähalleissa, joten se tarvittaessa asennetaan mittausjakson ajaksi. Lämpövirtalevymittaus on ohjeistettu jääkiekkoliiton nettisivuilla olevan ohjeen (<http://www.finhockey.fi/palvelut/jaahallit/>) mukaan.

meen (COP) ja lauhde-energian hyödyntämisasteeseen. Seuraavassa esitellään kolme menetelmää, joilla kylmäkerrointa voidaan arvioida.

- 1) *Kompressorin höyrystymis- ja nesteytymispaineiden seuraaminen mittausjakson aikana.*

Kylmäkoneiston kylmäkerroin on ilmoitettu usein kompressorin manuaalissa, käytetyn kylmäaineen, lauhdelämpötilan ja höyrystymislämpötilojen mukaan. Lauhde- ja höyrystymislämpötilat määräytyvät kylmäaineen vastaavien paineiden mukaan. Kylmäkoneiston kylmäkerroin ei ota huomioon jäähdytysjärjestelmässä olevien pumppujen ja puhaltimien vaikutusta.

- 2) *Omatoiminen välillinen kylmäkertoimen mittaus.*

Mittaus voidaan toteuttaa Suomen jääkiekkoliiton internetsivuilta löytyvän taulukon ja siinä annettujen ohjeiden avulla³. Tulosten luotettavuus paranee, kun mittaus tehdään kaksi kertaa mittausjakson aikana.

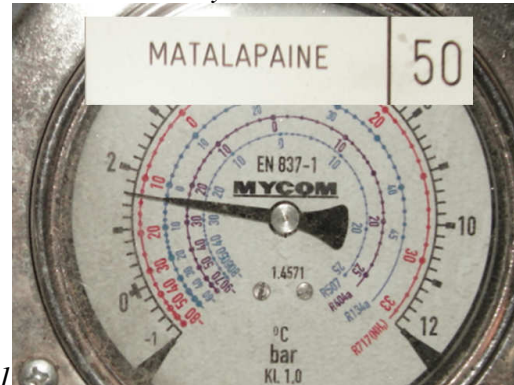
- 3) *Välillinen kylmätehon mittaus lämpövirtalevyn avulla.*

Mittaus tehdään asentamalla kenttäalueelle lämpövirtalevy; ks. kuva edellisellä sivulla. Lämpövirtalevy mittaa kylmätehoa, jonka rata-alueen jään ylläpitäminen ja jäädyttäminen vaatii. Vertaamalla mittaus tuloksia kompressorin kylmätehoon ja käyntiaikoihin saadaan käsitys koko järjestelmän energiatehokkuudesta. Jäähdytysteho voidaan mitata myös liuoskierrosta⁴.

³ Tähän nettisivu.

⁴ Ari Laitinen et al. 2010.

Esimerkki kylmäkoneiston kylmäkertoimen (COP) määrittämisestä tavalla



Kylmäaineen paineita mitataan yleensä paine-ero mittarein, joissa on sisäkehillä kylmäainetta vastaavat höyrystymislämpötilat. Kylmäaineen paine-ero sisäilman välillä on 1.6 bar joten kokonaispaine on 2,6 bar.

*Kylmäaine alapaine yläpaine
Ammoniakki 2,6 bar. 14.3 bar.*

		Ammoniakki	R404a	R22
	[°C]	höyrystymispaine [bar]		
höyrystymislämpötila	-20	1.9	3.09	2.55
	-18	2.08	3.32	2.65
	-16	2.26	3.57	2.85
	-14	2.46	3.83	3.04
	-12	2.7	4.11	3.3
	-10	2.9	4.4	3.5
	-8	3.2	4.7	3.8
		nesteytyspaine [bar]		
lauhdelämpötila [°C]	26	10.3	12.9	10.7
	28	11	13.6	11.3
	30	11.7	14.3	11.9
	32	12.4	15	12.5
	34	13.1	15.8	13.2
	36	13.9	16.6	13.9
	38	14.7	17.4	14.6

-> höyrystymislämpötila -13 °C

-> lauhdelämpötila 37 °C

Table L-1: Ammonia (R717) Refrigerant

Condensing Temperature @ 35 Degree Celsius									
		Evaporating Temperature							
		-25		-20		-15		-10	
Capacity	Power	Capacity	Power	Capacity	Power	Capacity	Power		
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW		
124.60	54.00	170.40	63.20	228.40	71.60	300.80	79.00		

kompressorin manuaalin taulukon mukaan yhden kompressorin jäähdytysteho on 228 kW ja sähköteho 71 kW, jolloin kylmäkerroin on 3.2. Huom. R22 täysin kiellettyä 2015 alusta lähtien.

Kylmäkertoimen lisäksi kylmäkoneikon energiatehokkuuteen vaikuttaa lauhde-energian hyödyntämistä, josta saadaan karkea arvio tarkastelemalla hallin toteutusperiaatteita. Tarkemmin hyödyntämistä voidaan selvittää esimerkiksi mittaamalla kylmäprosessissa vapautuvan lauhde-energian määrää sekä tutkimalla, mikä on hyötykäyttöön saatavan ja hyödyntämättömän lauhde-energian suhde. Lauhde-energiaa voidaan mitata liuoskierrosta mittaamalla lauhdepuolen massavirta sekä lähtö- ja paluupuolen lämpötilaero.

Ilmanvaihtojärjestelmän toiminta

Ilmanvaihtojärjestelmän mittaukset tulee kohdistaa vähintään rata-alueen halliosan ja kuivaushuoneiden ilmanvaihtolaitteisiin. Mittauksissa tulee tarkastella mm.:

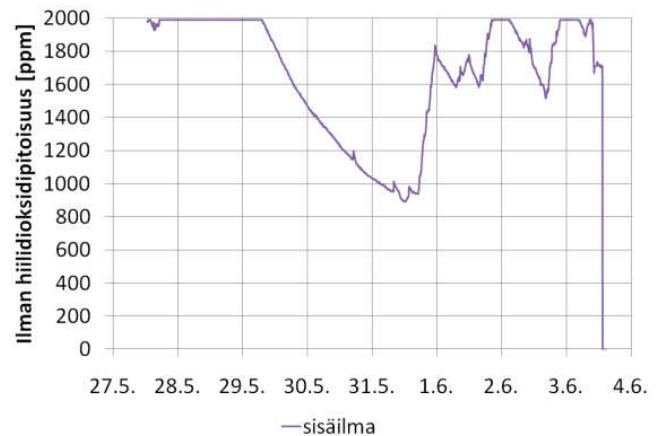
- Ilmanvaihdon riittävyttä CO₂-mittauksella
- ilmalämmityksen lämmitystehoa ja sen ajallista vaihtelua
- rata-alueen ilmankuivaimen kuivatustehoa ja sen ajallista vaihtelua
- kuivaushuoneen ilmankuivaimen tehoa ja sen ajallista vaihtelua

Lisäksi tulee tarkistaa painemittauksin tai savukokein yms., etteivät hallin lämpimät osat toimi rata-alueen halliosan tuloilmakanavana.

Mittauksissa ilman tilaa mitataan ennen ja jälkeen lämmönvaihtimen tai ilmankuivaimen. Lisäksi pitää tuntea ilmavirran suuruus. Kondenssikuivaimen tapauksessa voidaan mitata myös kondensoituneen veden määrää. Jäätymisriskiä arvioidaan liuoslämpötilan perusteella, etenkin kesäajan säätoivoilla. Jos kuivaushuoneessa on pelkästään poistoilmavaihto, tulee ilman tilaa mitata huonetilasta, josta tuloilma todennäköisesti tulee, eli useimmissa tapauksissa oven ulkopuolelta käytävästä.



Lauhde-energian hyödyntämällä voidaan vähentää kaukolämmön kulutusta. Kuvassa on pääilmavaihtokoneen tuloilman lämmityspatterit. Ensimmäisessä ilmaa lämmitetään lauhdelämmöllä ja toisessa kaukolämmöllä. Suoritusarvomittausten mukaan tuloilman lämpötila oli 18 °C lauhdelämmityspatterin jälkeen ja kaukolämpöpatterin jälkeen myös 18 °C, jonka mukaan tuloilman lämmitys perustuu pääasiassa lauhdelämpöön.



