

# Jäähallien jään laatu -tutkimus



**O**petus- ja kulttuuriministeriö, Suomen Jääkiekkoliitto ry, Suomen Taitoluisteluliitto ry, Suomen Kaukalopallo- ja Ringeteliitto ry ja Suomen Curlingliitto Ry

## Sisällysluettelo

- 1.0 Jäänlaadun nykytilanne lajiliittojen näkökulmasta
- 1.1 Jäähallien käyttäjät
- 2.0 Lajiliittojen vaatimukset ja laatuvaatimukset vaatimukset jäässä
- 3.0 Jään laatutekijät
- 3.1 Jään lämpötila
- 3.2 Veden laatu
- 3.3 Jään liukkaus
- 3.4 Jäädytysveden lämpötila
- 3.5 Jään vahvuus ja paksuus
- 3.6 Jään väri (kirkkaus)
- 3.7 Jään tasaisuus
- 3.8 Jään päästäminen
- 4.0 Jäähallin betonilaatta
- 4.1 Jäähallin betonilaatta luokat
- 4.2 Betonilaatan väri
- 4.3 Jäämainokset
- 4.4 Jäähallin ilmankosteus (RH) ja kastepiste
- 4.5 Ilmanvaihdon korvausilma ja ilmasuihkujen levittäytyminen tasaisesti jään pinnalle
- 5.0 *Jäähallien valaistus*
- 5.1 *Valaistuksen tehtävät*
- 5.2 *TV-kuvauksen lisävaatimukset*
- 6.0 Jäänhoito ja hoidon suunnittelu
- 7.0 Jään ja jäähoidon normitus
- 7.1 Jäänhoitoveden vaikutus energiankulutukseen
- 8.0 Yhteenveto

## ESIPUHE

Jään liukkaus on nykyfysiikan tutkijoillekin ratkaisematon ongelma. On kaksi teoriaa 1. kappaleen paineesta jään pintaan niin että jään pintaan syntyy vesikalvo ja toinen että kappaleen liikkeessa jäällä, kitkasta johtuen syntyy jään pintaan vesikalvo. Kumpikaan teoria ei ole vedenpitävä. Yksi teoria on että jään pinnan molekyylit ovat eriasemassa kun jään sisällä olevat molekyylit. Pinnan molekyylit voivat väreillä, sillä niiden yläpuolella ei ole jäätyneitä molekyylejä, jotka pitäisivät ne paikoillaan. Tämän teorian mukaa, jään liukkaus johtuu väreilevistä molekyyleistä, jotka käyttäytyvät nesteen tavoin. (professori Robert M. Rosenberg).

Tässä tutkimuksessa pyritään tutkimaan jäähallijään liukkautta kokeilemalla jään ympäristötekijöiden ominaisuuksia ja todeta niiden vaikutuksia jään liukkauteen.

Tutkimusraportti laadittiin Jääkiekkoliiton valiokunnan olosuhde- ja ympäristövaliokunnan puheenjohtaja Harry Bogomoloff' in johdolla. Sihteerinä toimi jäähalliasiamies Jukka Tenhunen. Työhön ovat osallistuneet:

Taitoluisteluliitto Lea Åman

Kaukalopallo- ja ringetteliitto Salla Mäkelä

Asiantuntijoina on käytetty: Timo Pirilä, Ari Penttilä, Ari Laitinen, Manu Varho, Jukka Tenhunen, Pekka Paavola, tekstin ovat asiantuntijat kirjoittaneet yhteistyössä.

Opetus ja kulttuuriministeriön valvojana on työssä ollut rakennusneuvos Erja Metsäranta

## JÄÄN LAADUN NYKYTILANNE LAJILIITTOJEN NÄKÖKULMASTA

### 1.0 Jäänlaadun nykytilanne lajiliittojen näkökulmasta

#### Jäänlaadun ongelmat

jään laadun ja hoitotason vaihtelu eri jäähalleissa ja kilpailu- ja harjoitustilanteissa

lohkeilu ja irtoaminen laatasta tai alustasta

pinnan sulaminen ja sohjoontuminen ja jäätyminen viivästyminen

jään tasaisuus eritoten curling harrastuksessa

jäämainosten näkyvyys ja niiden aiheuttamat jään lämpötilanvaihtelu ja sulaminen

jään lämpötilan vaihtelu eri kohdissa

### 1.1 Jäähallien käyttäjät

Jääkiekko, kilpailulisenssit 73 000 kpl

taitoluistelu, kilpailulisenssejä 10 000 kpl

ringette, kilpailulisenssejä 10 000 kpl

kaukalopallo, kilpailulisenssejä 1000 kpl

pikaluistelu, kilpailulisenssejä 1000 kpl

curling, kilpailulisenssejä 550 KPL

yleisöluistelu ja kuntoa edistävät harrastepelit harrastajia 250 000

### 2.0 Lajiliittojen vaatimukset ja laatuvaatimukset vaatimukset jäässä

Jää valmistetaan vedestä, tarkemmin ilmoitettuna vesiliuoksesta tasalaatuiseksi koko kentän alueelle. Jää tulee jäädyttää luonnollisella tai jäädytysmenetelmällä, jolla varmistetaan jään pinnan tasainen lämpötila ja tiheys.

Jääkiekko, taitoluistelu, kaukalopallo ja ringette sekä curling vaativat laadukasta, sitkeää ja liukasta jäätä.

Luistelun vaatimus korostuu eritoten jäänluistavuuden osalta. Hyvän jäähallijään jään valmistaminen edellyttää jään sisältävän mahdollisimman vähän ilmaa, suoloja ja epäpuhtauksia.

Jääkiekkoa täytyy pelata valkoisella jäällä, jota kutsutaan kentäksi. Kentän pelikunnon täytyy täyttää otteluun määrättyjen tuomareiden vaatimustaso. Lajien tekniset vaatimukset löytyvät lajiliittojen [www sivustoilta](#) ja kansainvälistenlajiliittojen sivuilta

### 3.0 Jään laatutekijät

#### 3.1 Jään lämpötila

Jään suositeltava lämpötila on jääkiekkoilussa  $-4,2^{\circ}\text{C}$  -  $-4,8^{\circ}\text{C}$  asteen välillä, mitattuna jään pinnasta. Lämpötilasuositus perustuu kiekon liukuun ja jään kestävyteen harjoitusten, sekä pelien aikana. Taitoluistelussa on noin  $-3^{\circ}\text{C}$  ja curlingjään suositus on myös yllä oleva jääkiekon suosituslämpötila. Muut jäälajien harrastajat noudattavat lähinnä jääkiekkoilun vaatimuksia. Jään pinnan lämpötilan tulee olla tasainen jokaisella alueella.

Jään lämpötila vaihtelee jään paksuuden, jäähdytyskertojen taajuuden, jäähdytyskerroilla käytettävän veden lämpötilan, hallin ilman lämpötilan ja -kosteuden vaikutuksesta. Jään lämpötilaa ohjaa myös erillisiä lämpösäteilyä käytettäviä laitteita, mm. valaisimia ohjaavat arvot.

Jään lämpötilaa ohjaavat arvot ovat: jään laatu, sekä energiatehokkuus.

#### 3.2 Veden laatu

Puhdas sadevesi on lähellä ihanteellista veden laatua jäähoidossa. Käytännössä jäähallien vesi toimitetaan jäähalleille jokaisen paikkakunnan vesilaitoksen toimesta. Vesilaitoksen toimintaa ohjaa normaalin käyttöveden arvot. Vesi on huoneenlämmössä nesteinä esiintyvä vedyn ja hapen muodostama kemiallinen yhdiste. Vesi on puhtaana hajutonta, mautonta ja läpinäkyvää. Veteen liuenneet yhdisteet kuitenkin voivat muuttaa näitä ominaisuuksia. Vesi toimii maapallolla universaalina liuottimena ja veteen on lähes poikkeuksetta aina liuenneena jotain yhdisteitä.

Veden laatutekijöiden vaikutus. Yleisesti ottaen Suomen vesilaitosten jakama vesi on laadultaan korkeatasoista. Vedet sisältävät melko vähän kalsiumia ja niiden kovuus on alhainen. Jos veden pH säädetään kalkilla, voi kovuus nousta tasolle keskikova. Rauta ja mangaani ovat yleensä alhaisia vedenottamoilta lähtevässä vedessä, mutta joissain verkostoissa vedenoton vaihtelut saattavat irrottaa verkoston putkien seiniin kerääntynyttä rauta tai mangaanisakkaa kulutuspisteisiin. Kloridia on joissain tapauksissa luontaista enemmän, esimerkiksi rannikkoseuduilla tai tiesuolauksen takia valtateiden lähellä olevissa vedenottamoissa.

Veden laatu on merkittävä tekijä onnistuneessa jäähoidossa. Suomessa jäähallien vedenlaatua on tutkittu vain satunnaisesti eri projektien yhteydessä.

Vedessä olevat epäpuhtaudet ja ainesosat käyttäytyvät eri tavalla veden faasimuutoksissa. Kalsium, Magnesium, Rauta, Mangaani ja muut epäpuhtaudet pyrkivät nousemaan veden faasimuutoksessa, nestemäisestä kiinteään, jään pinnalle. Tämä vaikutus heikentää selkeästi jään laatua. Suomalaisessa jäähoidossa tulee kiinnittää erityistä huomiota myös tähän kohtaan vedenlaadun kriteereissä.

### 3.3 Jään liukkaus

Jään liukkauden mittaamiseen ei ole aikaisemmin ollut erillistä mittalaitetta. Liukkauden määritelmä on perustunut jään käyttäjien subjektiiviseen tuntemiseen, onko jää liukas vai ei. Tunne on määritellyt voimakkaasti saatuja palautteita ja osan vaikuttimena on ollut jopa pettymys ottelun lopputulokseen.

Jään liukkaus on yksi merkittävimmistä tekijöistä joista jäähallin ylläpitohenkilökunta saa palautetta. Onkin perusteltua etsiä kaikki mahdolliset keinot, jotta on mahdollista saada mitattavia tuloksia jään pinnalta. Liukkauteen vaikuttaa kaikki edellä kuvatut asiat jään tekemisen osalta, sekä tekstin jatko-osassa olevien excel- taulukoiden mittarit veden- ja jäänlaadusta.

Jään liukkautta on Suomessa testattu toistaiseksi erillisellä vetolaitteella, johon on kiinnitetty jääkiekkoluistimen teriä kaksi kappaletta. Tämän vetolaitteen voimanlähteenä on sähkömoottori, joka erillistä ja säädeltyä voimaa käyttäen vetää vastalaitetta jään pinnalla.

Suomessa tehtyjen ensimmäisten mittausten osalta, huomattiin selkeitä eroja jäähallien välillä ja mikä mielenkiintoista – huomattiin eroja myös kaukalon sisällä. Jään liuku voi vaihdella yhden jääkiekkokaukalon osa-alueiden välillä. Esimerkiksi Nokian jäähallilla tehtyjen testien perusteella huomattiin, että jäänliuku on erilainen maaliviivan ja siniviivan välillä verrattaessa siniviivan ja punaviivan väliin. Erot eivät olleet kyseisessä tapauksessa isoja, mutta kuitenkin havaittavissa. Jään olosuhteet olivat kuitenkin lähes stabiilit, kun mitattiin jään suoruutta ja lämpötiloja jään pinnalta. Samoin kyseisen jään kunnostuksen on hoitanut yksi jäänhoitokone, yhdellä hoitokerralla.

Liukua voidaan mitata jatkossa myös käyttämällä jääkiekkoa, painoltaan väliltä 156–170 g. Tähän kehitettävä testilaitte on myös sähkömoottorilla toimiva ja pystyy antamaan mitattavia arvoja kiekon liukumisen osalta.

Tärkeintä on kuitenkin todeta, että jään liukuominaisuuksiin vaikuttaa selkeästi kaikki tutkimuksessa mainitut arvot. Siksi onkin perusteltua huolehtia kokonaisuuksista, jotta voidaan saavuttaa optimaaliset olosuhteet myös liukumisen osalta.

Jään liukkautta mitattaessa ovat mittaukset syytä tehdä kahteen suuntaan ja käyttää tuloksena mittausten keskiarvoa, näin poistuu jään kaltevuuden vaikutus.

