

ENERGIATEHOKKUUDEN
PARANTAMINEN
UIMAHALLEISSA JA –
ALTAISSA NESTEMÄISELLÄ
SUOJAKALVOLLA

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan
koulutusohjelma
Energia-asiat
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Erika Korpijaakko

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

KORPIJAAKKO, ERIKA:

Energiatehokkuuden
parantaminen
uimahalleissa ja -altaissa
nestemäisellä
suojakalvolla

Energia-asiat, opinnäytetyö, 41 sivua, 16 liitesivua

Kevät 2016

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia nestemäisen *Heatsavr*-aineen käyttöä allaspeitteinä ja sen vaikutusta uimahallien ja -altaiden energiatehokkuuteen. Tavoitteena oli osoittaa *Heatsavr*-aineen toimivuus ja selvittää mahdollisten lämmitysenergian säästöjen määrä. Työn toimeksiantajana toimi Jalla Oy, joka on aloittanut *Heatsavr*-aineen maahantuonnin Suomeen vuonna 2015.

Työn teoriaosuudessa käsiteltiin haihtumisen vaikutusta uimahallien energiatehokkuuteen, *Heatsavr*-aineen käyttöön ja ominaisuuksiin liittyviä asioita sekä perehdyttiin kahteen aikaisemmin tehtyyn tutkimukseen. Näiden tutkimuksien pohjalta suunniteltiin myös tämän opinnäytetyön tutkimukset.

Heatsavr-aineen vaikutuksia tutkittiin Lahden ammattikorkeakoulun laboratoriossa sekä Leppävirralla hyvinvointi- ja liikuntakeskus Vesileppiksessä. Laboratoriossa tutkittiin *Heatsavr*-aineen vaikutusta veden haihtumiseen ja lämmönjohtavuuteen. Vesileppiksessä suoritettiin mittaukset joulutammikuun ajan 2015 - 2016. Vesileppiksessä seurattiin tutkimuksen ajan ilmastokosteutta, allastilan lämpötilaa, ulkolämpötilaa, kaukolämmön kulutusta sekä uimahallin kävijämäärää.

Vesileppiksessä *Heatsavr*-aineen käytön aikana allastilan suhteellisen kosteuden keskiarvo laski jopa 10 prosenttiyksikköä. Lämmitysenergian kulutuksen laskuksi tammikuussa 2016 saatiin 18 %, kun kulutusmäärille suoritettiin säätökorjaus. Tämän opinnäytetyön perusteella voidaan todeta *Heatsavr*-aineen vähentävän energiankulutuksen tarvetta uimahalleissa ja -altaissa sekä todeta sen käytön soveltuvan valtaosaan Suomen uimahalleista.

Asiasanat: energiankulutus, uimahalli, *Heatsavr*, haihtuminen

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Engineering

KORPIJAAKKO, ERIKA: Improving energy efficiency in indoor swimming pools by using liquid pool cover

Bachelor's Thesis in Energy Consulting 41 pages, 16 pages of appendices

Spring 2016

ABSTRACT

The objective of this thesis was to investigate the benefits of a liquid *Heatsavr* -pool cover for the energy consumption in indoor swimming pools. The purpose was to verify the effectiveness of using a liquid pool cover. This thesis was commissioned by Jalla Oy which has started to import *Heatsavr* to Finland in 2015.

The theoretical part of the thesis deals with effects of evaporation in indoor swimming pools for energy efficiency and the quality of *Heatsavr*. The theory also examined two previously made studies. The Investigations of this thesis are based on these two studies.

The experimental part involved investigations which were made in the laboratory of Lahti University of Applied Sciences and in the Sport and Spa Hotel Vesileppis in Leppävirta. In the laboratory, effect of *Heatsavr* to the evaporation and thermal conduction was studied. In Vesileppis, data was collected in December 2015 and in January 2016. The data was collected with and without *Heatsavr*.

The level of the average humidity in the main pool area in Vesileppis was reduced from 62 % to 52 %. Energy consumption was decreased 18 % in January 2016 when the normalization for energy consumption was made. The main result of this Bachelor's thesis is that using *Heatsavr* in swimming pools can save energy. *Heatsavr* is applicable to use in most indoor swimming pools in Finland.