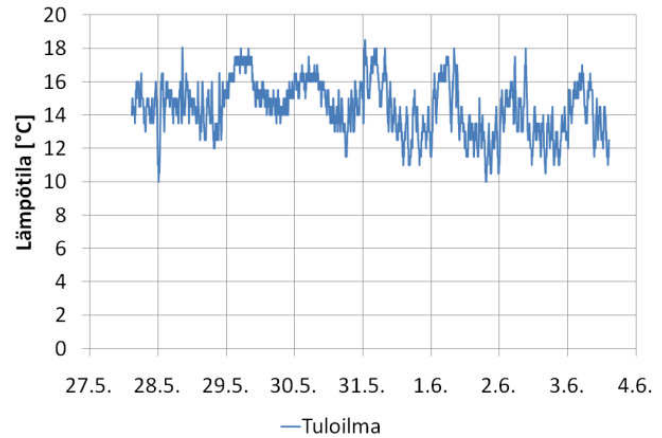
Sisäilman CO₂-pitoisuus on mittausjakson aikana ollut ajoittain yli 2000 ppm, kun sen tulisi Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaan olla alle 1200 ppm. Tämän perusteella nykyinen raitisilmavirta ei ole riittävän suurta.

Muut laitteistot

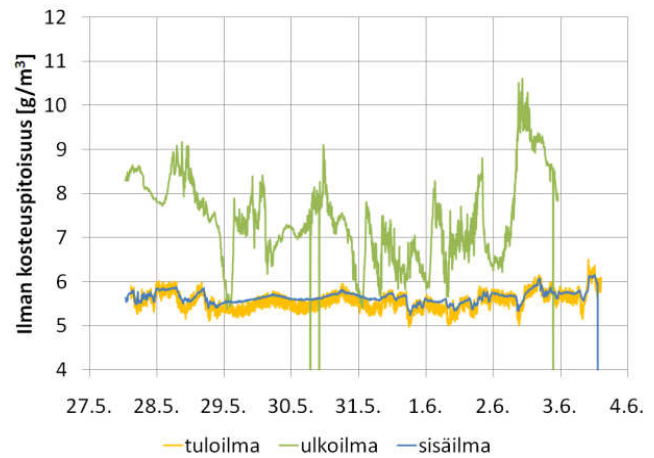
Suihkut ja jäänhoitokone aiheuttavat käyttöveden ja lämpöenergian kulutusta, joiden laitteistoista riippuvat ominaisuudet tulee mitata.

- Suihkujen vesivirtaama (litraa/min)
- Jäänhoitokoneen vesitankin täyttämiseksi käytetyn hanan vesivirtaama (litraa/min) ja jälle levitettävän veden lämpötila
- Lauhteella esilämmitetyn käyttöveden lämpötila

Usein käytöväettä esilämmitetään lauhdelämmöllä pienentämään käyttöveden kulutusta.



Tuloilman lämpötilamittauksella voidaan tarkastella rata-alueen ilmalämmityksen toimintaa. Ilman lämmitykseen käytettiin matalalämpöistä lauhdetta.



Mittaustulos ilmanvaihtokoneen kuivaavasta vaikutuksesta.

Osa B: Energiatehokkuuden parantamiskonseptin valinta

Hallin energiatehokkuuden parantamiskonseptin valinta perustuu raportin A-osan rakenne- ja laiteteknisiin tietoihin, mittausjakson tuloksiin teknisestä toiminnasta, kulutustietoihin ja käyttäjäkokemuksiin. Kerätyt tiedot ja mittaukselliset tulokset antavat yksiselitteisen kuvan nykyisen laitoksen toiminnasta ja kehittämistarpeesta. Kehittämiskonseptin sisältö vaihtelee laajasti ollen yksinkertaisimmillaan esim. laitteistojen ohjauksen hienosäätöä ja enimmäkseen laitteistojen uusimista. Konseptin valinnassa tulee entistä enemmän kiinnittää huomiota laitoksen toimintaan jääkäytön aikana ja jääkäytön ulkopuolisena aikana. Ensiksi mainittu kuvaa laitoksen tehokkuutta henkilökuorman ja jäähoidon aiheuttaman kuormituksen alaisena ja jälkimmäinen laitteistokokoonpanon tehokkuutta minimikuormituksella. Tämän vuoksi käyttäjäprofiili, jäävuorot ja henkilömäärät, tulee aina selvittää toteutettaessa tehostamistoimenpiteitä

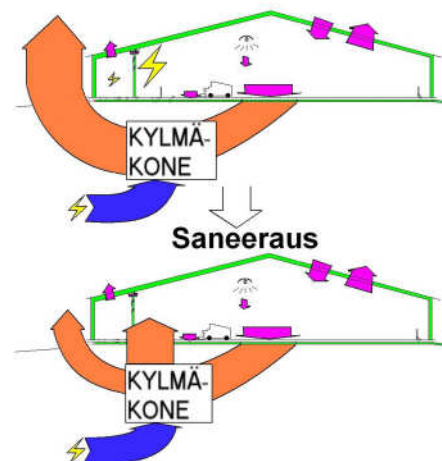
B.1 Valintaperusteet

Osan A tulosten perusteella tarkastellaan kohta kohdalta, mitä toimenpiteitä sisällytetään konseptiin. Samalla arvioidaan eri toimenpiteiden toteutuksen kiireellisyys ja mahdollinen portaittainen toteutus. Viimeksi mainitussa tapauksessa tulee aina tarkastella kokonaisuutta, jotta vältetään hukainvestoinneilta.

Eri osa-alueet voidaan karkeasti jakaa energiatehokkuuden kannalta:

KLO	KLO	MAAHANITAL	TESTAI	KESKIVUOROKO	TORSTAI
Kerästä 1	Kerästä 2	1	2	1	2
07:00-07:30	06:45-07:15	Metsä	1	2	1
07:30-08:00	07:15-07:45		1	2	1
08:00-08:30	07:45-08:15	Nokia	1	2	1
08:30-09:00	08:15-08:45		1	2	1
09:00-09:30	08:45-09:15		1	2	1
09:30-10:00	09:15-09:45		1	2	1
10:00-10:30	09:45-10:15		1	2	1
10:30-11:00	10:15-10:45		1	2	1
11:00-11:30	10:45-11:15		1	2	1
11:30-12:00	11:15-11:45		1	2	1
12:00-12:30	11:45-12:15		1	2	1
12:30-13:00	12:15-12:45		1	2	1
13:00-13:30	12:45-13:15		1	2	1
13:30-14:00	13:15-13:45		1	2	1
14:00-14:30	13:45-14:15		1	2	1
14:30-15:00	14:15-14:45		1	2	1
15:00-15:30	14:45-15:15		1	2	1
15:30-16:00	15:15-15:45		1	2	1
16:00-16:30	15:45-16:15		1	2	1
16:30-17:00	16:15-16:45		1	2	1
17:00-17:30	16:45-17:15		1	2	1
17:30-18:00	17:15-17:45		1	2	1
18:00-18:30	17:45-18:15		1	2	1
18:30-19:00	18:15-18:45		1	2	1
19:00-19:30	18:45-19:15		1	2	1
19:30-20:00	19:15-19:45		1	2	1
20:00-20:30	19:45-20:15		1	2	1
20:30-21:00	20:15-20:45		1	2	1
21:00-21:30	20:45-21:15		1	2	1

Jäähallin käyttäjäprofiili voidaan kerätä yksinkertaisimmalla kirjaamalla varauslistaan käyttövuorojen ryhmän koko ja tyyppi sekä yleisömäärä. Kuvassa esimerkki hallin käyttövuorolistasta. Vaaleansiniset alueet vastaavat jääkiekkoseurojen harjoitusaikoja ja oranssit taitoluisteluvuoroja.



Lauhe-energian hyötykäytön tehostaminen tulee kyseeseen jos esimerkiksi hallia lämmitetään ostoeenergialla.