## Nokian jäähalli

Mittauslinja	Jään pinnan vaihtelu mm	Jään kovuus normaali	Jään lämpötila	Ilman lämpötila 1 m	Kosteus %	Due point
	mm	70 -100	Celsius	kork.jäästä		
Rigette linja	-4	43	-5,4	3,5	51,3	5,2
Siniviiva	-6	63	-5,4	3,5	51,3	
Punaviiva	-6	81	-6,1	3,5	51,3	
Siniviiva	0	69	-6,1	3,5	51,3	
Ringetteviiva	-8	67	-6,1	3,5	51,3	
Maalilinja	-22	64	-6	3,5	51,3	
keskiarvo		64,5	-5,85			

Liukkauden mittaus robotilla			Jään kovuus
	<b>Vetokoe</b>		<b>lastun leveys</b>
	ensimmäinen	toinen	mm
Robotti 50 kg	43	59	71
Robotti 50 kg	79	65	60
Robotti 50 kg	49	54	68

## Sastamalan jäähalli

Mittauslinja	Jään pinnan vaihtelu mm	Jään kovuus normaali	Jään lämpötila	Ilman lämpötila 1 m	Kosteus %	Due point
		70 -100	celsius	kork. Jäästä		
Ringette linja		52	-6	1,9	40	-10,7
Siniviiva		45	-6,1	1,9	40	
Punaviiva		68	-6,2	1,9	40	
Siniviiva		56	-6,4	1,9	40	
Ringette linja		65	-6,3	1,9	40	
Maalilinja		68	-6,3	1,9	40	
keskiarvo		59	-6,22			

Liukkauden mittaus robotilla		Jään kovuus	
	Vetokoe		lastun leveys
	ensimmäinen	toinen	mm
Robotti 50 kg	45	46	60
Robotti 50 kg	66	68	60
Robotti 50 kg	63	68	60

Tri. Lasse Makkonen. Pisara leviää kiinteän aineen pinnalle täydellisesti vain

jos, kyseisellä materiaalilla esiintyy pintasulamista.

Jään pinnan nestemäinen kalvo on liukkauden perusta. tohtori Lasse Makkosen tutkimuksissa on todettu, ettei nestemäistä kalvoa voi olla alle -13 asteen lämpötiloissa.

Myös aineen nestemäisen ja kiinteän olomuodon välisellä rajapinnalla on pintaenergia. Jos tämän pintaenergian ja nesteen oman pintaenergian summa on pienempi kuin kiinteän aineen pintaenergia, systeemi etsii pienimmän vapaan energian ja pinnalle muodostuu nestekalvo. Veden laadulla, sen puhtaudella ja epäpuhtauksilla on suuri merkitys jäädytystapahtumassa. Liukas jää on mahdollista - 0 -13 asteen välillä.

### 3.4 Jäädytysveden lämpötila

Jäädytysveden lämpötilan suositus on min. 40°C tai enemmän. Tarkoituksena on pyrkiä niin kuumaan jäädytysveteen kuin mahdollista. Tutkimuksissa on todettu, että lämmin vesi sisältää merkittävästi vähemmän ilmaa kuin kylmä jäädytysvesi. Veden lämpötila vaikuttaa seuraaviin tekijöihin:

Mikäli vesi pystytään lämmittämään noin +40°C asteeseen, kaikki edellä mainitut tekijät ovat hyvällä tasolla, mikä edesauttaa tasaisen ja kovan jään syntymisessä.

#### Veden viskositeetti

Veden viskositeetti vähenee lämpötilan kasvaessa logaritmisen funktion mukaisesti. Veden alhaisempi viskositeetti edesauttaa veden liikkumista jään pinnalla, jolloin vesi tasaantuu nopeammin. Veden lämpötilan ollessa lähellä +40°C astetta suurin osa lämmityksestä saatavista eduista on saavutettu.

#### Happipitoisuus (ilmapitoisuus)

Lämmin vesi vapauttaa happeansa. Vesi, joka on lämmitetty noin +40°C asteeseen sisältää puolet siitä happimäärästä, jonka 0-asteinen vesi sisältää. Vähäinen ilmapitoisuus jässä tekee jästä tiheämpää ja lämmönjohtavampaa, mikä säästää jäädytyskustannuksissa. Kokemus osoittaa myös, että näin saadaan kovempi jää siitä huolimatta, että osa hapesta palautuu veteen sen jäähtyessä.

Veden happipitoisuus on alhainen kuumassa vedessä, joka johtaa parempaan ja kovempaan jäähän.

### Pintajännitys

Lämpimän veden alhainen pintajännitys yhdistettynä lämpimän veden alhaiseen viskositeettiin mahdollistaa veden nopean asettumisen jään pinnalle.

### 3.5 Jään vahvuus ja paksuus

Jäähallien jään paksuuden optimaalisena arvona on pidetty jääkiekossa 25-30mm. Kyseisen mittauksen mittarina on käytetty energiatehokkuutta, sekä jään laatua. Taitoluistelun vaatimuksena olisi 35-40mm jään paksuus. Mikäli jää on paksumpaa kuin optimaalisena keskiarvona pidetty 25-30mm, tulee energiankulutuksen kulujen osalta merkittäviä taloudellisia kustannuksia jäähallien omistajille. Paksu jää myös haittaa mainosten ja rajamerkkintöjen näkyvyyttä. Jään paksuuden osalta tulee kuitenkin pyrkiä ajattelussaan huomata myös jään alla olevan materiaalin suoruus. Esimerkiksi Suomessa ei yhtään täysin suoraa alustaa, jolle jää rakennetaan. Alla olevan alustan heitto voi vaihdella 10-55mm, joka vaikuttaa merkittävästi jäänpaksuuden mittaustuloksiin. Onkin suositeltavaa, että jäänpaksuuden määrittelyssä siirrytään mittaamaan jään ohuinta kohtaa ja sen toimiessa ohjaavana tekijänä, mitataan seuraavaksi jään suoruutta. Optimaalisena arvona on pidettävä jään ohuin kohta 25mm ja suoruuden heiton max. 10mm. Näin jään paksuus voi olla joissain kohtaa jopa 60mm, mutta jää on tasaisen suora, eikä vaikuta peliin negatiivisesti.

Jään vahvuutta voidaan pienentää huomattavasti betonilaatan suoruutta tarkastelemalla sen valmistuksen aikana ja vaatia sen valmistajalta normiston A0 luokan tasaisuutta.

### 3.6 Jään väri (kirkkaus)

Jään väristä ja kirkkaudesta puhuttaessa on tarpeen puhua myös veden väristä. Kirkkaus vaikuttaa kentän rajamerkkintöjen ja mainosten näkyvyyteen, sekä kentän yleisilmeeseen. Jään kirkkauteen vaikuttaa jäähdytysveden laatu ja siinä esiintyvät epäpuhtaudet. Veden epäpuhtaudet nousevat, faasimuutoksessa kiinteäksi, jään pintaan. Tämä vaikuttaa myös jään liukkauteen, kovuuteen ja pelattavuuteen. Mekaanisena toimenpiteenä on normaalisti jäänhoito ja höyläys, kun haluamme saada kirkkaamman jään pinnan.

### 3.7 Jään tasaisuus

#### **Jään paksuus kulumiseen, ajateltavaa! Miten paksu jää tarvitaan?**

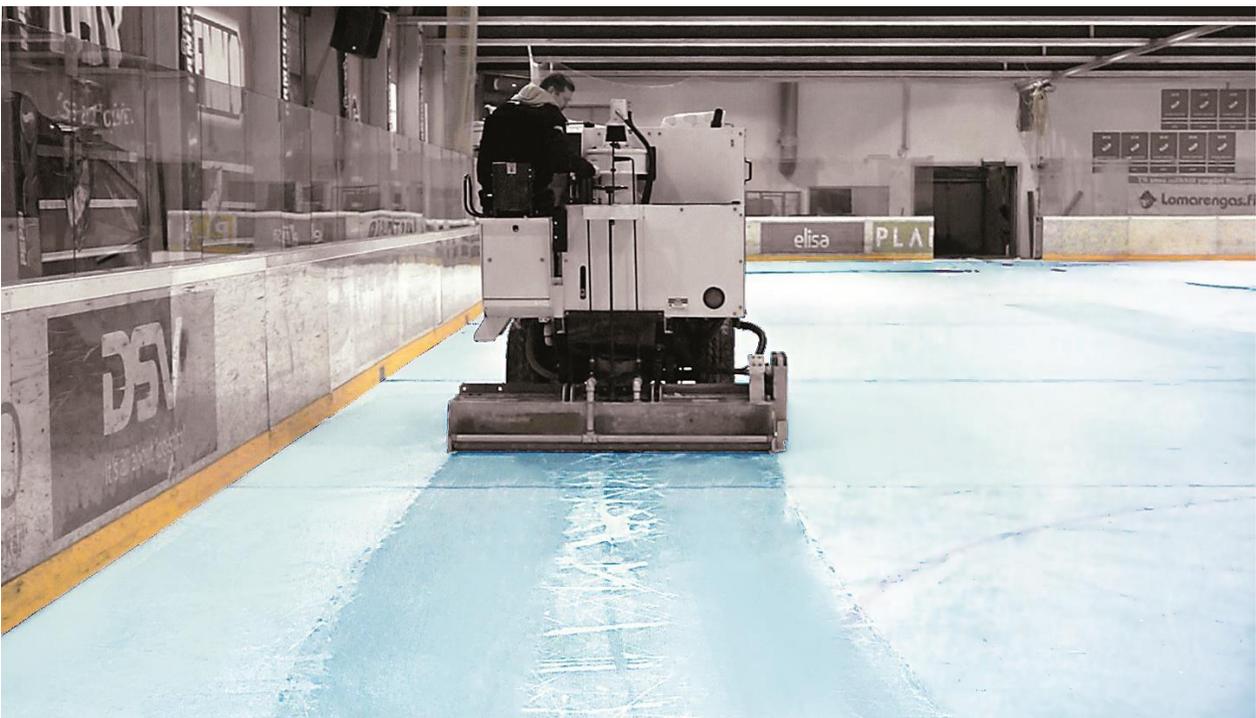
Jos erittäin luminen kenttä (60m\*30m) höylätään ainoastaan lumesta puhtaaksi, tulee jäänhoitokoneen lumisäiliöön noin yksi säiliöllinen vajaa 4 kuutiometriä lunta. Tällä erittäin lumisella kentällä on lumen keskiarvo paksuus 2mm. Näin lumisella kentällä, esimerkiksi jääkiekon pelaaminen on mahdotonta. Neljän kuutiometrin tuottamiseen lunta, tarvitaan jäätä noin yksi kuutiometriä. Tämä luku tarkoittaa 0,6mm jäänpaksuutta, koko kentän pinta-alalla. Käytännössä jäänhoitoajon yhteydessä, lunta on jäällä alle yhden millin paksuus.

**Jään suoruuden merkitys jään laatuun.**

Jäänhoitoajon yhteydessä höylätään jäätä 0,2- 0,4millin kerros pois vanhaa jäätä. Tämä vanhan jään poisto, on laadukkaan jään saamiseksi, ehdoton edellytys. Jotta tämä vanhan jäänpinnan poisto onnistuu koko jäänhoitokoneen terän leveydeltä, on jään oltava suora. Jo puolen millin heitto jään suoruudessa jäänhoitokoneen työleveyden matkalla, aiheuttaa jäänhoitokoneeseen toiminta häiriön.

**Jäänhoitokoneen terän reuna-alueet kykenevät ainoastaan leikkaamaan jäätä, kuvan mukaisesti. Haitalliset epäpuhtaudet jäävät koneen keskiosan kohdalle. Vesi levitetään lumiselle, puhdistamattomalle jäälle.**

**Keskikentällä, suorassa jäänosassa, terä on leikannut koko terän leveydeltä.**



Kun jäädytysvesi jäätyy, suotautuvat vanhassa jäänpinnassa ja jäädytysvedessä olleet epäpuhtaudet jään pintaan. Tämä on käytännössä helppo havaita uuden jään pinnan tahmaisuutena. Jos uuteen jäähän tehdään pelkkä höyläys terävällä terällä, niin pääsääntöisesti jäältä tulee silloin liukkaampi, koska höyläys poistaa jäänpintaan suotautuneet epäpuhtaudet. Asiaa voi korvata käyttämällä jäädytyksessä kylmää vettä, kuten curlingissa tehdään. Tällöin jäältä muodostuu luistinkäyttöön kuitenkin haurasta, helposti hilseilevää jäätä ja haurasta jäätä.

Toimenpiteet jään tasaisuuden ja liukkauden edistämiseksi

- Jää suoristettiin, jonka ansiosta jäänhoitokoneen terä saatiin leikkaamaan koko terän leveydeltä ja poistamaan jänpinnalta epäpuhtaudet. Monta ajoa viikossa, pesee ikään kuin jään puhtaaksi epäpuhtauksista.
- Jäänhoitokoneen terän teroitus, jonka jälkeen terä oli partaveitsen terävä ja höyläysjälki kiiltävä. Ilman käsihiontaa, jää jäi harmaaksi, koska tylsä terä mursi osittain jänpintaa.
- Jäähoitoajon yhteydessä käytettiin kuumaa vettä, jota oli myös käytetty aiemmin kyseisen hallin jänhoidossa.