Key words: energy consumption, indoor swimming pool, *Heatsavr*, evaporation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	HAIHTUMISEN VAIKUTUS UIMAHALLIEN JA -ALTAIDEN ENERGIANKULUTUKSEEN	3
2.1	Uimahallien kosteus ja sen säätelyyn käytettyjä keinoja	4
2.2	Allastilan kuivausmenetelmät	5
3	<i>HEATSAVR</i> TM	7
3.1	Flexible Solutions International Inc	7
3.2	Käyttöohjeet	8
3.3	<i>Heatsavr</i> -aineen toimintaan vaikuttavia tekijöitä	9
3.3.1	Uima-altaiden muut kemikaalit	9
3.3.2	Altaiden tekniset ominaisuudet	9
3.3.3	Keinoja saavuttaa muita säästöjä <i>Heatsavr</i> -aineen käytöllä uimahalleissa	11
4	AIKAISEMPIEN TUTKIMUSTEN TULOKSIA ULKOMAILTA	12
4.1	Teston lämpöhäviötesti	12
4.2	Sheridan yliopiston pilottitutkimus	13
5	<i>HEATSAVR</i> -AINEEN VAIKUTUKSEN TUTKIMINEN LABORATORIOSSA	15
5.1	<i>Heatsavr</i> -aineen vaikutus veden haihtumiseen	15
5.2	<i>Heatsavr</i> -aineen vaikutus veden lämpöhäviöön	17
5.2.1	Testit sisätiloissa	17
5.2.2	Testit ulkona	19
5.3	Tulosten analysointi	21
6	<i>HEATSAVR</i> -AINEEN VAIKUTUKSEN TUTKIMINEN UIMAHALLISSA	23
6.1	Hyvinvointi- ja liikuntakeskus Vesileppis	23
6.2	Allastilan olosuhteiden mittaukset ja <i>Heatsavr</i> -aineen annostelu	23
6.2.1	Allastilan olosuhteiden mittaustulokset	24
6.2.2	Vedenlaatu <i>Heatsavr</i> -aineen käytön aikana	26
6.3	<i>Heatsavr</i> -aineen vaikutus kaukolämmön kulutukseen	26
6.3.1	Energiankulutuksen normitus	26
6.3.2	Kulutuksen vertailu	28

7	HAIHTUMISEN MÄÄRITTÄMINEN	30
7.1	Veden haihtuminen Vesileppiksessä normaalitilassa	31
7.2	Veden haihtumisen laskeminen <i>Heatsavr</i> -aineen käytön aikana	32
8	TULOKSET JA YHTEENVETO	36
	LÄHTEET	39
	LIITTEET	42

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutkia nestemäisen *Heatsavr*-aineen käyttöä allaspeitteenä ja sen vaikutusta energian säästöön uimahalleissa ja -altaissa. Työn toimeksiantajana toimii Jalla Oy, joka on aloittanut *Heatsavr*-aineen maahantuonnin Suomeen vuoden 2015 aikana. Työn tuloksia käytetään *Heatsavr*-aineen markkinoinnissa Suomessa.

Heatsavr-aineen keksi kemisti/professori Robert O'Brien vuonna 1985 ja se on ollut markkinoilla jo yli 20 vuoden ajan. *Heatsavr* koostuu pääasiassa orgaanisista aineista ja isopropanolista. Aineella on maailman laajuinen patentti. *Heatsavr*-aineen toimintaperiaate perustuu allasveden haihtumisen vähentämiseen. Ainetta annosteltaessa veteen, alkoholi levittää orgaanisten aineiden molekyylit ohueksi huomaamattomaksi kerrokseksi veden pintaan. Tämä molekyylien ohut kalvo veden pinnassa vähentää veden haihtumista. (Brenntag UK Limited 2015.)

Suomessa on yli 200 julkista uimahallia. Uimahallit ovat rakenteeltaan ja laitteistoltaan vaativia kohteita ja kuluttavat paljon energiaa. Veden haihtumisella on suuri merkitys uimahallien energiankulutukseen. Uimahalleissa kosteudenhallinta on tärkeää myös allasilojen käyttäjien terveyden ja uimahallin rakenteiden säilymisen kannalta. (Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus 2008 & Uimahalliportaali 2016.)