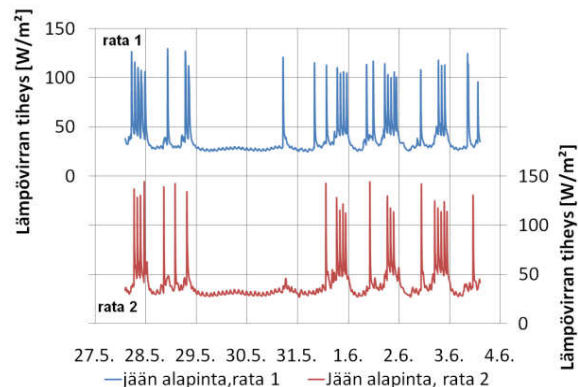
- jäähdytystehon tarve
- jäähdytyslaitteiston kylmäkerroin (COP)
- rata-alueen halliosan lämmitystarve
- kosteudenhallinta
- valaistus
- käyttöveden lämmitys
- lämpimien tilojen lämmitys
- lauhde-energianhyötykäyttö
- energiankulutuksen seurannan tehostaminen

Jäähdytystehon tarve riippuu pääosin jään ja hallitilan ilman välisestä lämpötilaerosta ja jäähoidon lämpökuormasta. Tässä tulee erottaa tehon tarve jäävuorojen ja sen ulkopuolisen ajanjakson aikana. Tehostamistoimenpiteenä tulee kysymykseen lähinnä:

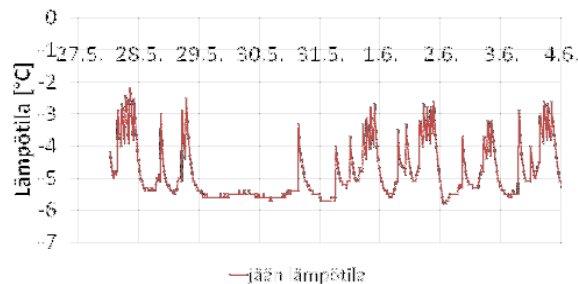
- sisälämpötilan alentaminen. Jos korkea sisälämpötilaa perustellaan kosteusongelmien välttämiseksi, tulee kosteudenhallinta tarkistaa
- jään lämpötilan voidaan käytön ulkopuolisena aikana antaa nousta. Sopiva rytmitys tulee hakea kokeilemalla.
- Jäähoidon lämpökuormaa voidaan pienentää välttämällä tarpeetonta jäähointoa ja alentamalla käytetyn veden lämpötilaa ja/veden määrää. Tässä lämpövirtalevyn käyttö auttaa löytämään optimaaliset käyttötottumukset
- Tarpeetonta kenttävalaistuksen käyttöä tulee aina välttää

Näillä tehostamistoimenpiteillä päästään yleensä hyvään lopputulokseen

Jäähdytysjärjestelmän kylmäkerroin on laitekohtainen vakio, joka kuvaa laitteen jäähdytystehon ja sähkövirran ottotehon suhdetta. Tämän lisäksi energiatehokkuustarkastelussa tulee ottaa huomioon jään ylläpidon edellyttämän koko laitteistokokonaisuuden ottoteho,



Jäähdytystehontarve saadaan mm. mittaamalla jäähän kohdistunutta lämpövirran tiheyttä lämpövirtalevyllä. Kuvassa on esimerkkihallin tulokset kummaltaakin jääradalta. Veden levitys jäähdytyksen yhteydessä lisää lämpökuormaa.



Kuvassa jääradan jään lämpötila mittausjakson ajalta. Jään lämpötila on ollut kylmimmillään käyttöajakson ulkopuolella, kuten öisin. Käyttöajan ulkopuolista jäähdytystehontarvetta pienentää jään lämpötilan nostaminen noin 10 % astetta kohden.



Jäähdytysjärjestelmän kokonaiskylmäkertoimen määrittämisessä otetaan huomioon myös liuospumput ja lauhduttimien puhaltimet.

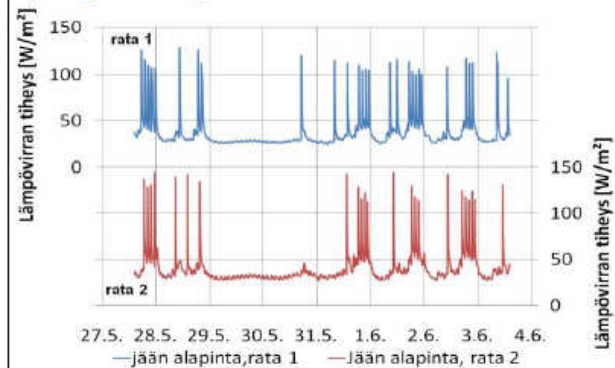
jossa otetaan huomioon mm. rata-alueen ja lauhdepiirin liuospumput ja ulkolauhduttimien puhaltimet, jotta voidaan puhua kokonaiskylmäkertoimesta.

Kokonaiskylmäkertoimen vuorokausikeskiarvon tulisi olla aina vähintään kaksi. Tämän saavuttaminen on täydellä teholla helpompaa kuin osateholla. Energiatehokkuuden parantamisessa lähtökohta tulee aina olla, vrt. osa A, omatoiminen kylmäkerroinmittaus ja rata-alueesta lämpövirtalevyllä mitattu jäähdytystehotarve käytön ja sen ulkopuolisen aikana. Varsinaiset toimenpide-ehdotukset tekee aina laitteiston suunnittelija/laitetoimittaja, jolloin esiin nousevat usein seuraavat toimenpiteet:

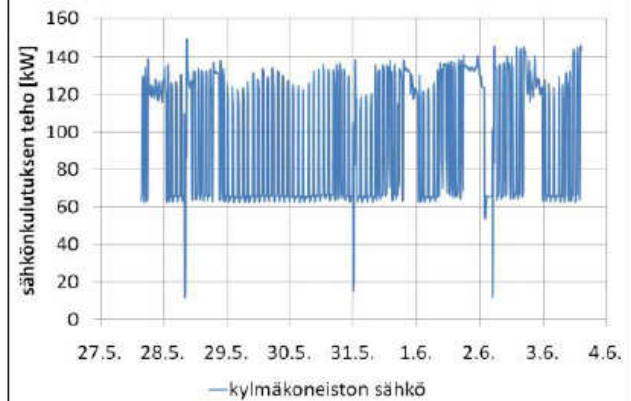
- Kylmäainemäärän tarkistus
- Laitteiston asetusarvojen tarkistus ja vaadittavat muutokset jääkäyttöajan eri kylmätehoilla
- Laitteistojen asetusarvojen tarkistus ja vaadittavat muutokset jääkäyttöajan ulkopuolisen ajan eri kylmätehoilla
- Säättö- ja ohjausperiaatteen tarkistus ja vaadittavat muutokset vuorokauden eri kylmätehoilla
- Rata-alueen kylmäliuosta käyttävän kondenssiuivaimen merkityksen arviointi kompressorin säättö- ja ohjausarvoihin
- Liuospumppujen ja lauhdepuhaltimien ohjauksen ja säädön tarkistus eri kylmätehoilla
- Höyrystimen ja rata-alueen lämpötekni- sen toiminnan tarkistus eri liuosnopeuk- silla
- Lauhde-energian hyödyntämisen tehos- tamisen merkityksen arviointi laitekoko- naisuuteen ja tilatarpeeseen
- Anturointis suunnitelman teko kokonaiste- hokkuuden elinkaarenaikaista seurantaa varten
- Tapauksissa, joissa kylmälaiteisto uusi- taan, kompressorien lukumäärän ja teho-

Kylmäkoneiston kylmäkertoimen määrittäminen lämpövirtalevy mittauksen perusteella:

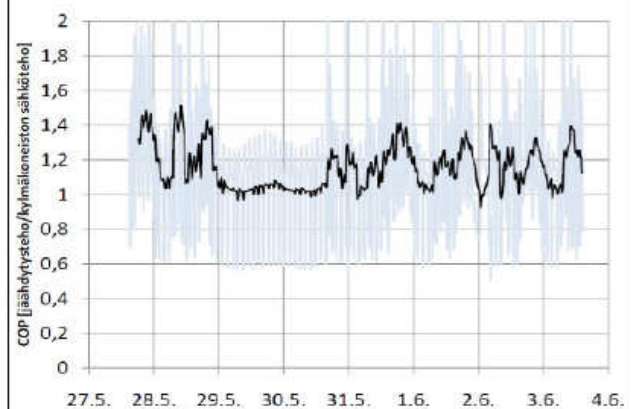
1) Lämpövirtalevy mittauksen tulokset



2) Mitattu kylmäkoneiston sähköteho



3) Kylmäkertoimen COP määrittäminen



Kylmäkerroin COP voidaan määrittää lämpövirtalevyillä mitatun jäähdytystehon perusteella, kun kylmäkoneiston sähköteho tunnetaan. COP on jäähdytysteho [kW] / kylmäkoneiston sähköteho [kW].

luokan tarkistus vuorokautisen kylmäteho vaatimuksen mukaisesti

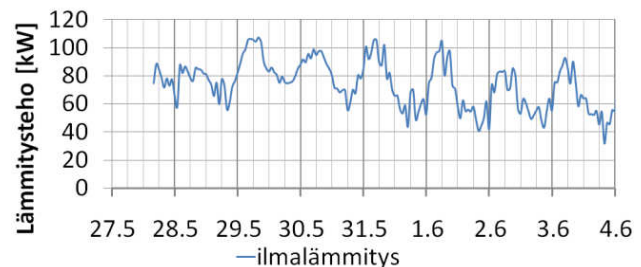
Näillä toimenpiteillä löydetään yleensä energiatehokas kokonaisratkaisu. Vanhan laitteiston kokoonpanosta riippuen tulee varautua yleensä laitteiston täydentämiseen säädön, ohjauksen ja anturoinnin osalta.

Rata-alueen halliosan lämmitystarve riippuu vuositasolla pääasiassa jään pintalämpötilan ja hallin sisälämpötilan välisestä erosta. Lisäksi ulko- ja sosiaalitilojen vastaisten rakenteiden lämmöneristävyydellä sekä kenttävalaistuksen käyttöajalla on vaikutusta lämmitystarpeeseen. Vanhojen hallien rata-alueen halliosan lämmitys perustuu yleensä ilmalämmitykseen. Tämä heikentää energiatehokkuutta, koska ilmanvaihdon kiertoilmavirta joudutaan pitämään suurena myös jääkäytön ulkopuolisena aikana. Tehostamistoimenpiteiden tarkastelussa tulevat kysymykseen seuraavat tekijät:

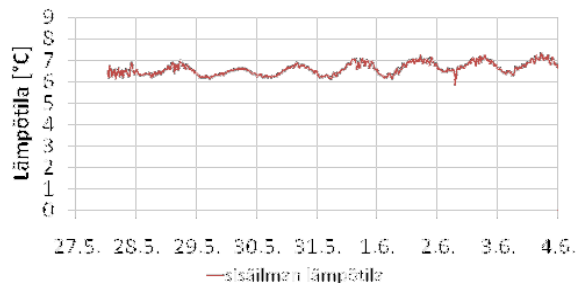
- Lämmityksen säädön ja ohjauksen tarkistus ja tarvittavat muutokset. Tässä tavoitteena on mahdollisimman tasainen sisälämpötila lämpökuormasta, esim. kenttävalaistuksesta ja henkilökuormasta, riippumatta
- Tapauksissa, joissa sisälämpötila pidetään kosteusongelmien takia korkeana, tulee ensisijaisena toimenpiteenä parantaa kosteudenhallintaa
- Lauhde-energian hyödyntämisen tehostaminen myös hallin tässä osassa. Tätä varten tulee tarkistaa lämmityksen mitoitusperusteet etenkin liuksen mitoituslämpötilan suhteen. Mikäli liuslämpötilavaatimus on alle 30 °C, soveltuu lauhdeenergia sellaisenaan ko. lämmitykseen vrt. kohta lauhde-energian käytön tehostaminen
- Lämmitysilmasuuhkun suuntauksen tarkistus tavoitteena välttää ilmasuuhkun kohdistuminen rata-alueeseen

Liuoskierrosta arvioitu jäähdytysteho	
täysteho	
lämpötilaero	2.1 °C
virtaama	30 l/s
Jäähdytysteho, rata 1	
3,5*30*2.1	221 kW
Koko jäähdytysteho	441 kW
Ylhäältä jäärataan tuleva lämpökuorma on mitattu lämpövirrantiheys*radan koko*1.1	
	yö päivä
Mitattu lämpövirrantiheys	35 70 W/m ²
Lämpökuorma ylhäältä	123.2 246.4 kW

Kokonaiskylmäkertoimen määrittämisessä jäähdytystehon mittaustapa tulisi olla lämpövirtalevy mittaus, joka on jääurheilun kannalta oleellinen jäähdytysteho. Tällöin muut häviöt kuten maaperästä siirtyvä lämpöenergia heikentää kylmäkerrointa.



Rata-alueen lämmitysteho vaihtelee vakiolämpötilaan termostoidussa ko. jäähallissa siten että lämmitysteho on käyttöajan ulkopuolella pienempää kuin käyttöaikana. Tämä johtuu valaistuksesta ja siitä että käyttöajan ulkopuolella jään lämpötila on matalampi kuin käyttöajalla.

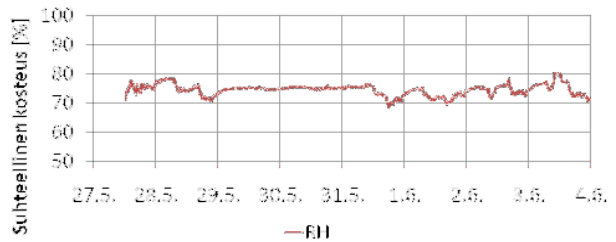


Jäähallin sisälämpötila 5 metrin korkeudella jään pinnasta. Kyseistä anturia ei käytetä lämpötilan säädössä.

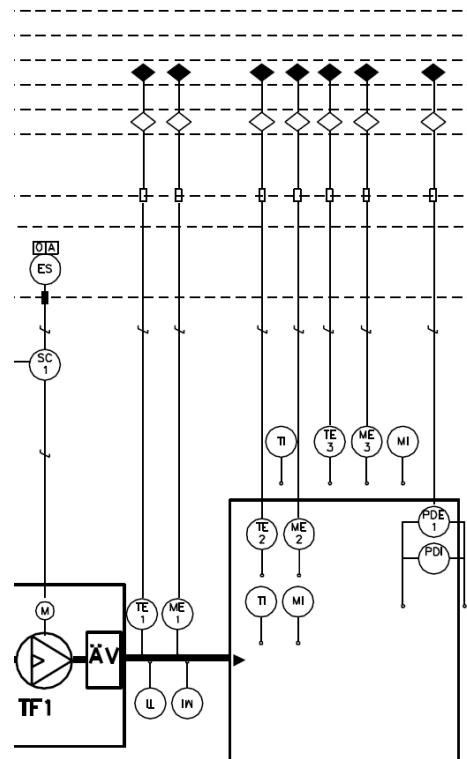
Halliosan lämmityksen tehostamisessa keskeistä on lauhde-energian hyödyntäminen. Koska kyseessä on suuri lämmitystehovaatimus, tulee lauhteen soveltuvuus selvittää aina ennen lauhde-energia hyödyntämisen kokonaisvaltaista suunnittelua.