Aivan vastaavanlaisia tapauksia on lukuisia ympäri maailman. Jään muuttaminen laadukkaammaksi kentän suoristamisen jälkeen. Se herättää keskustelua jään suoruuden vaikutuksesta jäänhoitokoneen toimintaan ja sitä kautta laadukkaan jään tekemiseen.



**Uudenkaupungin Jäähallin vedenlaadun vaikutuksen kokeilu jään ominaisuuksiin kaudella 2015/2016.** Aluksi kenttään jaettiin kuuteen eri osaan ja niille kaikille valmistettiin erilaisien vesien avulla jää. Jäädtyys veden lämpötila, pidettiin kaikilla samassa. Käytön aikana vanhaa jäätä höylättiin jäänhoitokoneella ja uusi jäädtyysvesi levitettiin käsin. Koe aika oli kaksi viikkoa, ennen hallin virallista avaamista normaaliin käyttökauteen.

1. Normaali vesi, Uudenkaupungin kaupungin talousvesi, veden johtokyky 330 mikrosimenssiä, tavoitearvo alle 100 mikrosimenssiä.
2. Normaali vesi, vesi molekyyli ”pilkottuna hienoksi sumuksi”, jolloin vedestä pitäisi poistua ilma ja suolojen hajota veden joukkoon pieniksi partikkeleiksi.
3. Normaali vesi ja veden pehmennin käsittely
4. Käänteisosmoosi vesi, alipaineinen veden käsittely ja veden johtokyky 30 mikrosimenssiä
5. Käänteisosmoosi vesi, alipaineinen veden käsittely ja veden johtokyky 50 mikrosimenssiä
6. Käänteisosmoosi vesi, alipaineinen veden käsittely ja veden johtokyky 100 mikrosimenssiä

Jäät olivat sattumanvaraisessa järjestyksessä, sijoittuen eri kenttä viivojen väliin. Jään laadun arvioinnissa käytettiin eri tason jään käyttäjiä. Arvioitsijoina oli KHL: n pelaajista, paikallisiin kuntoilijoihin. Kaikilta saatu palaute oli yhtenevä ja sama. Arvioinnin tulokset on esitetty seuraavasti, huonoimmasta parempaan. Kaikkiin käänteisosmoosi vesiin tehtiin myös veden alipaine käsittely, veden sisältämän ilman poistamiseksi.

1. Normaali vesi
2. Normaali vesi ja vesi molekyylien pilkkominen. Oli noin 20 % parempi, normaali veteen nähden.
3. Normaali vesi ja veden pehmennin käsittely. Oli noin 60% parempi, normaali veteen nähden.
4. Käänteisosmoosi vesi, johtokyky 30 mikrosimenssiä. Oli noin 65% parempi, normaali veteen nähden. Jää oli erittäin kirkasta ja kovaa, aivan kuin olisi kristallilla luistellut. Haittana kristallin sitkeyden puute. Jää lohkeili voimakkaasti, kun sitä kuormitti luistimella pistokuormamaisesti.
5. Käänteisosmoosi vesi, johtokyky 100 mikrosimenssiä. 70% parempi, normaali veteen nähden. Jään pinnassa kuitenkin hieman tahmaisuutta.
6. Käänteisosmoosi vesi, johtokyky 50 mikrosimenssiä. 85 % parempi, normaali veteen nähden. Jäähän kuitenkin kaivattiin hieman lisää sitkeyttä.

Koetta jatkettiin siten, että kaikki jäät poistettiin. Tilalle tehtiin koko kentän alueelle uusi jää. Jää valmistettiin käänteisosmoosi vedellä ja kauden aikana veden johtokykyä vaihdeltiin 65-85 mikrosimenssin välillä, päättyen 77 mikrosimenssiin. Samalla arvolla on valmistettu myös uusi jää kaudelle 2016/2017. kaudella 2017/2018 jäädytysvesi valmistetaan vedenpehmentimellä. (kuva pirilä)

### **Jään hoitoon käytetyn veden ja jäähän annettavat minimi arvot.**

Jäädytys vesi oli jäänhoitokoneen toiminnan aikana jäällä mitattuna:

- Johtokyky alle 125 mikrosimenssiä.
- Jäädytys veden lämpötila vähintään 40 astetta.
- Jään suoruus toleranssi keskiarvona alle 5mm ja suurin yksittäinen heitto 8mm. Vaikuttaa myös suoraan jäänhoidossa käytettävän veden määrään. Vain 8 mm heitto jäässä, lisää vedenkulutusta jopa 20 % tästä seurauksena energiakulutus.

- Jään paksuus jääkiekossa 20-25mm, betoni yms. korkeimmasta kohdasta mitattuna. Sitä vastoin se hidastaa jään jäätymistä sitä enemmän, mitä suurempi on jäähän kohdistuva ulkoinen lämpökuorma.
- Jään päästäminen, kahdesti kauden aikana. Jään päästäminen: Jään lämpötila nostetaan + asteeseen, jolloin jään sisällä olevat ilmat pääsevät poistumaan. Samalla jään sitkeys paranee.
- Jäänhoitokoneen terän terävyys.

### 3.8 Jään päästäminen

Jään päästämisellä pyritään kopioimaan luonnon elementtejä ulko-olosuhteissa. Ulkoluistelualueet, sekä järvenjäät sitkistävät, kun luonnolliset olosuhteet sitkistävät jäät. Jäähalleissa jään päästäminen tarkoittaa kylmätekniikan hallinnan osaamista. Aloitettaessa kautta jäähallin jäälle lasketaan kerroksittain vettä, joka faasi-ilmionä muuttuu jääksi. Kun tapahtumaa on toistettu riittävän usein, on saatu optimaalinen jään paksuus kauden aloittamiseksi. Vedessä olevat epäpuhtaudet ja kaasut ovat jääneet jääkerroksiin. Kun kompressorit asetetaan menoliuoksen pyyntien osalta noin kahdeksaksi tunniksi +°C -asteille, esim. klo 22:00 asetetaan menoliuoksen pyynti +2°C asteeseen. Klo 07:00 muutetaan menoliuoksen pyynti vaiheittain miinusasteille, esim. n. -3°C asteeseen ja klo 14:00 n. -7°C asteeseen. Tämä toimenpide laittaa jään hikoilemaan pinnastaan ja pyrkimään vapauttamaan kerroksissa olevia kaasuja ylöspäin. Samoin vedessä olevat epäpuhtaudet pyrkivät suuntaamaan ylöspäin, kohti jäänpintaa. Tässä toimenpiteessä jää sitkistyy koko jäänpaksuuden osalta ja nostaa epäpuhtaudet jään pinnalle. Tämän jälkeen on toimenpiteenä jäänhoitokoneen terävällä terällä pyrkiä poistamaan epäpuhtas kerros jäänpinnasta, näin kirkastaen ja puhdistaen jään.

Jään päästämistä voi kokeilla useamman kerran kauden aikana. Kun jää on päästetty, muuttuu se sitkeäksi ja kestää paremmin kulutusta. Samoin lumihileen määrä pienenee harjoitusten ja pelien aikana, kun osa epäpuhtaudesta on aikaisemmin poistettu pinnasta.

### 4.0 Jäähallin betonilaatta

Betonilaatta on jäähoidon kannalta suositeltava elementti. Laatan laatutaso vaikuttaa monella tavalla jäänhoitoon ja jään laatuun. merkittävin tekijä on laatan tasaisuus, vaikuttaa energiakustannusten kautta hallin taloudellisuuteen. Laatan väri ja käytetty valkaisutapa vaikuttaa mm jään kirkkauteen.

Betonilattia jäähalliin on betonilattia luokituksen mukaan A-luokan lattia. Suomen Betonilattianormeista löytyy A-luokan lattian laatuvaatimukset ja myös mittaustapa, miten poikkeamat mitataan. Tavoite pitää olla A0-luokan lattia, joka vaatimustasoltaan on vaikea toteuttaa, siksi mini vaatimukseksi on asetettu A-luokan lattia. Jäähallin lattian ohje löytyy Jääkiekkoliiton sivuilta Jäähallit.

### 4.1 Jäähallin betonilaatta luokat

- 0            Betonilattia jäähalliin on betonilattia luokituksen mukaan A-luokan lattia.  
Betonilattianormeista löytyy A-luokan lattian laatuvaatimukset ja myös mittaustapa,

miten poikkeamat mitataan. Urakkasopimuksessa täytyy olla maininta **A-luokan** lattiasta.  
**Tavoite pitää olla mahdollisimman tasainen A0- luokan lattia.**

- 1 Tasattu, salaojitettu murskepohja, (voi olla vanha kenttä joka ei ole routinut) tähän kerrokseen sijoitetaan roudansulatusputkisto läpimitta 25 mm, noin 30 - 40 cm syvyyteen, keskeltä keskelle noin 50 cm ja lenkit niin että vierekkäiset putket eivät ole vierekkäin
- 2 Lämpöeritetty 100 mm routalevy tai vastaava, joka tehdään kahdessa 50 mm kerroksena, levytys niin, että saumat eivät ole päällekkäin
- 3 Betonilaatta 120 mm, K35-2, pinta hierretään ja maalataan vuosi käytön jälkeen tai valkaistaan jäädytyksen yhteydessä. Mikäli kysymyksessä on monitoimihalli, jonka areenalla käytetään suuria pistekuormia, tulee laatan raudoitus ja vahvuus mitoittaa.

Betonin suojaetäisyys 30 mm, betoni laatta pieniin kilpailuhalleihin, monitoimihalleissa täytyy tarkastella hallin monikäytön vaatimat pistekuormat.

		mm
Taso 0	pinta	0
	betonia, suojaetäisyys	-30
taso	raudoitus 8 mm(6mm)/200 mm ruutuun	-30 - 38
taso	putket 25 mm (yleinen paksuus)	-38 - 63
taso	raudoitus. 8mm(6mm) 200mm ruutuun	-63 - 71
taso	betoni	-71 – 120
	kantavuuden lisääminen, raudoitus 8 mm ja lisätään betonin paksuutta esimerkiksi 20 cm.	

Kylmäliuosputkina käytetään PEH putkea mutta myös terästä tai kuparia käytetään.

- 4 Teräsverkon tehdasvalmisteista verkosta tulisi ottaa reunimmainen lanka pois, ettei eron yhtymiskohdassa tule kaksinkertaista kohtaa missä suojaetäisyys vähenisi pintaverkossa.
- 5 Kuivumisaika ennen jäädytystä on noin 1 kk.
6. Roudan sulatusputkistoon lämmittämiseen käytetään yleisesti jäädytyskoneista saatavaa lauhdelämpöä.

7. Jään sulatusta varten sulamisveden kouru betonilaatan reunaan, joka viemäroidään hulevesijärjestelmään.
8. Laitarakenne kiinnitetään betonilaattaan betoniin asennettujen kiinnikkeiden avulla. Monitoimihalleissa suositellaan käyttämään laitarakenteessa jääpatoa ja pikakiinnitystä.

#### 4.2 Betonilaatan väri

Suomessa suurin osa jäänalla olevasta alustarakenteesta on tehty betonista. Betonilaatta on maalattu valmiiksi valkoiseksi. Maali on yleisnimi monenlaisille pintakäsittelyaineille, joita käytetään muuttamaan esineiden pinnan väriä ja suojaamaan sitä. Maali on usein levitettäessä nestemäistä, ja kovettuessaan se muodostaa suojaavan, kiinteän kerroksen. Sideaine sitoo maalin yhtenäiseksi kalvoksi, pitää maalin kiinni maalattavassa pinnassa ja suojaaa pintaa. Valitettavasti lähes kaikki maalit ovat pinnaltaan hydrofobisia. Hydrofobinen pinta on varaukseton, joten vesimolekyylillä ei ole mahdollisuutta tarttua pintaan. Tässäkin tapauksessa maali tekee sen mihin se on valmistettu, eli suojaamaan rakenteita kosteudelta. Valitettavasti vain jäähallissa tämä toiminta ei ole hyvä. Pinnan tulee olla hydrofiilinen, jotta vesimolekyyli tarttuu pintaan. Tämä tarkoittaa sitä, että asennettu betonipinta jätetään maalaamatta tai olemassa oleva maalattu pinta hiotaan rikki.