Työn teoriaosuudessa perehdyttiin uimahallien veden haihtumiseen, sen vaikutukseen energiankulutukseen ja haihtumisen vähenemiseen käytettyihin keinoihin. Lisäksi käsiteltiin *Heatsavr*-aineen ominaisuuksia, sen tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ja tutkittiin kahta *Heatsavr*-aineesta aikaisemmin ulkomailla tehtyä testiä.

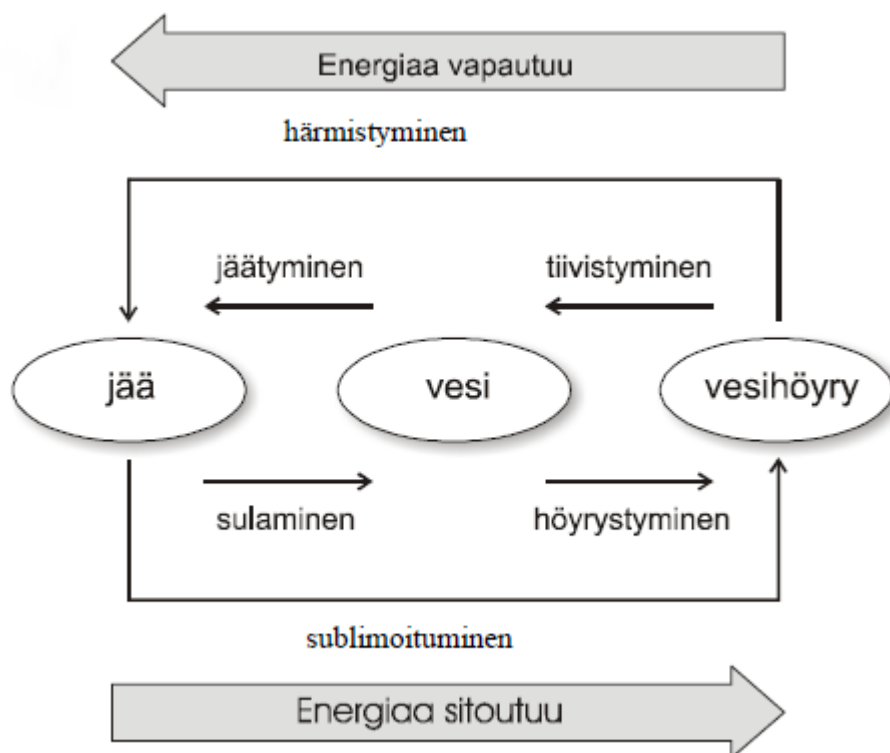
Heatsavr-aineen vaikutusta energiatehokkuuden lisäämiseen tutkittiin uimahallissa Leppävirran hyvinvointi- ja liikuntakeskus Vesileppiksessä ja Lahden ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Leppävirran uimahallissa suoritettiin ilmankosteuden mittausjaksot normaalitilassa ja *Heatsavr*-aineen käytön aikana. Samalla seurattiin uimahallin kaukolämmön kulutusta ja kävijämääriä. Laboratoriossa tutkittiin aineen vaikutusta

lämmönjohtumiseen ja haihtumiseen. Laboratoriossa tehtyjen testien perusteella määritettiin *Heatsavr*-aineen käytölle arvio kokemusperäisestä haihtumiskertoimesta. Sijoittamalla kertoimet LVI-ohjekortista 06-10451 löytyvään kaavaan 2, voidaan laskea veden haihtumisen määrälle arvio uimahallissa, kun altaissa käytetään *Heatsavr*-ainetta. Lisäksi mittausjakson kaukolämmönkulutuksia verrattiin edellisvuoden arvoihin.