Kosteudenhallinnan tehostamisella ymmärretään kaikkia niitä vaadittavia rakenne- ja laitekniisiä ratkaisuja, joilla varmistetaan kokonaisvaltaisesti hallin kosteustekninen toiminta. Täältä kannalta puolilämmin rata-alueen halliosa vaatii yleensä tehostamistoimenpiteitä. Tehostamistoimenpiteinä tulevat kysymykseen usein seuraavat tekijät:

- Mikäli kosteusongelmat esiintyvät vain vuoden lämpiminä kuukausina, on usein kyse tuloilman hallitsemattomasta sisäilmanotosta. Tämä edellyttää tuloilman suorakuivatusperiaatteen mukaisen laitteen lisäämistä ilmanvaihtolaitteistoon. Suorakuivatus mitoitetaan hallin käyttäjäprofiilin mukaan ollen harjoitushallikäytössä suuruusluokkaa 0.6-0.8 m³/s.
- Rata-alueen painesuhteiden hallinta siten, että suorakuivatus ylipaineistaa lämpiminä vuodenaikoina ja alipaineistaa kylminä vuodenaikoina ko. halliosan ulkoilmaan nähden. Lisäksi lämpimien tilojen ilmanvaihto säädetään siten, että lämpimät tilat ovat kaiken aikaa alipaineiset rata-alueen halliosaan nähden.
- Päällin vaihdon kiertoilman kuivatuspatterin ajoittaisen jäätymisen ja/tai riittämättömän kuivaustehon tapauksessa tarkistetaan mitoitusperusteet ja asetusarvot. Tämän perusteella arvioidaan tehostamisperiaatteet ja toteutusmahdollisuudet
- Ajoittainen veden paikallinen kondensoituminen rata-alueen halliosan pinnoilla viittaa virtauskatveisiin, jotka edellyttävät ilmanjaon tarkistamista



Sisäilman suhteellinen kosteus vaihteli mittausjakson aikana 70 – 80 %:n välillä. Koska RH oli yli säätöarvon 70 %, ilman kuivaus oli koko mittauksen ajan täysteholla. Kuivausteho ei ollut riittävä. Mittausjakson aikana CO₂ oli pitkiä aikoja yli 1200ppm. Joten ilmankuivaustehoa pitää lisätä.



Paine-suhteiden hallinta edellyttää sisä- ja ulkoilman paine-erojen mittausta.

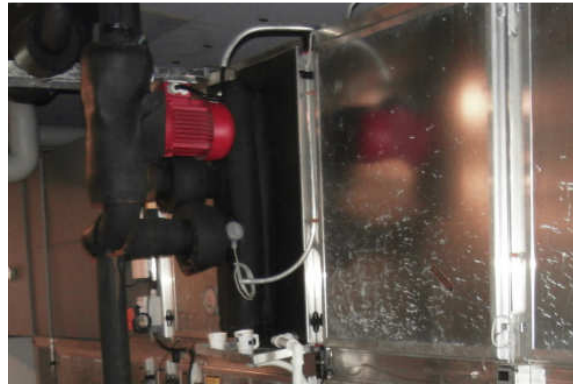
- Märkätilojen ilmanvaihdon ohjauksen ja ilmamäärän tarkistaminen ja tarvittaessa muuttaminen
- Kuivaushuoneen ilmanvaihdon ohjauksen, ilmamäärän ja ilmansuuntauksen tarkistaminen ja tarvittaessa muuttaminen

Rata-alueen halliosan kosteudenhallinta matalan sisälämpötilan vuoksi on aina vaativa suunnittelukohde, joka edellyttää huolellista laitesuunnittelua. Tapauskohtaisesti tulee aina arvioida, voidaanko kuivatus toteuttaa kondenssikuivainperiaatteella, sorptiokuivainperiaatteella tai näiden yhteiskäytöllä.

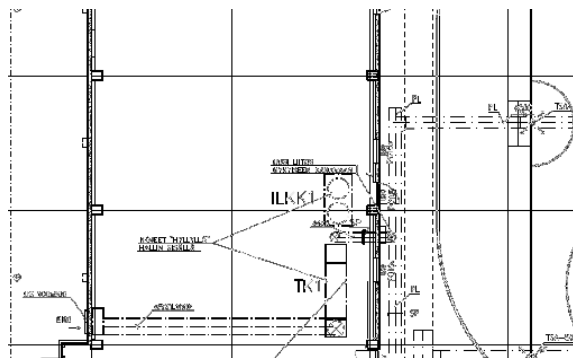
Valaistuksen energiatehokkuuden tarkastelussa tulee kiinnittää huomiota rata-alueen valaisimien tyyppiin, kenttävalaistuksen ryhmittykseen ja käyttötottumuksiin. Energiatehokkuuden parantamisessa tulee aina tarkastella ainakin seuraavat tekijät:

- Tarpeettoman suurta valaistuvoimakkuutta tulee aina harjoitusikäytössä välttää
- Ratavalaistuksen käyttöä jääkäyttöajan ulkopuolella tulee aina välttää. Tarvittaessa voidaan suunnitella ko. halliosaan matalaenerginen yleisvalaistus
- Ratavalaisimien uusimisen yhteydessä tulee aina tarkistaa löytyykö matalaenerginen valaisintyyppi ja voidaanko ryhmitystä muuttamalla parantaa energiatehokkuutta. Valaisimet toimivat myös hallin lämmittiminä, jolloin suurin hyöty matalaenergiavalaisimista saavutetaan, jos lämmitys perustuu lauhde-energian hyödyntämiseen

Valaistuksen energiatehokkuus on keskeinen osa jäähallin energiatehokkuutta. Valaistustekniikka on voimakkaassa kehitysvaiheessa kohti energiatehokkaita valaisintyyppejä, jotka soveltuvat myös jäähallikäyttöön.



Pääilmanvaihtokoneen kondenssikuivauspatteri jäähdyttää läpi virtaavaa ilmaa 2 °C astetta 4 °C lämpötilaan. Kylmäpatterissa kiertävän liuoksen lämpötila on -1 °C. Sisäilman suhteellisen kosteuden ollessa alle 70 % kuivain ei poista kosteutta, mutta jäähdyttää ilmaa 8 kW teholla. Kondenssikuivaimen toiminnan tarkistamisessa tiivistyvä vesimäärä on helppo mitata.



Kosteudenhallinnan tehostamisessa yhtenä vaihtoehtona on hallin ylipaineistaminen puhaltamalla halliin kuivattua ulkoilmaa.

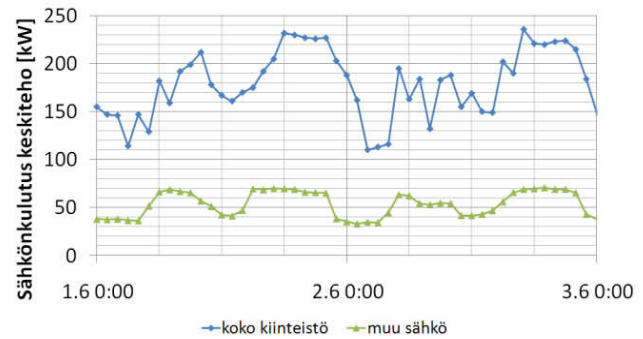


Tyhjän jääradan valaiseminen tunnin ajan täysteholla kuluttaa energiaa 22 kWh sähköä, jonka rahallinen arvo on noin 2 €.

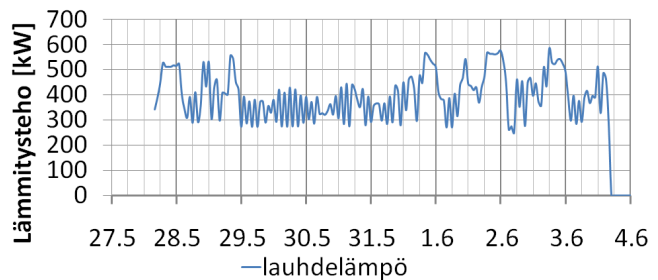
Lauhde-energian hyödyntäminen on keskeinen osa jäähallin energiatehokkuuden parantamisessa. Lähes aina sen hyötykäyttöä voidaan tehostaa. Tässä tulee kiinnittää huomiota ainakin seuraaviin tekijöihin:

- Lauhde-energia on kylmäkompressorin korkean kylmäkerroinvaatimuksen seurauksena matalalämpöistä energiaa, lämpötilataso 30 °C. Sellaisenaan se soveltuu käyttöveden esilämmitykseen sekä rata-alueen halliosan ja lämpimien tilojen lämmitykseen. Lisäksi jäähoidon tottumuksia tulee muuttaa siteen, että jäähoidossa käytetään myös em. esilämmitettyä vettä
- Erottamalla tulistuslämpö, noin 10% lauhdeesta päästään edellistä korkeampaan lauhdelämpötilaan, suuruusluokka yli 55 °C, jolloin se soveltuu myös lämpimän veden tekemiseen
- Käyttöasteen kasvaessa tulee tarkastella lämpöpumpun hyödyntämistä matalalämpöisestä lauhde-energiasta korkealämpöiseen lauhde-energiasta, lämpötilataso yli 70 °C. tämä lisää merkittävästi hyötykäytömahdollisuuksia.
- Lauhteen hyödyntäminen edellyttää lämpövaraajien käyttöä, jolloin energian saanti on jatkuvaa. hyödynnettäessä eri lämpöistä lauhdetta vaatii jokainen lämpötila oman varaajansa
- Hyödyntämismahdollisuuksia tarkasteltaessa tulee korjausrakentamisessa aina tarkistaa toteutusmahdollisuudet; tilavauokset ja etäisyydet kylmäkompressorin nähdessä

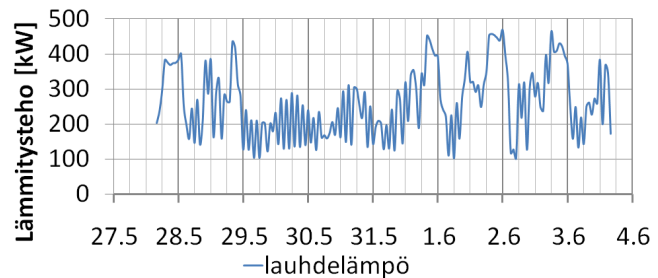
Lauhde-energia on jäänteon sivutuotteena lämmityksen kannalta ilmaisenergiaa, mikä puoltaa mahdollisimman suurta hyötykäyttöä. Korkeisiin hyötysuhteisiin päästään, jos lauhdetta voidaan hyödyntää myös jäähallin lähiympäristössä.



Kun jäähallin sähköjärjestelmässä on alamittari mitaamassa jäähdytysjärjestelmän sähkökulutusta, sähkökulutuksen osatekijöiden vaikutus voidaan päätellä laiteluettelon sähkötehojen avulla. Esim. Valaisinluettelon mukaan ratavalaistuksessa oli 56 kpl. valaisimia joissa oli kaksi 400W HQI lamppua, jolloin kokonaissähköteho on 45kW.



Jäähdytyskoneisto tuottaa lauhde-energiaa jonka suuruus on kylmäkompressorien sähkökulutus kertaa lämpökerroin. Jäähallien lämpökerroin on yleensä yli 3. Ko. jäähallin lauhde-energianvirta on 300-600kW.



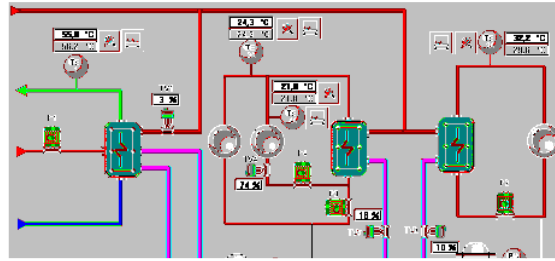
Jäähalleissa on aina kattolauhduttimet, joiden kautta siirretään hyödyntämättä jäänyt lauhde-energia. Kuvassa on ko. hallin hyödyntämätön lauhde-energia.

Energiankulutuksen seurannan tehostamisen tavoitteena on, että jäähallin sähkön ja/tai kaukolämmön tuntikulutustietojen perusteella voidaan entistä paremmin arvioida ja seurata energiatehokkuutta koko elinkaaren ajan. Olemassa oleva kokoonpano voi rajoittaa mittapisteiden puuttumisen takia ko. seurantaa. Yhtenä vaatimuksena voidaan pitää sitä, että kylmälaitteiston, usein kylmäkontin, kokonaisenergiankulutus tulee erottaa omaksi vertailuluvuksi. Seuranta tulee tehdä erikseen jääkäytön ulkopuolisen ajanjakson ja jääkäytön aikaisen kulutustiedon perusteella.

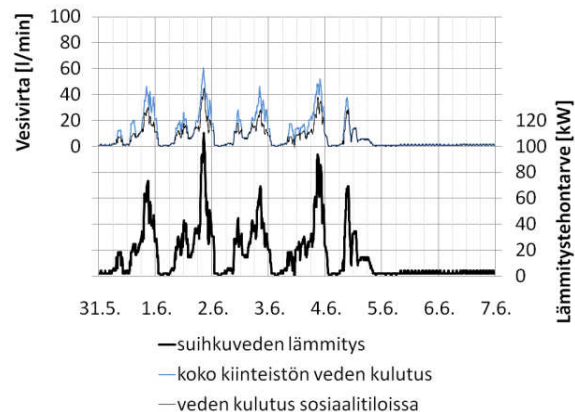
Jääkäytön ulkopuolisen energiatehokkuuden arvioimiseksi kulutustiedot tulee tulostaa hallin kokonaissähkökulutuksen lisäksi myös kokonaiskulutuksen ja kylmälaitteiden kokonaiskulutuksen erotuksena. Erotustiedon perusteella voidaan arvioida kokoonpanon ja sen ohjauksen tehokkuutta. Osan A laitetietojen perusteella arvioidaan selittykö mitattu sähkönkulutus esim. yöaikaan laitteiden käyntiajoilla, joiden tulee ohjaustietojen perusteella olla toiminnassa. Jos eroja havaitaan, syyt selvitetään laite- ja ohjaustietojen perusteella ja tehdään tarvittavat muutokset.

Jääkäytön aikaisen energiatehokkuuden seuranta auttaa lämpövirtalevyn käyttöä. Tällä voidaan yksinkertaisesti optimoida jäähallin vaatima energiankulutus. Osan A kylmäkerroimen omatoimisen mittauksen tietojen perusteella arvioidaan vertaamalla jääalueen vaatiman keskimääräisen kylmätehon suhdetta kylmälaiteen, kontin, kokonaissähkökulutukseen. Jos suhdeluku on samaa suuruusluokkaa määrittystilanteeseen verrattuna, on toiminta suunniteltua. Muussa tapauksessa erot tulee selvittää.

Elinkaarenaikaista seuranta varten voidaan määrittää yllä esitetyt vertailuluvut, sen jälkeen, kun tehostamistoimenpiteet on toteutettu.



Lauhdellämmön soveltuvuus kaukolämmön korvaajana riippuu lämpötilataseista. Kuvassa on lämmönjakohuoneen kaukolämmönjaon valvontaruutu automaatiojärjestelmästä. Kuvan keskellä on lattialämmitysverkosto jossa lämpötila mittausjakson aikana oli noin 24 °C. Kuvan oikeassa reunassa on patterilämmitysverkosto, jossa lämpötila on 32 °C.



Käyttöveden esilämmitys on myös soveltuva kohde lauhdelämmölle.



Energiankulutuksen seurannan tehostaminen tarkoittaa uusien mittauspisteiden kytkemistä automaatiojärjestelmään. Kuvassa oikealla koko kiinteistön vesimittari jossa on pulssilähtö vedenkulutuksesta olemassa mutta sitä ei ole kytketty automaatiojärjestelmään. Kuvan vasemmalla puolella on viereisen automaatioalakeskuskaappi, jossa on vielä vapaata tilaa.

tettu ja vastaanotettu. Esimerkiksi viikon tarkempi seuranta antaa luotettavasti vertailuluvut joihin määrävlein kulutustietoja samalla energiatehokkuuden pysyvyyttä voidaan verrata. Energiatehokkuuden seuranta tulee sisällyttää henkilökunnan koulutuspakettiin, jossa laitoksen käyttöä yleisesti opastetaan.