Hyvän laadun ylläpitämiseksi onkin suositeltavaa itsessään jäänmaalaamista siihen valmistetuilla maaleilla. Alustan ollessa valmiiksi hydrofiilinen, tarttuu vesimolekyyli siihen paremmin ja edesauttaa jään rakenteen parempaa kiinnittymistä. Betonilaatan päällä olevan jään maalaaminen on suositeltavaa maalata esim. titaanidioksidimaaleilla. Kyseinen maalin ainesosa vaikuttaa maalin leviämiseen, heijastavuuteen ja värin tasaisuuteen erinomaisesti. Maalattun valkoisen jäänpäälle voidaan asentaa jääturheilulajien rajamerkinnot maalaamalla tai asentamalla siihen erikseen valmistetut rajamerkinnot nauhat. 3.8 Jäämainokset

Yleisesti jäämainokset on tehty joko maalaamalla tai sitten käyttämällä siihen erikseen tehtyjä materiaaleja. Materiaalit ovat kangas ja paperi. Materiaalia valittaessa on huomioitava sen sopivuus käyttöön jään kanssa. Samoin materiaalia valittaessa on kiinnitettävä huomiota sen elinkaareen. Halutaanko yhden kauden mainos vai useammalle kaudelle sama mainos. PVC:n käyttöä tulee välttää.

Käytettävät materiaalit:

Jäämainoksiin käytetty materiaali Nonvowen 80g/m<sup>2</sup> (kuitupaperi). Tulostusleveys max. 1500 mm, pituus rullasta. Tulostus vesiliukoisilla väreillä käyttäen latex –tulostimia, värin kiinnitys kuumuuden avulla - > ei värin irtoamista asennuksen yhteydessä. Heti asennusvalmis. Helppo ja nopea asentaa pikaisen jäätyamisen johdosta, ei laajene kastuessaan. Höylättävissä jääkoneella pois. Ei kestä jäädyttyään irti vetoa sulattamatta. Energijäte

Lippuneulos 117g/m<sup>2</sup> (polyesterkangas): Tulostusleveys max. 2500 mm, pituus rullasta. Tulostus vesiliukoisilla sublimaatiöväreillä ja -tulostimilla, värin kiinnitys kuumuuden avulla - > ei värin irtoamista asennuksen yhteydessä. Esikäsiteltävä pesemällä ennen asennusta (pikapesu pelkällä vedellä + huuhtelu) -glukoosia sisältävä kuljetinaine muodostaa pintaan öljymäisen kalvon. Helppo ja nopea asentaa pikaisen jäätyamisen johdosta. Kestää jonkin verran irtivetoa, mainoksen poisto sulattamalla. Varastoitavissa ja uudelleenkäytettävissä.

### 4.3 Jäämainokset

Yleisesti jäämainokset on tehty joko maalaamalla tai sitten käyttämällä siihen erikseen tehtyjä materiaaleja. Materiaalit ovat kangas ja paperi. Materiaalia valittaessa on huomioitava sen sopivuus käyttöön jään kanssa. Samoin materiaalia valittaessa on kiinnitettävä huomiota sen elinkaareen. Halutaanko yhden kauden mainos vai useammalle kaudelle sama mainos. PVC:n käyttöä tulee välttää.

#### Käytettävät materiaalit:

Jäämainoksiin käytetty materiaali Nonvowen 80g/m<sup>2</sup> (kuitupaperi). Tulostusleveys max. 1500 mm, pituus rullasta. Tulostus vesiliukoisilla väreillä käyttäen latex –tulostimia, värin kiinnitys kuumuuden avulla - > ei värin irtoamista asennuksen yhteydessä. Heti asennusvalmis. Helppo ja nopea asentaa pikaisen jäätyamisen johdosta, ei laajene kastuessaan. Höylättävissä jääkoneella pois. Ei kestä jäädyttyään irti vetoa sulattamatta Energiajäte

Lippuneulos 117g/m<sup>2</sup> (polyesterkangas): Tulostusleveys max. 2500 mm, pituus rullasta. Tulostus vesiliukoisilla sublimaatiöväreillä ja -tulostimilla, värin kiinnitys kuumuuden avulla - > ei värin irtoamista asennuksen yhteydessä. Esikäsiteltävä pesemällä ennen asennusta (pikapesu pelkällä vedellä + huuhtelu) -glukoosia sisältävä kuljetinaine muodostaa pintaan öljymäisen kalvon. Helppo ja nopea asentaa pikaisen jäätyamisen johdosta. Kestää jonkin verran irti vetoa, mainoksen poisto sulattamalla. Varastoitavissa ja uudelleenkäytettävissä.

### 4.4 Jäähallin ilmankosteus (RH) ja kastepiste

Toistaiseksi on jäähallin ilmankosteus suunniteltu vain kantavien rakenteiden osalta. Puurakenteet ja metallirakenteet eivät saa kärsiä jäähallin ilman liian suuresta kosteudesta. Suunnittelijoilta on unohtunut, että jää on merkittävä tekijä jäähallissa ja sen laadukkaaseen ylläpitoon vaikuttaa suuresti myös hallin ilmankosteus.

Ilmankosteuden merkitys korostuu laskettaessa kastepistettä jäänpinnalle, joka vaikuttaa jään liukkauteen. Ilmankosteuden mittaaminen jääalueella tulee tapahtua 1m korkeudella. Samoin samasta korkeudesta mitataan jäähallin ilmanlämpötila. Nämä kaksi parametriä auttaa mitattaessa kastepistettä. Jäähallin ilmankosteuden osalta kastepiste tulee olla 1-3°C asteen välillä. Samoin merkittävä tekijä on ilmassa olevan vedenmäärä. Ihanteellinen lukema on 4-5g/m<sup>3</sup>. Jääkiekkoliiton suositus ilman lämpötilasta 1m korkeudella jäästä on harjoitushalleissa +6°C ja kilpailuhalleissa +°C astetta.

Valittavasti mittaavien antureiden asentaminen kaukaloiden sisäpuolelle yhden metrin korkeudelle on mahdotonta. Siksi onkin jokaisen jäähallin järkevää investoida laadukkaisiin käsimittareihin oikeiden mittatulosten saamiseksi ja tätä kautta ilmanvaihdon- ja kosteuden hallitsemiseksi.

Hallin suhteellisen kosteuden tulee pysyä alle 70% alapuolella. Mikäli kosteus nousee tämän yläpuolelle alkaa puurakenteisissa halleissa kasvaa mikrobikasvustoa ja teräsrakenteisissa halleissa syntyä korroosiota. Kosteuden noustessa lähelle kastepistettä, vesi tiivistyy teräs- tai puurakenteisiin palkkeihin ja aiheuttaa veden tippumisen jäälle.

Halleihin tulee laadukkaan ilmanvaihdon ja kosteudenhallinnan osalta varustaa lämpötila- ja kosteusantureilla, sekä hallin sisäilman että ulkoilman osalta. Hallin henkilökunnan tulee myös osata laskea hallin kosteudenhallintaan liittyvät parametrit laadun varmistamiseksi. Ilmanvaihdon koneiden tulee hallita ohjata hallin sisäilmaa ja kosteutta myös ulkona olevien olosuhteiden mukaan.

#### 4.5 Ilmanvaihdon korvausilma ja ilmasuihkujen levittäytyminen tasaisesti jään pinnalle

Jäähallien ilmanvaihdon yleisenä periaatteena on että lämmin ilma virtaa ylöspäin ja kylmä ilma ajautuu alas. Ilman kulku hallissa kulkee luonnollisesti jäätä ylöspäin. Niinpä korvausilma puhalletaan jälle ja lämmin ilma katsomonpuolelle. Ilmavirtojen ohjauksella jälle on suuri vaikutus jääntasaisuuteen ja lämpötilojen vaihteluun jään esikohdissa. Jälle tulevan ilmavirtauksen tulee hajautua tasaiseksi ilmamassaksi ennen jään pintaa.

#### 5.0 Jäähallien valaistus

Jäähallin valaistus sisältää seuraavat valaistuksen osa-alueet:

- **Yleisvalaistus**, joka sisältää yleisten tilojen, katsomoalueiden, pukuhuoneiden, käytävien ja muiden pienten tilojen valaistuksen. Näiden tilojen valaistus tulee suunnitella standardin SFS-EN 12464-1 ”Sisätilojen työkohteiden valaistus” mukaan.
- **Ulkoaluevalaistus**, joka sisältää hallialueen ulkopuoliset tilat, joita ovat mm. kulkureitit, parkkialueet ja muut tekniset alueet hallin välittömässä läheisyydessä. Näiden alueiden valaistus tulee suunnitella standardin SFS-EN 12464-2 ”Ulkoalueiden työkohteiden valaistus” mukaan.
- **Turvavalaistus**, sijoittuu hallin sisäosiin ja pitää sisällään poistumis- ja varavalaistuksen. Turvavalaistus tulee suunnitella standardien SFS-EN 50171, SFS-EN 50172, SFS-EN 1838 ja SFS 6000-5-56 mukaan. Valaisimien tulee täyttää standardin SFS-EN 60598-2-22 vaatimukset.
- **Kenttäalueen valaistus**, joka sisältää jäähallin kenttäalueen valaistuksen tarvittavine varavalaistuksineen. Kenttäalue pitää sisällään laitojen rajaaman pelialueen sekä vaihto- ja rangaistusaitiot.
- **Tapahtumavalaistus**.

Kaikki edellä mainitut osa-alueet tulee ottaa huomioon jäähallien valaistusta suunnitellessa.

#### 5.1 Valaistuksen tehtävät

Jäähallien valaistuksen päätehtävänä on:

- riittävä toimintojen valaiseminen siten, että käyttäjät pystyvät suoriutumaan tarvittavista näkötehtävistä ja hahmottamaan tilan ja ympäristön sekä tarvittavat kokonaisuudet,
- riittävän näkömukavuuden takaaminen siten, että valaistus ei häiritse käyttäjää sekä
- turvallisuuden varmistaminen ja tunnelman synnyttäminen
- jään näyttäminen kirkaalta, puhtaalta ja laadukkaalta

Tärkeimmät näköympäristön määrittelevät sekä edellä mainittuihin päätehtäviin vaikuttavat tekijät ovat:

- luminanssijakauma,
- valaistusvoimakkuus,
- häikäisy,
- valon suuntaus,
- valon väri ja sen värintoisto-ominaisuudet sekä
- jään väri ja heijastuskerroin

*Väriämpötilat ja niitä vastaavat värivaikutelmat.*

Väriämpötila K	Värivaikutelma
< 3300	lämmin valkoinen
$3300 \leq T_{CP} \leq 5300$	valkoinen
> 5300	kylmä valkoinen

## 5.2 Valaistusluokat ja valaistusluokan valinta

Valaistusluokka valitaan jäähallityypin ja hallissa pelattavien otteluiden perusteella taulukosta.

*Erilaisten jäähallityyppien valaistusluokat.*

Jäähallityyppi	Pelattavat ottelut	Valaistusluokka
Suurhalli Kilpailuhalli	Jääkiekon pääsarja SM-Liiga	J1
Kilpailuhalli Pieni kilpailuhalli	Jääkiekon mestaruussarja Mestis, Nuorten SM-Liiga,	J2
Pieni kilpailuhalli	Suomi-sarja, II Divisioona ja alemmat jääkiekkosarjat, Nuorten Mestis	J3
Harjoitushalli Katettu tekojäärata	Harjoitukset	J4

J-luokat on tarkoitettu jäähallien kenttäalueiden eritasoisille tapahtumille. Valaistusteknilliset vaatimukset on laadittu huomioiden jäähalleissa tapahtuvan kuvaustoiminnan vaatimukset, ks. kohta 5.2. Taulukossa olevat

keskimääräiset valaistusvoimakkuusarvot ovat huoltoarvoja, joiden alle määrätyn alueen keskimääräiset valaistusvoimakkuudet eivät saa laskea ennen valaistuksen huoltoa.

*Valaistusteknilliset vaatimukset vaihto- ja rangaistusaitioille.*

Valaistus- luokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	$E_{hm}$ lx, min	$U_{ho}$ min
J1	1000	0,80
J2	750	0,70
J3	300	0,60
J4 harjoitus	150	0,40

### 5.2 TV-kuvauksen lisävaatimukset

TV-kuvauksen osalta olennaisin valaistusteknillinen vaatimus on pystytason valaistusvoimakkuus ja sen tasaisuus. Vaadittava valaistusvoimakkuustaso on riippuvainen kentällä tapahtuvan liikkeen nopeudesta, pelivälineen koosta, kuvausetäisyydestä sekä kuvauskulmasta.

Lisäksi jäähallien valaistusta suunnitellessa tulee huomiota kiinnittää erityisesti seuraaviin tekijöihin:

- valaistusvoimakkuuksien yleistasaisuudet,
- värintoistoindeksi,
- värilämpötila,
- häikäisy ja pääkameroiden kannalta kriittisten valaisimien huomioiminen (tarvittaessa sammutus tai häikäisysojien käyttö),
- välkyntä sekä
- valaistuksen syttymis- ja himmennysominaisuudet.