2 HAIHTUMISEN VAIKUTUS UIMAHALLIEN JA -ALTAIDEN ENERGIANKULUTUKSEEN

Uimahallit ovat paljon energiaa kuluttavia rakennuksia. Uimahalleissa energiaa kuluu pääosin veden lämmittämiseen, sisäilman lämmittämiseen tai jäähdytykseen sekä ilmastointiin. Suomen uimahallirakennuksien energiankulutuksen arvio on 1 - 1,5 promillea koko Suomen energiankulutuksesta (Johansson 2015). Suomessa uimahalleilta ei vaadita energiatodistusta (Finlex 2016). Kuitenkin suurimman osan energiankulutusta seurataan. Opetus- ja kulttuuriministeriö ja VTT ovat perustaneet hankkeen energiatehokkuuden parantamiseksi uimahalleissa. Tätä hanketta kutsutaan uimahalliportaaliksi. 1990-luvulla hankkeen avulla toteutettiin uimahallien energian ja käytön seurantajärjestelmä. Tavoitteena oli kerätä kaikkien uimahallien kulutustiedot yhteen paikkaan, josta ne ovat helposti saatavilla. (Uimahalliportaali 2016.)

Haihtumisella on suuri merkitys uimahallien energiankulutukseen. Haihtuneeseen veteen sitoutuu paljon energiaa. Veden haihtuessa se muuttaa olomuotoaan eli faasiaan nestemäisestä höyryksi. Tähän faasimuutokseen sitoutuva energia on peräisin altaan veden lämpöenergiasta, eli haihtumisen seurauksena altaaseen jäänyt vesi viillenee. Kuviossa 1 on esitetty veden olomuotojen muutokset sekä energian vapautuminen ja sitoutuminen. Haihtumisessa tapahtuvan faasimuutoksen energian talteenotto on haastavaa, joten energiatehokkuuden parantamiseksi uimahalleissa pyritään ensisijaisesti vähentämään haihtumista. Haihtuminen siis kuluttaa paljon enemmän energiaa kuin pelkkä veden lämmitys (Uimahalliportaali 2016). Tämä johtuu siitä, että veden ominaislämpökapasiteetti on $4,19 \text{ kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg})$, eli energiaa kuluu 4,19 kilojoulea, kun yksi kilogrammaa vettä lämmitetään yhden asteen verran. Veden ominaishöyrystymislämpö taas on $2\,260 \text{ kJ/kg}$ eli yksi kilogramma vettä kuluttaa 2 260 kilojoulea energiaa muuttuakseen nesteestä höyryksi. (Matemaattisten aineiden opettajien liitto 2005, s. 78 – 79.)



KUVIO 1. Veden olomuotojen muutokset, energian sitoutumien ja vapautuminen. (Rafnet-ryhmä 2004)

2.1 Uimahallien kosteus ja sen säätelyyn käytettyjä keinoja

Uimahallien sisäilman laatuvaatimuksiin vaikuttavat monet tekijät, kuten uimarit, henkilökunta ja rakennuksen rakenteet. Uimarit oleilevat hallissa pääosin uimapuvussa, ja heidän ihonsa on kostea. Allastilan ilman on oltava tarpeeksi lämmintä ja kosteaa, ettei uimareiden iholta haihtuva vesi aiheuta uimareille kylmyyden tunnetta. Henkilökunta taas on pukeutuneena vaatteisiin ja heidän ihonsa on kuivaa, joten kosteus ja lämpö voivat tuntua heistä epämiellyttävältä. Kosteuden tiivistymistä rakenteisiin pyritään estämään lämmittämällä rakenteita ilmastoinnilla ja pitämällä kosteusprosentti kohtuullisena. Ilmastointia mitoittaessa on otettava myös huomioon allasvedestä haihtuvat ihmiselle vaaralliset aineet ja epäpuhtaudet. (Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus 2008)

Uimahalleissa allastilan lämpötilaksi valitaan yleisesti 1,5 - 2,5 °C korkeampi lämpötila, kuin allasveden lämpötila. Tällä tavoin voidaan

vähentää veden haihtumista altaista ja ihmisten kostealta iholta. Lämpötilaeroksi voidaan asettaa myös noin 4 °C, jolloin haihtumisen väheneminen tehostuu. Allastilan maksimilämpötila saa kuitenkin olla 31 - 32 °C. Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskuksen, eli nykyisen Valviran ohjeiden mukaan allastilojen maksimilämpötila saa olla 32 °C, kun taas LVI-ohjekortin 06-10451 mukaan allastilan lämpötila ei saisi normaalisti olla yli 31 °C. Poikkeuksellisesti esimerkiksi terapia-allashuoneiden lämpötila saa olla yli 32 °C, koska veden lämpötila terapia-altaissa voi olla jopa 36 °C. (Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus 2008.)