B.2 Hankkeen käynnistäminen

Osan A tulosten ja edellä esitettyjen yleisten valintaperusteiden avulla valitaan kulloinkin tarkoituksenmukaisin energiatehokkuuden tehostamiskonsepti. Tavoitteena on, että mahdollisimman omaloitteisesti voidaan valinta tehdä. Tarvittaessa voidaan käyttää myös alan suunnittelijoita. Nykytilatutkimusraportti, NTR, liitetään aina suunnittelutarjouspyyntöasiapapereihin. Viimeistään suunnittelijoiden valinnan jälkeen tarkistetaan tarvitaanko NTR-raportin lisäksi lisäselvityksiä. Suunnittelun ohjauksessa voidaan myös hyödyntää NTR-raporttia nykykokoonpanosta ja sen toiminnasta periaatteella, että kaikki esitetyt muutokset ja parannusehdotukset laitteiston kokoonpanossa, asetus- ja säätöarvoissa perustellaan nykytilanteeseen verrattuna.



Jäähallien suunnittelua ja rakentamista ohjeistetaan ympäristöministeriön liikuntapaikkajulkaisuissa 71 ja 92. Oppaan käyttö takaa hallin energiankäytön ja kosteudenhallinnan tehostamisen suunnittelun kokonaisvaltaisen lähestymistavan.

Rakenne- ja laiteteknisten tietojen keräys- ja käyttäjäkokemusten kirjauslomakkeet

Jäähallin omatoimista rakenne- ja laiteteknisten tietojen keräystä ja käyttäjäkokemusten kirjausta varten ohessa on lomakkeet. Jäähallin nykytilatutkimusraportin A-osan teko onnistuu yksinkertaisimmillaan täyttämällä lomakkeet, tekemällä suoritusarvojen mittausjakson ja lisäämällä liitteeksi piirustusluettelot, jäähdytyslaitteiston toimintakaavio, ilmanvaihtolaitteiston toimintakaavio sekä jatkuvatoimisten mittauksien tulokset kuvaajina.

Liite 1: Hallin yleiset tiedot	27
Liite 2-1: Rakennetekniset tiedot	28
Liite 2-2: Rakenteiden käyttäjäkokemukset	29
Liite 3-1: Jäähdytyslaitteiston tiedot	29
Liite 3-2: Jäähdytyslaitteiston käyttäjäkokemukset	31
Liite 4-1: Ilmanvaihtolaitteiston tiedot	32
Liite 4-2: Ilmanvaihtolaitteiston käyttäjäkokemukset	33
Liite 5-1: Lämmityslaitteiston tiedot	34
Liite 5-2: Lämmityslaitteiston käyttäjäkokemukset	35
Liite 6-1: Muiden olennaisten laitteiden tiedot	37
Liite 6-2: Muiden olennaisten laitteiden käyttäjäkokemukset	37
Liite 7: Kulutustiedot	39
Liite 8: Suoritusarvomittaukset 1/2	40
Liite 8-2: Suoritusarvomittaukset 2/2	42

Liite 1: Hallin yleiset tiedot

Nimi:

Sijainti:

Valmistumisvuosi:

Tyyppi (merkitse rastilla oikea vaihtoehto):

- 1-ratainen harjoitusjäähalli
- 2-ratainen harjoitusjäähalli
- Pieni kilpailuhalli, istumapaikkoja 300- 1500
- Kilpailuhalli, istumapaikkoja 1500...6000
- Suurhallit, istumapaikkoja > 4000
- joku muu, mikä?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Jääradan koko:

leveys m

pituus m

Ilmatilavuus:

halliosa m³

koko rakennus m³

Pohjapinta-ala kerroksittain / tiloittain [m²]:

Uusitut laitteistot ja uusimisen ajankohta (kylmäkoneisto, IV, automaatio, yms.)

Toteutetut korjaukset / perusparannukset ja niiden ajankohta:

Liitä piirustusluettelot liitteeksi 1-1!

Liite 2-1: Rakennetekniset tiedot

Puolilämpimän tilan ja ulkoilman välisen vaipan ominaislämpöhäviö:

	U-arvo, U [W/(m ² ·K)]	Pinta-ala, A [m ²]	Ominaislämpöhäviö, U*A [W/K]
US			
US			
YP			
ikkunat			

Lämpimän tilan ja ulkoilman välisen vaipan ominaislämpöhäviö:

	U-arvo, U [W/(m ² ·K)]	Pinta-ala, A [m ²]	Ominaislämpöhäviö, U*A [W/K]
US			
US			
YP			
ikkunat			

Lämpimän tilan ja puolilämpimän tilan välisen vaipan ominaislämpöhäviö:

	U-arvo, U [W/(m ² ·K)]	Pinta-ala, A [m ²]	Ominaislämpöhäviö, U*A [W/K]
US			
US			
YP			
ikkunat			

Puolilämpimän tilan vaipan ilmatiiveyttä kuvaava ilmavuotoluku:

Ilmavuotoluku (n₅₀) on

Liite 2-2: Rakenteiden käyttäjäkokemukset

Esiintyykö rata-alueen halliosan rakenteiden pinnoilla kosteuden tiivistymistä, ja missä tilanteissa vettä tippuu rata-alueelle?

Esiintyykö lämpimien tilojen ja puolilämpimien tilojen välisissä rakenteissa seinäpinnoilla ja/tai ovirakenteissa ajoittaista veden kondensoitumista?

Onko sadeveden poistojärjestelmä toimiva, ja esiintyykö joitain ongelmatilanteita?

Onko tilojen toimintaan liittyviä parannusehdotuksia?

Onko muita havaintoja tai huomautettavaa?

Liite 3-1: Jäähdytyslaitteiston tiedot

Jäähdytyslaitteiston suunnitteluarvot:

– kylmäteho		kW
– kylmäaine		
– kylmäkerroin (COP)		
– höyrystymislämpötila		°C
– lauhdelämpötila		°C

Kylmäkompressori:

– merkki ja tyyppikoodi	
– lukumäärä	

Rataliuospumppu:

– merkki ja tyyppikoodi		
– sähköteho		kW
– virtaama		l/s
– kierrätettävä liuostyyppi		

Lauhdeliuospumppu:

– merkki ja tyyppikoodi		
– sähköteho		kW

Ulkolauhdutin:

– merkki ja tyyppikoodi		
– tuulettimien lukumäärä		
– tuulettimen moottorin sähköteho		kW

Jäähdytyksen ohjauksen mittauspiste (merkitse rastilla oikea vaihtoehto):

– jään lämpötila	<input type="checkbox"/>
– betonilaatan lämpötila	<input type="checkbox"/>
– jäähdytyksen paluuliuksen lämpötila	<input type="checkbox"/>
– joku muu, mikä?	<input type="checkbox"/>

Lauhde-energian hyötykäytön kohteet

Onko laitteen toiminnasta olemassa historiatietoja? Jos on, niin mitä?

LIITÄ JÄÄHDYTYSLAITTEISTON TOIMINTAKAAVION PIENENNETTY KOPIO LIITTEEKSI.

Liite 3-2: Jäähdytyslaitteiston käyttäjäkokemukset

Onko kylmäkoneikon kylmäteho ollut riittävä, etenkin kesä- ja turnausaikoina?

Onko esiintynyt virhetoimintoja?

Onko ohjausperiaatteeseen parannusehdotuksia ja erityisesti missä tilanteissa?

Vaihtelevatko kylmäkoneen ala- ja yläpaine käyttötilanteissa?

Onko muita havaintoja tai huomautettavaa?

Liite 4-1: Ilmanvaihtolaitteiston tiedot

Puolilämpimän hallitilan ilmanvaihtolaitteisto:

- Tuloilmavirta m³/s
- Tulopuhaltimen sähköteho kW
- Poistopuhaltimen sähköteho kW
- Ulkoilmavirran säätöperiaate (merkitse rastilla oikea vaihtoehto):
 - Raitisilmapelti aina vakioasennossa
 - Raitisilmapellin asento aikaohjauksessa
 - Raitisilmapelti aina kiinni
 - Raitisilmapellin avaus CO₂-pitoisuudella ohjattuna
 - Joku muu, mikä?

Puolilämpimän hallitilan ilmankuivauksen toimintaperiaate (merkitse rastilla oikea vaihtoehto):

- Kiertoilman kondenssikuivaus
- Kiertoilman sorptiokuivaus
- Suora kuivaus (tuloilman kuivaus)
- Joku muu, mikä?