TV-kuvauksen lisävaatimukset on huomioitu taulukon valaistusteknillisissä vaatimuksissa, erityisesti valaistusluokan J1 tapauksessa. Taulukossa eri valaistusluokille on asetettu vaatimukset pystytason keskimääräiselle valaistusvoimakkuudelle, valaistusvoimakkuuksien yleistasaisuuksille, värintoistoindeksille sekä värilämpötilalle.

Taulukon vaatimukset pystytason keskimääräisille valaistusvoimakkuuksille ovat maksimikuvaus-etäisyydelle 25 m. Pääkameroiden kuvausetäisyyden ollessa suurempi, tulee pystytason keskimääräisen valaistusvoimakkuusvaatimuksen olla vastaavasti suurempi standardin SFS-EN 12193 mukaisesti.

J1 valaistusluokan halleille pystytason valaistusvoimakkuudet tulee laskea kaikille neljälle päätason suunnalle pääkameroiden sijainneista sekä hallien monitoiminnallisuudessa johtuen, ks. kohta 3.4.

Jääkiekossa monet toiminnot tapahtuvat laitojen välittömässä läheisyydessä. Tästä johtuen TV-kuvauksen kannalta on erittäin oleellista, että pystytason valaistusvoimakkuudet laitojen vieressä täyttävät taulukon vaatimukset ja että laidat eivät aiheuta varjoja jäälle.

Euroopassa TV-kameroiden taajuus on yleensä 50 Hz (25 kuvaa sekunnissa). Suurnopeuskameroiden käyttö TV-kuvauksessa on kuitenkin yleistymässä ja niiden osalta valon taajuudella ja välkynnällä voi olla suuri merkitys kuvauksen laatuun. Välkynnän ehkäisemiseksi valaistuksen ohjaus valaistusluokasta J1 valaistusluokasta J2:een on suositeltavaa toteuttaa valaisimien osasammutuksella, ei himmennyksellä. Himmennystä voidaan käyttää, jos voidaan taata, että valaisimet eivät aiheuta TV-kuvausta haittaavaa välkyntää himmennettynä. Välkyntää voidaan rajoittaa mm. liitäntälaittevalinnan avulla.

TV-kuvauksessa valaistuksen ohjauksen osalta olennaisinta on valonlähteiden syttymis- ja himmennysominaisuudet. On suositeltavaa käyttää valonlähteitä, jotka syttymisen jälkeen saavuttavat nopeasti täyden valovirran ja oikean värilämpötilan.

Jään suuri peiliheijastuvuus ja sen vaikutukset TV-kuvaukseen tulee huomioida valaisinsijoittelussa ja valonjakominaisuuksien valinnassa. Suuret luminanssit jään pinnalla aiheuttavat helposti ylivalottumista. Suunnittelijan tulee selvittää pääkameroiden paikat tilaajalta ennen suunnittelun aloittamista.

Jäähallien valomainoksien luminanssit tulee aina suhteuttaa kenttäalueen valaistusteknillisiin vaatimuksiin. Valomainokset ja informaatiotaulut eivät saa aiheuttaa TV-kuvausta haittaavaa välkyntää.

Valomainosten ja informaatiotaulujen moire-ilmiötä voidaan rajoittaa parantamalla mainosten ja taulujen resoluutiota.

## 6.0 Jäänhoito ja hoidon suunnittelu

Suomessa on jäänhoito kohtalaisen hyvällä tasolla. Taso kuitenkin vaihtelee halli- ja paikkakuntaakohtaisesti. Hoidon laadulle ei ole olemassa vielä yhtenäistä laadullista ohjeistusta, kuten esimerkiksi uimahalleilla on. Tämän oppaan tarkoituksena on saada tuotua laadullisia asioita avuksi jäähoidosta vastaaville henkilöille.

Jäänhoito on paljon muutakin kuin jäänhoitokoneella tapahtuva peruskunnostus harjoitusten tai pelin jälkeen. Jäähoidossa merkitsee oleellisesti jäähallissa olevat olosuhteet, rakenteet, henkilökunnan osaaminen, sekä käytettävissä olevat resurssit. Jäänhoito ja hoidon suunnittelut tulee tehdä riittävän ajoissa ennen kauden alkua ja prosessi kestää koko kauden ajan.

Jäänhoitoon vaikuttaa monta eri tekijää, joita on käsitelty aikaisemmin oppaan tekstissä, sekä täydennetään myöhemmin esitettävissä taulukoissa.

Alustan materiaali, -suoruus, -puhtaus. Kylmätekniiikan kapasiteetti, jäädytykseen käytettävän veden laatu, -lämpötila, -määrä, sekä jäädytykseen käytettävän ajan pituus. Jään paksuus, -suoruus ja lämpötila. Ilman lämpötila, -kosteus ja kastepiste. Jäänhoitokoneiden laatu, -sopivuus ja asetukset. Jäänhoitokoneen terän terävyys, -materiaali ja teräkulma. Henkilökunnan ammattitaito, -koulutus ja motivaatio. On monta tekijää jäänhoidon laadulle, kuin pelkkä jäänhoitokoneella jään huoltaminen.

Jäänhoidossa tulee pyrkiä energiatehokkaasti hoitamaan jää korkealuokkaisesti, säilyttäen laatuvaatimukset. Hoidon ja huollon vaatimukset vaihtelevat käytettävissä olevien resurssien mukaan. Jokainen jäänajo ei ole samanlainen, ja käyttäjien jäljiltä jää voi olla erittäin haastavassa kunnossa. Laadukas jäänhoitaminen vaatiikin suunnitelmallisuutta ja ennakointia.

Jäähallin työntekijän tulee tietää kaukalon sisällä tehtävän työn aikatauluresurssit. Kuinka monta kierrosta jäänhoitokoneella suoritetaan yhden huoltokerran aikana. Yksittäisen kierroksen ajankäyttö, sekä jäänhoidon kokonaisaika. Käytettävän ajokerran vaatima vesimäärä suhteessa poisotettavaan lumihileeseen. Vesimäärän vaatiman jäätymisajan jokaisen ajon jälkeen. Tarvittaessa jäänhoitokoneen teränsäätöjen asetuksen, mikäli samanaikaisesti säädellään veden käyttöä kaukalon päätyihin ajettaessa.

Hoidon suunnittelussa henkilökunnan tulee tunnistaa käyttäjäryhmien vaatimukset olosuhteille. Samoin mahdollisten kilpailutapahtumien ja turnausten vaatimat erityisolosuhteet tulee huomioida riittävästi suunnittelun tueksi. Jääkiekon eri ikäkausijoukkueet tekevät jääharjoittelussa haastavia olosuhteita kunnossapidon henkilöstölle. Samoin vaihdettaessa jääurheilulajeja päivien sisällä, on huomioitava käyttäjien asettamat erityisvaatimukset.

Suomessa on Euroopan paras koulutusmahdollisuus jäänhoidon henkilöstölle. Vastaavanlaista koulutusta on mahdollisuus saada USA:ssa ja Kanadassa. Henkilökunnan koulutus luo mahdollisuuden nostaa jokaisen jäähallin jäänhoidon laatutasoa vieläkin korkeammalle ja tämä mahdollisuus kannattaa jokaisen hyödyntää.

Jään laatu					mm							
Jäähalli	°C jää	°C ilma 1m	RH% 1m	dp / °C	jää min / cm	jää max / cm	jään ka. paksuus cm	jään suoruus mm	betonilaatan suuruuden ero	jään kovuus HL	jään hoitoveden °C	
Hollola	-5,7	5,3	65,3	-0,8	1,7	5,1	2,97	6,43	1,3 cm	104	39,9	
Joensuu	-3,5	8,9	48	1,6	2,7	7,4	4,8	11	4,1 cm	89	36	
Kangasala	-5,6	4,9	68,7	-0,2	2,4	7,3	4,56	16,07	2,7 cm	81	20	
Kouvola	-4,8	6,9	62,5	0,2	1,9	4,4	2,98	10,36	2,0 cm	68	34,7	
Kuusankoski	-7,7	0,6	68	-4,6	2,3	4,2	3,27	4,86	1,7 cm	77	52	
Lahti	-3,9	5,6	79	2,2	1,3	3,9	2,56	6,07	3,9 cm	92	34,4	
Nokia	-6,2	4,1	71,6	-0,5	1,4	5,9	3,68	6,64	2,6 cm	87	27,9	
Tampere Haka 2	-4,6	6,2	68,1	0,7	1,8	7,7	3,65	17,5	1,7 cm	90	30	
Tampere Sentteri	-6,2	4,1	71,5	-0,5	1,7	4,4	3,01	2,74	2,3 cm	75	34	
Valkeala	-6,8	1,3	66	-4,3	3	6,5	4,16	12,71	1,5 cm	57	30,2	
Varkaus	-7,2	4,1	61	-2,7	3,7	8,2	5,2	12,07	2,1 cm	101	35	
Ylöjärvi	-5	0,8	63,6	-5,4	4,5	7,8	5,65	13,93	5,3 cm	91	10	

Kuva 1. Jäänlaatu

Ylläolevan taulukon listauksesta huomaa hallien eroja, joka peilaa nykyistä tilannetta jossa ei ole olemassa selkeää kriteeristöä laadulle. Laatu itsessään on subjektiivinen käsite, mutta sille voidaan asettaa tiettyjä parametrejä. Listauksessa jään lämpötiloissa huomataan selkeitä eroja eri halleissa. Värinä vihreä on optimaalisin, vaaleanvihreä lähellä optimaalia, keltainen huolestuttava, punainen hälyttävä ja muissa taulukoissa oleva musta on jopa lohduton.

Jään lämpötilojen osalta on huolestuttavaa liian kylmien asetusten käyttäminen. Käytäntöjen mukaan jään optimaalisin lämpötila on  $-4,5^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) astetta. Mikäli jää on liian kylmää, se alkaa kuivumaan pinnasta ja haurastumaan. Samoin energiakulujen osalta ei ole järkevää ei ole ylläpitää liian kylmiä olosuhteita.

Ilmansuhteellinen kosteus (RH), lämpötila ovat yhdessä muodostamassa taulukossa olevaa kastepisteen (dp) arvoa. Ohjeellinen kastepisteen arvo on  $1-3^{\circ}\text{C}$  asteen välissä. Taulukkoa katsellessa huomaamme, että vihreän värin osalta siihen pääsee tutkituista halleista vain Joensuun jäähalli ja Lahden jäähalli.

Mitattaessa jään paksuuksia on tärkeää mitata jään ohuin kohta ja sen jälkeen jään suoruus. Mittauksiin otettiin mukaan jään paksuin kohta, jotta tiedämme, millaisia eroja hallien jäissä on. Ihanteellinen arvo jäille olisi jään ohuimman kohdan olevan 25mm:n kohdalla ja ka. suoruuden 10mm:n sisällä. Huomaamme, että vain kaksi jäähallia tutkituista pääsee alle ihanteellisen 5mm:n keskiarvon alle. Vihreällä värillä on merkitty Sentteri Tampereelta ja Kuusankosken jäähalli. Muilla jäähalleilla on merkittävästi parannettavaa jään suoruuden tekemisessä.

Huolestuttavaa on huomata jään alla olevan alustan suoruuden heitto. Kaikissa mitatuissa jäähalleissa on alustan materiaalina betonilaatta. Hollolan ja Valkealan jäähallin betonilaatat olivat ainoat ns. kohtuulliset alustat suoruuden osalta. Erittäin huolestuttavaa on huomata monien jäähallien alustojen olevan erittäin epätasaisia. Tähän kohtaan tulee jatkossa kiinnittää erityistä huomiota, sillä tämä merkittävästi haastaa jäänhoitoa henkilökunnan toimesta. On suotavaa jäähallien peruskorjauksissa ja uudisrakentamisessa kiinnittää huomiota alustan suoruuteen. Tutkituissa jäähalleissa jopa kolmessa oli häiritsevän suuria heittoja suoruudessa. Nämä on erikseen merkitty mustalla värillä.