Allastilan suhteellinen kosteus vaikuttaa myös veden haihtumiseen. Suhteellinen kosteuden määrä on kääntäen verrannollinen haihtumisen määrään. Sopivana ilmankosteutena pidetään 45 - 55 %. Yli 60 % suhteellisessa kosteudessa on suotuisat olosuhteet mikrobien kasvulle, joten sen ylittämistä suositellaan vain tilapäisesti. (Uimahallien ja virkistysuimaloiden LVIA-suunnittelu 2009.)

Haihtumisen vähentämiseksi pienempiin uima-altaisiin voidaan asentaa allaspeitteitä. Ne estävät tehokkaasti veden haihtumista ja näin vähentävät energian kulutusta. Allaspeitteiden käyttö voi olla kuitenkin hankalaa ja jopa mahdotonta isommissa uima-altaissa. (Johansson 2015.)

2.2 Allastilan kuivausmenetelmät

Allastilojen kuivaus on tärkeää ihmisten hyvinvoinnin ja rakenteisen ehjänä säilymisen kannalta. Uimahallien kuivaukseen on käytössä kaksi erilaista menetelmää: ilmaa voidaan kuivata kondensoivalla kuivauksella ja ilmavirtojen sekoituksella tai sen voi tehdä ulkoilmalla. (Seppänen 2004, 83 – 87)

Ilman kuivauksessa kondensoinnilla, ilma ohjautuu jäähdytyspatteriin. Jäähdytyspatterin pintalämpötilan ollessa pienempi kuin ilman kastepiste, ilman sisältämä vesi tiivistyy patterin pinnalle. Siitä vesi ohjataan kondenssiastiaan tai kondenssiputkea pitkin suoraan viemäriin.

Kondensoinnin jälkeen ilma on viileämpää ja sen absoluuttinen kosteus on pienempi. Kondensoivassa kuivauksessa voidaan hyödyntää jäähdyttimen lauhduttimen tuottamaa lauhdelämpöä. (Seppänen 2004, 87 - 88)

Kuivaus ulkoilmalla perustuu siihen, että Suomen oloissa ulkoilman absoluuttinen kosteus on aina pienempi, kuin uimahallin sisäilman absoluuttinen kosteus. Allastila voidaan siis kuivata niin, että sieltä poistetaan kosteaa ilmaa, joka korvataan kuivalla ulkoilmalla. (Seppänen 2004, 84 & Johansson 2015.)

3 HEATSAVR™

Heatsavr on aine, joka muodostaa veden pinnalle nestemäisen kalvon. Kalvo vähentää veden haihtumista ja vaikuttaa sillä tavoin veden- ja lämmitysenergiankulutukseen. *Heatsavr*-aine koostuu orgaanisista yhdisteistä ja isopropanolista. *Heatsavr*-ainetta lisättäessä veteen aineen sisältämä alkoholi auttaa aineen molekyylejä leviämään tasaisesti veden pinnalle. Näistä molekyyleistä muodostuu veden pinnalle läpinäkyvä, huomaamaton kalvo. (Brenntag UK Limited 2015). *Heatsavr*-aine on biohajoava ja ympäristöystävällinen aine. Sen käytöllä ei ole negatiivista vaikutusta allaslaitteisiin tai uimareiden terveyteen. (Flexible Solutions International Inc 2015.)

3.1 Flexible Solutions International Inc

Heatsavr-aineen on kehittänyt ja patentoinut Kanadalainen yritys Flexible Solutions International Inc. Suojakalvoaineen keksi kemisti Robert O'Brien vuonna 1985, minkä jälkeen Flexible Solutions perustettiin vuonna 1989. Nykypäivänä Flexible Solutions on ympäristötekniikan yritys, jonka päätavoitteena on kehittää ja tarjota energiaa ja vettä säästäviä tuotteita. (Flexible Solutions International Inc 2015)