Lämpimien tilojen suurin ilmanvaihtokone:

- Tuloilmavirta m³/s
- Tulopuhaltimen sähköteho kW
- Poistopuhaltimen sähköteho kW
- Lämmöntalteenoton hyötysuhde
- Ilmanvaihdon ilmavirtojen ohjausperiaate

LIITÄ ILMANVAIHTOKONEIDEN TOIMINTAKAAVIOT LIITTEEKSI.

Liite 4-2: Ilmanvaihtolaitteiston käyttäjäkokemukset

Onko ilmanvaihtolaitteistossa esiintynyt virhetoimintoja?

Onko esiintynyt näkyvää vesihöyryä tai sen kondenssia radan laitarakenteissa?

Mikä on käyttötilanteissa kuivauspatterin liuoslämpötila ja miten sitä voidaan ohjata?

Onko havaintoja kuivatuspatterin jäätymisestä ja toiminnasta näinä aikoina?

Esiintyykö lämpiminä vuodenaikoina tilanteita, joissa ulkoilmapelti on kiinni ja samanaikaisesti poistoilmanvaihto on päällä?

Onko ohjausperiaatteeseen parannusehdotuksia ja erityisesti missä tilanteissa?

Onko muita havaintoja tai huomautettavaa?

Liite 5-1: Lämmityslaitteiston tiedot

Puolilämpimän halliosan lämmitys

Millä energiamuodolla puolilämpimän hallitilan ilma lämmitetään?

Mikä on lämmönjakojärjestelmä?

Jos ilmalämmitys, niin mikä on lämmitetyn tuloilman tilavuusvirta?

Tilavuusvirta m³/s

Mikä on lämmitetyn tuloilman lämpötilan vaihteluväli?

Tuloilman lämpötilan vaihteluväli °C

Millaiset ovat sisäilman lämmityksen ohjausperusteet?

Lämpimän halliosan lämmitys

Millä energiamuodolla lämpimät tilat lämmitetään?

Miten lämpö jaetaan eri tiloissa?

Mitkä ovat lämpimien tilojen lämmityksen ohjausperusteet?

Käyttöveden lämmitys

Millä energiamuodolla käyttövesi lämmitetään?

Onko hallissa lämpimän käyttöveden varaajaa? Jos on, niin kuinka suuri?

Kuinka lämmintä on jäähoidossa kentälle levitettävä vesi?

Veden lämpötila °C

Liite 5-2: Lämmityslaitteiston käyttäjäkokemukset

Mitkä ovat sisäolosuhteiden tavoitearvot ja kuinka hyvin niissä pysytään vuorokausirytmissä?

Esiintyykö vuoden kylmimpinä aikoina tilanteita, joissa lämmitysteho ei riitä?

Esiintyykö vuoden lämpimimpinä aikoina tilanteita, joissa sisälämpötilat nousevat tavoitearvoja korkeammiksi?

Mitkä ovat kokemukset lauhde-energian nykyisestä hyödyntämisestä?

Onko hallissa jäänhoitosohjon sulatusjärjestelmä ja mitkä ovat kokemukset sen toiminnasta?

Onko lämmitysjärjestelmän ohjaukseen parannusehdotuksia?

Onko muita havaintoja tai huomautettavaa?

Liite 6-1: Muiden olennaisten laitteiden tiedot

Valaistus

Jääradan valaisimet

- lukumäärä
- lamppujen tyyppi ja sähköteho
- ryhmitykset

W

Suihkut

- lukumäärä
- tyyppi ja malli

Jäänhoitokone

- merkki ja malli
- käyttöenergia
 - o suorasähkö
 - o akku
 - o nestekaasu
- vesitankin tilavuus

--

--

--

--

--

Muut sähkölaitteet

--

Liite 6-2: Muiden olennaisten laitteiden käyttäjäkokemukset

Onko valaistus riittävä?

Riittääkö suihkuista lämmintä vettä?

Onko suihkujen määrä riittävä?

Millainen on käyttökokemus jäänhoitokoneesta?

Onko muita havaintoja tai huomautettavaa?

Liite 7: Kulutustiedot

Vuosikulutukset viideltä edelliseltä vuodelta:

Vuosi	Sähkö [MWh]	Kaukolämpö [MWh]	Vesi [m ³]	Käyttövorojen kokonaismäärä
20__				
20__				
20__				
20__				
20__				

Kuukausikulutukset edelliseltä vuodelta

20__

Kuukausi	Sähkö [MWh]	Kaukolämpö [MWh]	Vesi [m ³]	Käyttövorojen kokonaismäärä
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Kulutustiedot edelliseltä vuodelta:

Keskimääräinen sähkönkulutus:

MWh/vrk

Keskimääräinen kaukolämmönkulutus:

MWh/vrk

Keskimääräinen vedenkulutus:

m³/vrk

Liite 8: Suoritusarvomittaukset 1/2

Mitattava suure ja yksikkö	Mittaus- tulos	Vaihteluväli tarkastelujaksolla			Pysyykö säätö- arvossa (kyllä/ei) *)
		min.arvo	maks.arvo	aika	
PUOLILÄMMIN TILA					
Sisäolosuhteet					
Sisälämpötila [°C]					
Suhteellinen kosteus [%]					
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]					
Sisä- ja ulkoilman paine-ero [Pa]					
Ilmanvaihtokone					
Poistoilmavirta [m ³ /s]					
Poistoilman lämpötila [°C]					
Tuloilmavirta [m ³ /s]					
Tuloilman lämpötila [°C]					
Lämpötila kylmätterin jälkeen [°C]					
" lauhdelämpötterin jälkeen [°C]					
" kaukolämpötterin jälkeen [°C]					
Kiertoilman osuus [%]					
Ilmankuivain					
Ilmavirta [m ³ /s]					
Tiivistynyt vesivirta [l/h]					
Kuivatun ilman kosteuspitoisuus [g/m ³]					
LÄMMIN TILA					
Sisäolosuhteet					
Sisälämpötila [°C]					
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]					
Sisä- ja ulkoilman paine-ero [Pa]					

Ilmanvaihtokone					
Poistoilmavirta [m ³ /s]					
Lämmöntalteenoton hyötysuhde [%]					

*) Jätä kohta tyhjäksi, jos säätöarvo tai optimialue ei ole tiedossa.

Liite 8-2: Suoritusarvomittaukset 2/2

Jäärata:

- Jään pintalämpötila °C
- Jään lämpötilan laskunopeus, täysteholla °C/tunti
- Jään lämpötilan nousunopeus, ei jäähdystä °C/tunti

Kylmäkoneisto:

Jäähdytysteho, täysteho

- Liuoskierrosta mitattuna

- o Menoliuoksen lämpötila (T₁) °C
- o Paluuliuoksen lämpötila (T₂) °C
- o Kylmäliuoksen tilavuusvirta (virtaama) litraa/s
- o Suuntaa-antava arvio jäähdytystehosta kW
 - jäähdytysteho = $3,5 \cdot \text{virtaama} \cdot (T_2 - T_1)$
 -

Kylmäkerroin, Tapa 1, kompressorin höyrystymis- ja nesteytymislämpötilan mukaan:

- o Höyrystymislämpötila °C
- o Lauhtumislämpötila °C
- o Kylmäkerroin (manuaalin mukaan)
- o Kylmäkerroin oheisen kuvaajan mukaan

Kylmäkerroin, Tapa 2, Omatoiminen välillinen kylmäkertoimen mittaus:

- o Kylmäkerroin (manuaalin mukaan)

Kylmäkerroin, Tapa 3, Välillinen lämpökuorman tai jäähdytystehon mittaus lämpövirtalevy tai liuoskierto:

- o Jäähdytysteho/lämpökuorma kW
- o Jäähdytyskoneiston sähköteho kW
- o Jäähdytyskoneiston sähkötehoa aiheuttavat laitteet ovat:

- o Kylmäkerroin

Jatkuvatoimiset mittaukset (liite)