Jäänkovuus jakaa käyttäjissä mielipiteitä. Selkein vastaus esim. jääkiekkoilijoita on, että jään pitää olla kova. Kuinka kova, onkin sitten haastavampi määrittellä. Varsinkaan käyttäjillä ei ole antaa tähän mitään vastausta. Ylläpitäjien osalta on myös harhakäsitys, että jään kovuus mitataan jään lämpötilalla. Tämä vaikuttaa osin siihen, mutta ei kerro koko totuutta. Jään kovuus mitattiin erillisellä pudotuspainomittarilla. **Kovuus** on materiaalin mekaaninen ominaisuus, kyky vastustaa muodonmuutosta eli naarmuuntumista, kulumista ja leikkaantumista. Kovuutta mitataan useilla eri tavoilla, joista tärkeimmät ovat Rockwell-kovuus, Brinell-kovuus, Leebin kovuus, Vickers-kovuus ja Mohsin kovuus. Jäähallien mittaus toimitettiin Leebin kovuus -mittauksella. **Leebin kovuskoe** on laajasti käytössä metallisten materiaalien kovuusmittauksissa. Vuonna 2015 siitä on ensimmäistä kertaa julkaistu kansainvälinen standardi. Standardissa (SFS-EN ISO 16859) kuvataan sekä menetelmä sekä Leebin kovuusmittareiden varmentaminen ja kalibrointi.

Leebin kovuskoetta voidaan käyttää sekä laboratorioissa että kenttäolosuhteissa kovuuden mittaukseen esimerkiksi massiivisista kappaleista, joita ei ole mahdollista mitata perinteisellä pöytämallisella kovuusmittarilla. Menetelmää voidaan käyttää myös kappaleilla, joista ei haluta tai voida irrottaa erillisiä koepaloja. Leebin kovuusmittauksessa materiaalin pintaan törmäytetään kuula, jonka nopeus mitataan ennen osumaa ja pinnasta kimpoamisen jälkeen. Koekappaleen kokeessa absorboima energia edustaa koekappaleen dynaamista Leebin kovuutta.

Parhaimmat arvot sijoittuivat 80-100 HL:n asteikon väliin. Alle 80 HL ja yli 100:n HL arvot katsottiin heikommaksi kuin välissä olleet hyvät arvot. Tarkastaeltaessa tuloksia voidaan todeta, että jään lämpötila ei pelkästään vaikuta jään kovuuteen. Siihen vaikuttaa vuorokauden mittauskohta, milloin jää on ajettu viimeksi, kastepiste, sekä veden laatu epäpuhtauksineen. Pudotuspainemittaus antaa myös jäälle heikot arvot, kun jää on kylmempää. Syynä tähän on pinnalla olevan jään haurastuminen jäänkuivumisesta johtuen. Jään kovuus on käyttäjille subjektiivinen käsite määriteltäessä jään hyvää laatua. Osa pelaajista nauttii pelattaessa hiukan pehmeämmällä jäällä ja osa pelaajista toivoo kovempaa. Mitattu arvo kertoo vain tutkitun tuloksen jäiden kovuudesta.

Viimeisenä taulukossa on jäänhoitokoneessa käytettävän veden lämpötila. Ohjeellinen arvo on ollut yli 40°C asteen käyttö, aina jopa yli 65°C asteen. Kuuma vesi sitoo vähemmän ilmaa kuin kylmä vesi. Jäänlaatu on huomattavasti parempaa jäädytettäessä kuumalla vedellä myös viskositeetinkin johdosta.

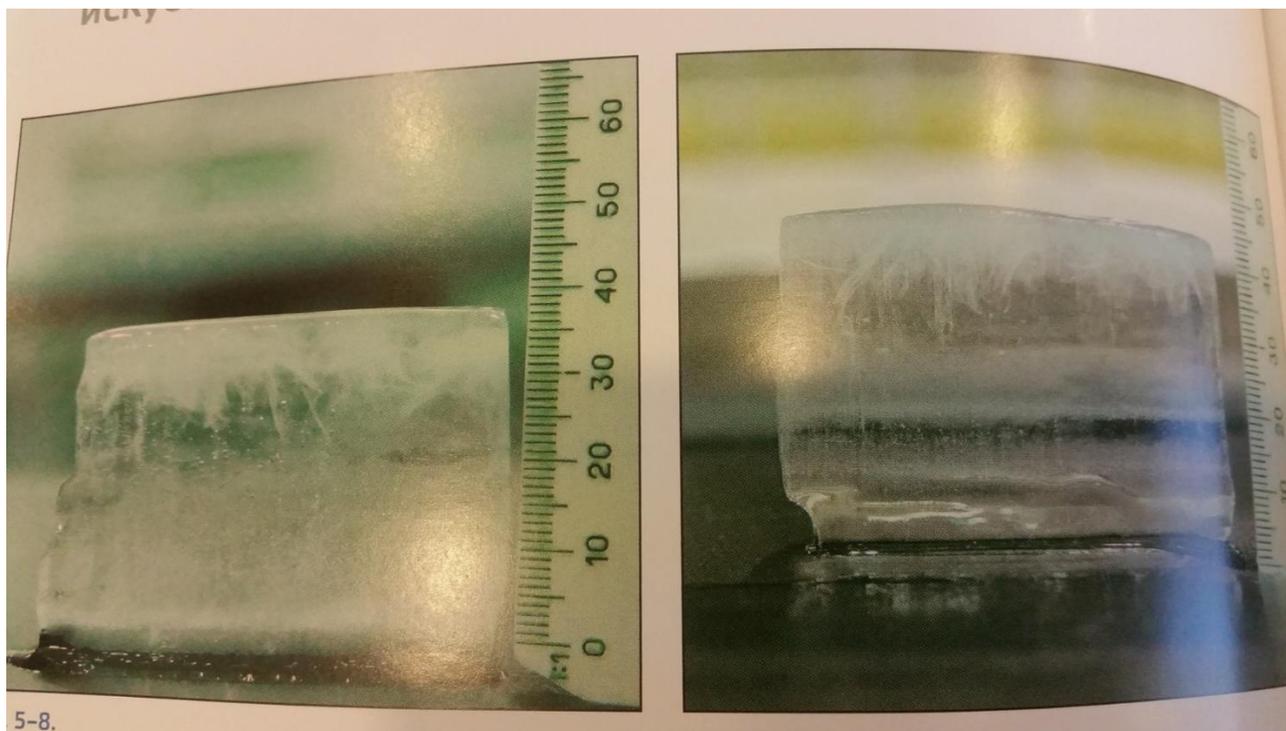
Veden laatu											
Jäähalli	kokonais- kovuus mg/l	Kloridi mg/l	orgaanisen aineksen määrä mg/l	Rauta µg/l	Mangaani µg/l	Kalsium mg/l	happi- pitoisuus mg/l	Sähkön- johtavuus µS/cm	PH	Sameus (FAU)	Väri (mg Pt/l)
Hollola tankki	52	17	1,7	93	16	10,4	7,6	140,6	7,7	4	0
Joensuu tankki	49	<10	1,1	115	16	17	7,2	119	8,5	6	0
Kangasala tankki	60	16	3,7	128	16	11,7	7,9	222	7,8	<1	5
Kouvola tankki	69	<10	7,1	186	18	20,6	7,7	170,2	7,7	<1	5
Kuusankoski tank	75↓	7↓	5,3	143↓	17↓	22,7	7,7	165,2	8	<1↓	5↓
Kuusankoski jää	54	6	5,3	181	25		7,5	96,3	7,5	5	7,5
Lahti tankki	69↓	23↓	3↓	65↓	17↓	18,9	7,8	174	7,9	<1↓	2,5↓
Lahti jään pinnast	49	9	1	251	44		7,6	100,3	7,4	8	5
Nokia tankki	12	64↓	8,3↓	97↓	17↓	21,6	7,8	362	8,1	<1↓	7,5
Nokia jään pinnas	61	22	6	237	25		7,5	165,7	8,2	4	0
Tre Haka 2 tankki	83	28	4,3	69	17	23,8	7,6	245	8,1	<1	2,5
Sentteri tankki	67↓	8↓	4,8↓	43↓	16↓	23	7,6	176,9	7,9	<1↓	2,5↓
Sentteri jään pinn	40	<8	3	448	27		7,4	76,7	7,4	2	5
Valkeala tankki	72↓	52↓	3,8↓	129↓	17↓	21,9	7,3	244	8	<1↓	2,5↓
Valkeala jään pin	48	16	2,9	458	30		7,9	133,5	7,9	4	5
Varkaus tankki	65	<10	2	202	15	27	7	172,9	8,1	7	2,5
Ylöjärvi tankki	74	31	1,8	125	16		7,9	381	7,9	19	5

Kuva 2. Veden laatu

Edellä kuvattu taulukko kertoo laboratoriotuloksen jäähallien veden laadusta. Jokainen vesinäyte, jossa lukee: *Tank*, on otettu jäänhoitokoneen vesitankista. Osa näytteistä on otettu jään pinnalta ja ne ovat peräkkäin vesitankin näytteen jälkeen.

Huomattavaa on, että vesilaitokselta tuleva vesi sisältää erilaisia ainesosia: rautaa, mangaania, kalsiumia, yms. Samoin vedessä on sameutta ja väriä.

Vertailtaessa tiettyjen jäähallien vesitankin näytteitä, jästä otettuihin näytteisiin, voidaan huomata, että jää pyrkii faasimuutoksessa puhdistamaan itseään. Kalsium, rauta, mangaani, yms. arvot ovat selkeästi korkeammat jäänpinnassa otetuista näytteistä kuin vesitankista. Tähän voidaan hyvänä kuvana tarkastella alla olevaa jäänäytettä.



**Kuva 1** jäänäyte.

Kuvasta huomaa selkeästi jäänpinnalle nousseet epäpuhtaudet, kun vesi faasimuutoksessa muuttuu nesteestä kiinteäksi jääksi.

Alla lisäinfoa mitatuista arvoista.

**Kloridi (mg/l)** kuvaa veden suolapitoisuutta. Pohjavesissä voi esiintyä suolapitoisuuksia esimerkiksi tiesuolauksen seurauksena. Suola on verkostokorroosiolle altistava tekijä.

**Rauta (mg/l tai µg/l)** on humuksen ohella yleinen epäpuhtaus. Rautamäärän ylittäessä pitoisuuden 1 mg/l esiintyy vedessä pistävää, metallista makua ja mahdollisesti sakkaa. Jo pienemmät pitoisuudet aiheuttavat värjäytyimiä saniteettitiloissa ja pyykissä. Suuret rautamäärät voivat tukkeuttaa vesilaitteita sekä ruostuttaa putkia ja astioita. Raudan suositus on alle 200 µg/l

**Kovuus (mmol/l)** kuvaa veteen liuenneita kalsiumia ja magnesiumia, jotka ovat terveyden kannalta hyödyllisiä. Kovuus kuitenkin muodostaa lämmönvaihtimissa ja muissa vesilaitteissa ns. kattilakiveä, joka heikentää lämmönsiirtoa. Kovassa vedessä tarvitaan enemmän pesuainetta kuin pehmeässä vedessä. Vesi on kovaa, kun kovuus ylittää arvon 1 mmol/l

**Mangaani (mg/l tai µg/l)** esiintyy tavallisesti yhdessä raudan kanssa, satunnaisesti myös yksinään. Mangaanin haitalliset ominaisuudet ovat samat kuin raudalla, mutta jo pienemmissä pitoisuuksissa. Mn-bakteerien hajoamistuotteena muodostuva tumma saostuma on nokimaista ja helposti tahraavaa. mangaanin suositus on alle 50 µg/l

**Sähkönjohtavuus (µS/cm)** kuvaa veteen liuenneiden suolojen - kuten NaCl - määrää. Korkea johtokyky on osoitus runsaasta suolamäärästä, joka on haitallista sekä terveydelle että korroosion muodossa vesilaitteille.

Kloridi on peräisin merivedestä, suolakerrostumista tai maantien suolauksesta. Kloridi aiheuttaa veteen makua ja vesilaitteiden korroosiota, kun pitoisuus saavuttaa arvon 50.. 200 mg/l. Natriumpitoisuus ei saa ylittää arvoa 200 mg/l.

**pH** kuvaa veden happamuutta tai emäksisyyttä. Happamat luonnonvedet, joissa pH on alle 7, ovat Suomessa yleisiä. Happamuus johtuu aggressiivisesta hiilihaposta, joka voi syövyttää metalliputkia aiheuttaen vesivahinkoja. Veden alhainen pH voi aiheuttaa ihoärsytystä. Vihertävä väri vesikalusteissa tai hiuksissa on merkki kuparin liukenemisesta vesikalusteista veteen, joka johtuu mm. alhaisesta pH-arvosta.

**Sameus (NTU)** veden sameutta ja valon läpäisevyyttä

**Väri (mg Pt/l)** Puhdas vesi on väritöntä ja hajutonta. Väriä veteen aiheuttavat mm. humus, rauta sekä mangaani.

### 6.1 Jään (kirkkaus)

Jään kirkkaus vaikuttaa kentän rajojen, viivojen näkyvyyteen ja toiseksi jäämainosten näkyvyyteen sekä kentän yleisilmeeseen. Jään kirkkauteen vaikuttaa eniten jäädytysvesi ja siinä esiintyvät epäpuhtaudet. Jään epäpuhtaudet nousevat jäätymisprosessia pintaan ja siten jään liukkauteen ja kirkkauteen vaikuttavat myös jäänhoito ja höyläys.