Yrityksen muita tuotteita ovat *Ecosavr™* ja *Watersavr™*. *Ecosavr* on *Heatsavr*-aineen annosteluun suunniteltu ja myös patentoitu tuote. Se on kalan muotoinen, muovista valmistettu säiliö, joka vapauttaa hitaasti *Heatsavr*-ainetta uimaveteen. Kuviossa 2 on kuva *Ecosavr*-annostelupussista. *Ecosavr*-pussin toiminta perustuu patentoituihin pieniin venttiileihin, jotka vapauttavat *Heatsavr*-ainetta uimaveteen. *Ecosavr* lisää *Heatsavr*-aineen käyttömukavuutta, koska ainetta ei tarvitse lisätä joka päivä. Yksi *Ecosavr* riittää kuukaudeksi 40 neliömetrin kokoiseen altaaseen. Suurempiin altaisiin suositellaan kahta *Ecosavr*-pussia. (Flexible Solutions International Inc 2015.)



KUVIO 2. *Ecosavr* -muovinen säiliöpussi, joka vapauttaa *Heatsavr*-ainetta allasveteen. (Poolwerx 2016)

Watersavr on jauhemainen aine, joka on kehitetty erityisesti suurien vesialtaiden haihtumisen vähentämiseksi. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi juomavesialtaissa, maatalouden kasteluvesialtaissa, kanaaleissa tai ojissa, joissa tahdotaan vähentää veden haihtumista. *Watersavr*-aine sopii erityisesti käytettäväksi lämpimissä maissa, joissa auringon paisteen aiheuttama haihtuminen on voimakasta. (Flexible Solutions International Inc 2015.)

3.2 Käyttöohjeet

Heatsavr-aineen käyttö soveltuu kaikenkokoisille, muotoisille ja lämpöisille altaille. *Heatsavr*-aine on biohajoavaa, ja on tutkittu, että sen määrä puolittuu kahden vuorokauden aikana. Tämän takia on tärkeää annostella sitä päivittäin, jotta se toimisi mahdollisimman tehokkaasti. (Brenntag UK Limited 2015.)

Heatsavr-aine toimii parhaiten, kun sitä annostellaan pieniä määriä monta kertaa vuorokaudessa. Altaiden veden kierrossa on hyvä olla koko ajan ainetta. Parhaiten *Heatsavr* toimii silloin, kun uima-allasta ei käytetä. Käyttäjätavallisinta on käyttää annosteluun *Ecosavr*-annostelupussia tai kemikaalipumppua. Yleinen annostelumäärä tavallisiin uima-altaisiin on vuorokaudessa 0,8-1,0ml/m². *Heatsavr*-aineen biohajoavuus voimistuu,

mitä lämpimämpää vesi on, joten annostelua on syytä nostaa kuumissa kylpylä- ja terapia-altaissa. (Brenntag UK Limited 2015.)

3.3 *Heatsavr*-aineen toimintaan vaikuttavia tekijöitä

Heatsavr-ainetta voidaan käyttää yhdessä saostusaineiden, ultravioletivalon, otsonoinnin, suurimman osan suodattimista ja loiskekouruilla varustettujen altaiden kanssa. Jos altaassa on käytössä ultravioletivalo, otsonointi tai sen reunoilla on loiskekourut, tulee *Heatsavr*-aineen tehokkaan toiminnan varmistamiseksi annostelua lisätä 25 %. (Flexible Solutions International Inc 2015.)

3.3.1 Uima-altaiden muut kemikaalit

Saostusaineilla ei ole vaikutusta *Heatsavr*-aineen tehokkuuteen. *Heatsavr*-aineen molekyylit ovat 0,08 mikrometrin kokaisia, eli niin pieniä, etteivät saostusaineet vaikuta niihin. Saostusaineilla ei myöskään ole mahdollisuutta kerätä *Heatsavr*-ainetta, koska ne vajoavat altaan pohjalle, kun taas *Heatsavr*-aine pysyy veden pinnalla. Ultravioletivalon ja Otsonin käyttö vaikuttavat jonkin verran *Heatsavr*-aineen tehokkuuteen, joten on suositeltavaa lisätä annostelua 25 %. Tästä johtuen annostelumäärä vuorokaudessa normaaleissa uima-altaissa on silloin 1ml/m². (Flexible Solutions International Inc 2015.)