Kirkkaan jään tekemisen elementit:

jään lämpötila

jään "päästö" 2-3 kertaa vuodessa, jolloin jäähän kertynyt ilma pääsee jäästä pois.

jään suoruus ja paksuus, jolloin jäähoidon avulla poistetaan pintaan kertyneet suolat

RK-kone, käänteisosmoosilaitteella puhdistettu vesi; jolloin liiat suolat poistuvat

Jaan pohjan väri

Veden puhtaus

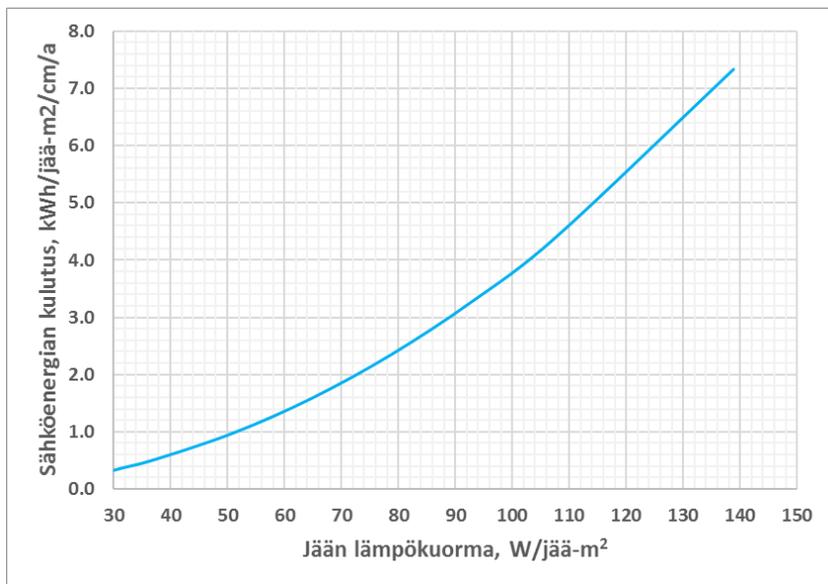
Jäähallin ilman kosteus ja lämpötila

### 7.0 Jään ja jäähoidon normitus

Jää muodostaa lämpövastuksen radassa kiertävän kylmäliuoksen ja jään pinnan välille. Mitä paksumpi jää, sitä suurempi lämpövastus, ja pyrittäessä tiettyyn jään pintalämpötilaan, suurempi lämpövastus tarkoittaa kylmempää liuoslämpötilaa. Kylmemmän liuoslämpötilan saavuttaminen edellyttää kylmäkoneistolta kylmempää höyrystyslämpötilaa, jonka saavuttaminen edellyttää kompressorilta enemmän työtä ja samalla enemmän sähköenergiaa.

Jään paksuuden vaikutuksen suuruus kylmäkoneiston sähköenergiaan riippuu jäähän kohdistuvasta lämpökuormituksesta. Jään lämpökuormitus riippuu lähinnä jään pintalämpötilasta, hallin ilman

lämpötilasta sekä jäänhoitoveden ja valaistuksen jäähän kohdistamasta lämpökuormasta. Jään paksuuden vaikutusta kylmäkoneiston sähköenergiankulutukseen voidaan arvioida kuvasta 1. Kuvassa on esitetty kylmäkoneiston vuotuisen sähköenergian kulutuksen lisääntymien jään paksuutta (senttimetri) kohden, jään lämpökuormituksen funktiona.



Kuva 1. Jään paksuuden vaikutus kylmäkoneiston vuotuisen sähköenergian kulutukseen jään lämpökuormituksen funktiona yhtä jään paksuuden senttimetriä ja yhtä jääradan neliometriä kohden.

Jään lämpökuorma voidaan arvioida joko laskennallisesti tai laskemalla mitattujen energiankulutusten perusteella. Lämpökuorman laskennallista tarkastelua on esitetty liitteessä 1 ja seuraavassa keskitytään mittausten perusteella tehtävään arvioon.

Jäähän kohdistuva lämpökuorma ( $q_{\text{jää}}$ ) voidaan laskea, kun tiedetään esimerkiksi vuotuinen jäähdytysenergia ( $Q_{\text{jää}}$ ), joka joissain nykyaikaisimmissa halleissa on saatavilla automaatiojärjestelmästä. Kun vuotuinen jäähdytysenergia on tiedossa, keskimääräinen jään lämpökuorma voidaan laskea kaavalla (1).

$$q_{\text{jää}} = \frac{Q_{\text{jää}} \cdot 1000}{A_{\text{jää}} \cdot t_{\text{kh}}} \quad (1)$$

jossa

$q_{\text{jää}}$  on jään keskimääräinen lämpökuorma hallin käyttöjaksolla, W/jää-m<sup>2</sup>

$Q_{j\ddot{a}h}$	on k\u00e4ytt\u00f6jakson mitattu j\u00e4\u00e4hdytysenergia, MWh
1000000	on muuntokerroin (MWh -> Wh)
$A_{j\ddot{a}a}$	on j\u00e4\u00e4radan pinta-ala, m <sup>2</sup>
$t_{kh}$	on kauden k\u00e4ytt\u00f6tunnit, h

Jos j\u00e4\u00e4hdytysenergiaa ei mitata, voidaan kauden aikana kulunut j\u00e4\u00e4hdytysenergia ( $Q_{j\ddot{a}h}$ ) laskea, jos tiedossa on kylm\u00e4koneiston s\u00e4hk\u00f6energiankulutus ja kylm\u00e4koneiston kylm\u00e4kerroin. J\u00e4\u00e4hdytysenergia on t\u00e4ll\u00f6in (kaava 2):

$$Q_{j\ddot{a}h} = Q_{s\ddot{a}h} * SCOP \quad (2)$$

miss\u00e4

$Q_{j\ddot{a}h}$	on kauden j\u00e4\u00e4hdytysenergia, MWh
$Q_{s\ddot{a}h}$	on kauden mitattu kylm\u00e4koneiston s\u00e4hk\u00f6energiankulutus, MWh
SCOP	on kylm\u00e4koneiston keskim\u00e4\u00e4r\u00e4inen kylm\u00e4kerroin k\u00e4ytt\u00f6jaksolla

**Esimerkki:** Kauden mitattu j\u00e4\u00e4hdytysenergiatarve on 950 MWh, j\u00e4\u00e4hallin k\u00e4ytt\u00f6aika on 9 kuukautta vuodessa ja j\u00e4\u00e4n pinta-ala on 1700 m<sup>2</sup>. J\u00e4\u00e4n keskim\u00e4\u00e4r\u00e4iseksi l\u00e4mp\u00f6kuormaksi k\u00e4ytt\u00f6jaksolla saadaan kaavasta  $q_{j\ddot{a}a} = \frac{Q_{j\ddot{a}h} * 1000}{A_{j\ddot{a}a} * t_{kh}}$  (1):

$$q_{j\ddot{a}a} = \frac{950 * 1000000}{1700 * 9 * 30 * 24} = 86 \text{ W/m}^2$$

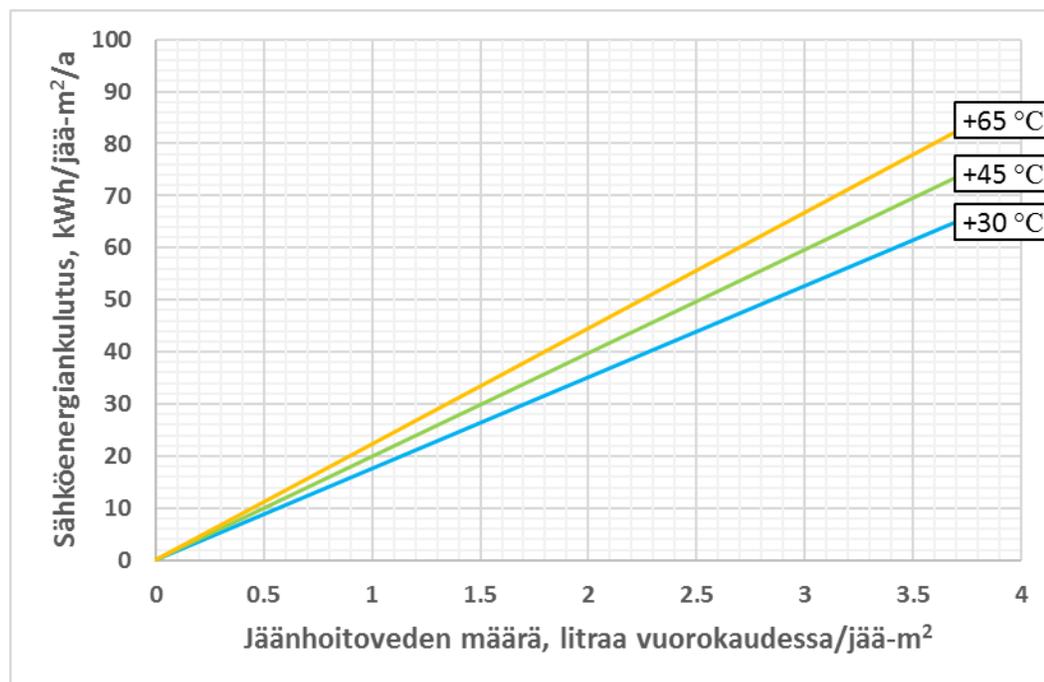
Kuvasta 1 saadaan nyt m\u00e4\u00e4ritetty\u00e4 j\u00e4\u00e4n paksuuden aiheuttamaksi kylm\u00e4koneiston s\u00e4hk\u00f6energian vuotuiseksi lis\u00e4kulutukseksi j\u00e4\u00e4radan neli\u00f6t\u00e4 kohti 2,8 kWh/j\u00e4\u00e4-m<sup>2</sup>/cm/a.

Jos j\u00e4\u00e4n keskim\u00e4\u00e4r\u00e4inen paksuus koko kauden aikana on ollut 2 senttimetri\u00e4 liian paksu, on vuotuinen s\u00e4hk\u00f6energian ylim\u00e4\u00e4r\u00e4inen kulutus j\u00e4\u00e4radan yht\u00e4 neli\u00f6t\u00e4 kohden ollut kaudella:

$2 \text{ cm} * 2,8 \text{ MWh/cm} * 9 \text{ kk} / 12 \text{ kk} = 4,2 \text{ kWh/jää-m}^2$ . Jääradan pinta-alan ollessa  $1700 \text{ m}^2$  saadaan vuotuiseksi sähköenergian kulutukseksi  $1700 \text{ jää-m}^2 * 4,2 \text{ kWh/jää-m}^2 = 7140 \text{ kWh}$ . Jos sähkön hinta on  $0,12 \text{ €/kWh}$ , on lisäkustannus ollut arviolta  $7140 \text{ kWh} * 0,12 \text{ €/kWh} = 857 \text{ €}$ .

### 7.1 JÄÄNHOITOVEDEN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN

Jäänhoitoveden energiankulutusvaikutukset liittyvät toisaalta veden lämmittämiseen jäänhoidossa tarvittavaan lämpötilaan ja toisaalta jäänhoitoveden jäädytysprosessi (veden jäädytys noltaan asteeseen, veden jäädyttäminen sekä jään jäädyttäminen käyttölämpötilaansa). Tämä jäädytysprosessin tarvitsema jäädytysenergia tuotetaan kylmäkoneistolla ja se kasvattaa kylmäkoneiston sähköenergiankulutusta. Jäädytysprosessin tarvitsemaan energiaan vaikuttaa jäänhoitoveden määrä, jäänhoitoveden lämpötila sekä tavoiteltava jään pintalämpötila. Kuvassa 2 esitetään arvio jäänhoitoveden aiheuttamasta vaikutuksesta kylmäkoneiston vuotuisen sähköenergiankulutukseen jäänhoitoveden eri lämpötiloilla ja jäänhoitoveden määrän funktiona.



Kuva 2. Jäänhoitoveden määrän ja lämpötilan vaikutus kylmäkoneiston vuotuisen sähköenergiankulutukseen jääradan pinta-alaa kohden. Jäänhoitoveden lämpötila on tarkastelussa ollut  $+65 \text{ °C}$ ,  $+45 \text{ °C}$  ja  $+30 \text{ °C}$ . Lisäksi on oletettu kylmäkoneiston keskimääräiseksi kylmäkertoimeksi käyttöjaksolla  $\text{SCOP} = 2.7$  ja jään pintalämpötilaksi  $-4 \text{ °C}$ .

Myös kylmäkoneiston kylmäkerroin vaikuttaa suoraan kylmäkoneiston sähkökulutukseen. Kuvassa 3 on havainnollistettu kylmäkoneiston kylmäkertoimen vaikutusta sähköenergiankulutukseen jäänhoidon lämpötilalla  $+45 \text{ °C}$ . Kuvasta nähdään, että kylmäkertoimella on kohtuullisen suuri merkitys jäänhoitoveden vaikutukseen kylmäkoneiston sähköenergiankulutuksessa. Merkitys pienenee kylmäkertoimen kasvaessa.



Kuva 3. Jäänhoitoveden määrän ja kylmäkoneiston keskimääräisen kylmäkertoimen (SCOP= 2.2, 2.7 ja 3.2) vaikutus kylmäkoneiston vuotuisen sähköenergiankulutukseen jääradan pinta-alaa kohden. Jäänhoitoveden lämpötila on tarkastelussa ollut +45 °C ja jään pintalämpötilan -4 °C.

**Esimerkki:** Oletetaan, että jäänhoidossa käytetään yhtä jäänhoitokertaa kohden 300 litraa vettä ja vuorokaudessa jäänhoitokertoja on 12. Oletetaan lisäksi, että jääradan pinta-ala on 1700 m<sup>2</sup>. Tällöin vuorokaudessa jään pinta-alaa kohti käytetään vettä:

$$300 \text{ litraa} * 12 / 1700 = 2,1 \text{ litraa/jää-m}^2$$

Jos oletetaan, että jäänhoitoveden lämpötila on +45°C ja kylmäkoneiston kylmäkerroin SCOP=2,7, niin kuvasta 2 tai kuvasta 3 saadaan luettua kylmäkoneiston vuotuiseksi sähköenergiankulutukseksi 42 kWh/jää-m<sup>2</sup>/a. Jos hallin käyttöjakso on 9 kuukautta ja jääradan pinta-ala 1700 m<sup>2</sup>, saadaan vuotuiseksi jäänhoidosta aiheutuvaksi kulutukseksi :

$$42 \text{ kWh/jää-m}^2/\text{a} * 1700 \text{ jää-m}^2 * 9 \text{ kk} / 12 \text{ kk} = 53550 \text{ kWh}$$

Euroina tämä tarkoittaa oletetulla sähköhinnalla (0.12 €/kWh):

53550 kWh \* 0.12 €/kWh = 6426 €

Jään kokonaislämpökuorma

Jään lämpökuorma lasketaan kaavalla 1:

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

jossa

$q_{jää}$	on jään kokonaislämpökuorma, W/m <sup>2</sup>
$q_{konv}$	on jään konvektiolämpökuorma, W/m <sup>2</sup>
$q_{sät}$	on jään säteilylämpökuorma, W/m <sup>2</sup>
$q_{hoito}$	on jäähoidosta aiheutuva jään lämpökuorma, W/m <sup>2</sup>
$q_{kond}$	on ilmasta jäähän kondensoituvan veden lämpökuorma, W/m <sup>2</sup>
$q_{valaistus}$	on valaistuksesta aiheutuva jään lämpökuorma, W/m <sup>2</sup>
$q_{kuorma}$	on lämpökuormista (ihmiset, laitteet) aiheutuva jään lämpökuorma, W/m <sup>2</sup>

### Konvektion lämpökuormitus

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 lämmönsiirtokerroimen välityksellä; mitä suurempi ilman liikenopeus on, sitä suurempi on konvektion lämmönsiirtokerroin ja samalla lämpökuorma kasvaa. Ilman liikenopeuteen vaikuttaa puolestaan mm. ilmanvaihdon ilmasuihkujen suuntaus ja luistelijat. Ilmasuihkut on syytä ohjata siten, että ne eivät puhalla suoraan jään pinnalle mikäli se on mahdollista. Luistelijat aiheuttavat liikkeessaan liikettä ilmaan ja siten kasvattavat jään lämpökuormitusta. Edellä mainituista tekijöistä johtuen konvektion lämpökuorma on yleensä yöllä pienempi kuin päivällä. Konvektion lämpökuorma lasketaan kaavalla.

$$q_{konv} = \alpha_{konv}(T_s - T_{jää}) \quad (2)$$

jossa

$q_{konv}$	on jäähän konvektiolla siirtyvä lämpökuorma, W/m <sup>2</sup>
------------	---

$\alpha_{konv}$	on konvektion lämmönsiirtokerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$T_s$	on hallin ilman lämpötila keskellä hallia, °C
$T_{jää}$	on jään pintalämpötila, °C

Energialaskennassa käytettävät arviot konvektion lämmönsiirtokertoimelle voivat hallikohtaisesti vaihdella merkittävästikin. Ilmanvaihtoratkaisusta riippuen voi konvektion kerroin olla luokkaa 2 - 4. Jos ilmaa puhalletaan suoraan jäähän, voi kerroin olla suurempikin ja toisaalta yöllä ilmavirtausten pienentyessä pienempi. On myös huomattava, että kaavassa on käytettävä hallin keskilämpötilaa eikä lähellä jäätä olevaa ilman lämpötilaa.

### Lämpösäteilyn lämpökuormitus

Säteilyn lämmönsiirto tapahtuu aina pintojen välillä ja jäähallissa siis hallin vaipan sisäpinnan ja jään välillä. Säteily on sitä suurempaa mitä suurempi on pintojen välinen lämpötilaero. Hallin vaipan pintalämpötilaan vaikuttaa 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, ja mitä pienempi emissiviteetti on, sitä pienempi on jään lämpökuorma. Normaaleilla rakennusmateriaaleilla emissiviteetti on noin 0,9 mutta on erityisiä ns. matalaemissiviteettipintoja, joilla emissiviteetti on vain 0,1 tai jopa pienempi. 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, ja 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 välttämättä se ei pienennä keskimääräistä jään lämpökuormitusta.

Lämpösäteilyn lämpökuorma lasketaan kaavalla (3).

$$q_{sät} = \alpha_{sät} (T_s - T_{jää}) \quad (3)$$

jossa

$q_{sät}$  on jäähän lämpösäteilyllä ympäröivistä pinnoista siirtyvä lämpökuorma, W/m<sup>2</sup>

$\alpha_{\text{sät}}$	on säteilyn lämmönsiirtokerroin, $W/(m^2K)$
$T_s$	on hallin ilman lämpötila keskellä hallia, $^{\circ}C$
$T_{\text{jää}}$	on jään pintalämpötila, $^{\circ}C$

Säteilyn lämmönsiirtokerroin vaihtelee riippuen hallin vaipan lämpöteknisistä ominaisuuksista sekä vuodenajasta. Karkeasti normaalitilanteessa harjoitushallissa voinee käyttää arvoa 3 - 4  $W/(m^2K)$ .

#### Ilmasta jäähän kondensoituvan veden lämpökuormitus

Ilman sisältämästä vesihöyrystä tiivistyy kosteutta jään pintaan lähes ympäri vuoden, koska jään pintalämpötila on useimmiten alle niin sanotun 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) ja 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  $0^{\circ}C$  asteisesta toimintalämpötilaan (esim.  $-3^{\circ}C$ ).

Kondenssin aiheuttama lämpökuorma jäälle lasketaan kaavasta (4):

$$q_{\text{kond}} = g_{\text{kond}} [l_h + l_j + c_{p,j} (0 - T_{\text{jää}})] \quad (4)$$

jossa

$q_{\text{kond}}$	on kondenssin lämpökuorma, $W/m^2$
$g_{\text{kond}}$	on jäähän kondensoituva vesivirta neliötä kohti, $g/(sm^2)$
$l_h$	on vesihöyryn lauhtumisen (höyry->vesi) faasimuutoslämpö, $2501000 \text{ Ws}/(kgK)$
$l_j$	on jäätyksen faasimuutoslämpö, $334000 \text{ Ws}/(kgK)$
$c_{p,j}$	on jään ominaislämpökapasiteetti, $2100 \text{ Ws}/(kgK)$
$T_{\text{jää}}$	on jään keskilämpötila käyttöjaksolla, $^{\circ}C$

Jäähän kondensoituva vesivirta voidaan arvioida yhtälöllä

$$g_{kond} = \frac{\alpha_{konv}}{c_{p,i}} (x_s - x_{jää}) \quad (5)$$

missä

$g_{kond}$  on jäähän kondensoituva vesivirta, g/(sm<sup>2</sup>)

$\alpha_{konv}$  on konvektion lämmönsiirtokerroin, W/(m<sup>2</sup>K)

$c_{p,i}$  on ilman lämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$x_s$  on hallin sisäilman vesisisältö, g/kg

$x_{jää}$  on jään pintalämpötilaa vastaavan kylläisen tilan vesisisältö, g/kg

*Taulukko 1 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

*Taulukko 2 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

## Valaistus

Valaistus aiheuttaa jään lämpökuormitusta lämpösäteilyn 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 päätelmäketjun lopputulos on, että valaisimen sähkötehosta 42 % siirtyy lämpötehona jäähän, 30 % ilmaan ja 28 % ympäröiviin pintoihin, muihin kuin jäähän (seinät, katto, ym.).

Valaistuksen keskimääräinen lämpökuorma jälle lasketaan kaavalla

$$q_{\text{valaistus}} = \frac{0.42 \cdot P_{\text{valaistus}}}{A_{\text{jää}}} * \frac{t_{\text{käyttö}}}{24} \quad (6)$$

jossa

$q_{\text{valaistus}}$	on valaistuksen keskimääräinen jään lämpökuorma käyttöjaksolla, W/m <sup>2</sup>
0.42	on kerroin, jolla määritellään valaistuksen sähkötehosta se osuus, joka kuormittaa jäätä
$P_{\text{valaistus}}$	on ratavalaisimien keskimääräinen kokonaissähköteho käyttöjaksolla, W
$A_{\text{jää}}$	on jään pinta-ala, m <sup>2</sup>
$t_{\text{käyttö}}$	on keskimääräinen vuorokautinen valaistuksen käyttöaika, h
24	on vuorokauden tuntimäärä, h

## Henkilöt ja laitteet

Harjoitusjäähallissa henkilöiden ja laitteiden jälle aiheuttamat lämpökuormat voidaan jättää ottamatta huomioon, koska ne ovat vähäisiä verrattuna muihin kuormiin (suuruusluokka 1-2 W/m<sup>2</sup>)

## 8.0 Yhteenveto

Tutkimusryhmän toimesta selvitettiin kansainvälisistä lähteistä (mm NHL) jään liukkauden mittaamenetelmiä. Mittausmenetelmiä ei löytynyt joten arviot perustuvat käyttäjien haastatteluihin. Selvitettiin myös nettiedustelussa jään ominaisuuksien tutkimuksia. Jään kovuuden mittaamiseen soveltuvia menetelmiä löytyi, joista valittiin kappaleen pudotuksesta syntyvän painuman mittaamiseen perustuva laite.

Liukkauteen soveltuvaa mittauslaitetta ei löytynyt, joten päätettiin tilata siihen soveltuva laite Timo Pirilältä. Laite liukkauden mittaamiseen perustui liikkuvan kappaleen kitkan mittaamiseen.

Jään luistavuuteen vaikuttavat lukuisat ominaisuudet. Merkittävimmät näistä ovat Ilman lämpötila, kosteus, vesipitoisuus ja kastepiste. Jään ominaisuuksista mainittakoon jään pintalämpötila, tasaisuus, suoruus ja paksuus. Jäädäytysveden ominaisuudet joista mainittakoon happipitoisuus, puhtaus, lämpötila ja epäpuhtaudet tuovat omat vaikutuksensa lopputulokseen. Huomattava merkitys on myös jäänhoitoon liittyvillä seikoilla kuten jäänhoitajan ammattitaidolla ja kaluston kunnoll sekä päivittäisellä hoito-ohjelmalla.

Tutkimuksen tulokset esitellään IIHF FACILITIES WORKING GROUP:ille joka tekee tarvittaessa täsmennyksiä kansainvälisiin jääkiekkosääntöihin. Tutkimus mahdollistaa jääurheilun olosuhteiden määrittämisen, sen tärkeimmän ominaisuuden liukkauden mittaamisen. Käytännön kokemusten perusteella voidaan määrittää hyvän jään ominaisuuksien raja-arvot.

Tutkimuksen tuloksia käytetään jäähallien laadun tarkkailuun ja jäänhoitajien koulutuksessa oppimateriaalina.

Kansainvälistenlajiliitojen vaatimuksia arvokisoihin löytyy www sivuilta;

[www.iihf.com](http://www.iihf.com)

[www.isu.org](http://www.isu.org)

[www.ringette.cc](http://www.ringette.cc)

Helsingissä 31.3.2018

Harry Bogomoloff

SJL, Olosuhdevaliokunta