3.3.2 Altaiden tekniset ominaisuudet

Osalla altaiden teknisillä ominaisuuksilla on vaikutusta *Heatsavr*-aineen tehokkuuteen. *Heatsavr*-aine pyrkii aina asettumaan veden pintaan, ja se vaatii melko tynnen veden pinnan toimiakseen mahdollisimman tehokkaasti. Uima-altaiden loiskekourureunat voivat aiheuttaa veden pintaan väreilyä, jolloin veden pinta rikkoutuu. Kuviossa 3 näkyy tämän tyyppisen altaan reuna Vesileppiksen kylpylässä. Loiskekourullisissa altaissa *Heatsavr*-aineen annostelukertojen määräksi suositellaan ainakin kuudesta kahdeksaan kertaan vuorokaudessa, jotta veden pinnalla olisi

ainetta koko ajan. Veden kierron nopeudella voi olla myös vaikutusta veden pinnan väreilyyn eli mitä nopeampi kierron nopeus, sitä enemmän koko altaan vesimassa on liikkeessä. (Flexible Solutions International Inc 2015.)



KUVIO 3. Uima-altaan vesi pääsee valumaan reunojen yli, joten veden pinta on pienessä liikkeessä koko ajan. (Leppävirran Vesileppis-kylpylä 2015)

Suurin osa käytössä olevista suodatintyypeistä ei suodata *Heatsavr*-aineen kokoisia molekyylejä, joten niillä ei ole vaikutusta sen tehokkuuteen. Tällaisia ovat esimerkiksi hiekka-, piimaa-, lasi- ja patsuunasuodattimet. (Flexible Solutions International Inc 2015). Kuitenkin markkinoilla on kalvotekniikkaan perustuvia suodattimia, jotka suodattavat jopa 0,05 mikrometrin kokoisia molekyylejä. Näillä suodattimilla varustettuihin altaisiin *Heatsavr*-aineen käyttö ei sovellu. (Processing bath and spa solutions 2013).

3.3.3 Keinoja saavuttaa muita säästöjä *Heatsavr*-aineen käytöllä uimahalleissa

Allasveden lämmitystarpeen pienentämisen lisäksi *Heatsavr*-aineen käytöllä voidaan saavuttaa energiansäästöjä myös muilla teknisillä keinoilla. Uimahallien ollessa kiinni yleinen menetelmä energiankulutuksen vähentämiseksi on allastilojen lämpötilan laskeminen. *Heatsavr*-aineen käyttö alentaa allastilan kosteutta, joten lämpötilaa voidaan laskea vielä normaalia laskua alemmaksi ilman, että on vaaraa kosteuden tiivistymisestä rakenteisiin. Mahdollinen lämpötilan laskun määrä vaihtelee eri rakennuksissa niiden eristysominaisuuksien mukaan, mutta tyypillinen lasku on noin 6 °C uimahallin normaaliin lämpötilaan verrattuna. Lämpötilan laskulla saatavien säästöjen määrä kasvaa, kun ulkolämpötila laskee ja sisäilman lämmitykseen kuluu enemmän energiaa. (Brenntag UK Limited 2015.)

Toinen keino säästää energiaa uimahallin ollessa kiinni, on ilmastoinnin vähentäminen. Hallien ollessa kiinni ei ilmanlaadulla ole merkitystä, mutta liiallisella kosteuden määrällä on. Allastilaa tarvitsee kuivata vähemmän ilmastoinnilla, kun *Heatsavr*-aineella saadaan allastilan kosteus pysymään alhaisempana. (Brenntag UK Limited 2015.)

4 AIKAISEMPIEN TUTKIMUSTEN TULOKSIA ULKOMAILTA

Heatsavr-aine on ollut markkinoilla jo yli 20 vuoden ajan. Sillä on käyttäjiä muun muassa Kanadassa, Yhdysvalloissa ja Australiassa. Euroopassa aine on käytössä monessa eri maassa. *Heatsavr*-aineen vaikutuksista on tehty monia tutkimuksia. Sen tehokkuuden lisäksi on tutkittu aineen vaikutusta ihmiseen ja allaslaitteille. *Heatsavr*-aineen käytöllä kerrotaan voivan saavuttaa 10 – 40 % säästöt uima-altaiden lämmityskustannuksissa. (Flexible Solutions International Inc 2015.)

Tämän opinnäytetyön tehtyjen testien menetelmät perustuvat aikaisemmin tehtyihin testeihin ulkomailla. Tarkkailtavaksi otettiin kaksi erilaista tutkimusta. Toisessa tutkittiin veden lämmönjohtavuutta ja *Heatsavr*-aineen vaikutusta siihen. Toisessa taas tutkittiin aineen vaikutusta uimahallissa ilman kosteuteen ja allasvesien lämmitystarpeeseen.

4.1 Teston lämpöhäviötesti

Brenntag Ltd:n tilaama lämpöhäviötesti on tehty vuonna 2011 Teston toteuttamana. Työn tavoitteena oli osoittaa *Heatsavr*-aineen tehokkuus veden lämpöhäviön estämisessä. Työ tehtiin Salisburyyn kaupungissa Iso-Britanniassa. Mittaukseen käytettiin Testo 882 -lämpökameraa 32 asteen linssillä. Mittaukset suoritti Andy McGrath. (Flexible Solutions International Inc 2016)

Tutkimuksessa käytettiin kahta poreallasta, jotka olivat sijoitettu vierekkäin. Altaisiin lisättiin sama määrä vettä. Altaiden lämmitys kytkettiin pois päältä, kun kummankin altaan vesi oli 35 °C lämmintä. Testin alussa toiseen altaaseen lisättiin *Heatsavr*-ainetta. Vesien lämpötilan laskua seurattiin lämpökameralla noin 1,5 tunnin ajan. Huonelämpötila oli testin ajan 20 °C. Lämpökameralla kuvattaessa tuloksen tarkkuuteen vaikuttaa kappaleen tai aineen emissiivisyys. Testissä emissiivisyysdeksi on ilmoitettu 0,95. (Flexible Solutions International Inc 2016.)

Testin aikana ilman *Heatsavr*-ainetta olleen altaan vesi laski 5,5 °C ja *Heatsavr*-ainetta sisältävän altaan vesi vain 1,5 °C. Ensimmäisen ja viimeisen mittauksen välissä oli aikaa yksi tunti ja 24 minuuttia. Kuviossa 4 on esitetty tulokset lämpötilan profiilikuvassa. Keltainen alue kuvan vasemmalla puolella on ilman *Heatsavr*-ainetta olleen altaan veden lämpötilan muutos ja oikealla puolella punainen alue *Heatsavr*-ainetta sisältäneen altaan. Kuvasta voidaan nähdä, että *Heatsavr*-ainetta sisältäneen altaan lämpötila on pysynyt stabiilimpana kuin pelkkää vettä sisältäneen altaan. *Heatsavr*-ainetta sisältäneen altaan veden lämpötila laski 4 °C vähemmän kuin pelkkää vettä sisältäneen altaan. (Flexible Solutions International Inc 2016.)

Profile line:



KUVIO 4. Lämpökameralla saatuja tuloksia (Flexible Solutions International Inc 2016)

4.2 Sheridan yliopiston pilottitutkimus

Heatsavr-aineen tehokkuutta on tutkittu Kanadassa Bramptonin kaupungissa kansainvälisen YMCA-järjestön keskuksen uimahallissa. Työn teki kaksi Sheridan yliopiston opiskelijaa vuonna 2014. Uimahallissa mitattiin allastilan kosteutta ja lämpötilaa, allasveden tulo- ja menoveden lämpötilaa, veden virtausnopeutta ja korvausveden määrää. Uimahallissa tehtiin mittaukset 12 päivää ilman *Heatsavr*-aineen käyttöä ja 10 päivää aineen käytön kanssa. Uima-altaiden pinta-ala oli noin 400 m², ja *Heatsavr*-ainetta annosteltiin kahden tunnin välein 0,4 dl verran. Annostelumäärä oli siis noin 1,30 ml/m²/vrk. (Fernandes, A. & Klimowski, A. 2014.)

Taulukossa 1 on esitetty Kanadassa tehdyn testin tulokset. *Heatsavr*-aineen käytön aikana on saavutettu 45,5 % säästöt maakaasun kulutuksessa. Suhteellinen kosteus laski *Heatsavr*-aineen käytön aikana 2,5 %. (Fernandes, A. & Klimowski, A. 2014)

TAULUKKO 1. Kanadassa tehdyn testin tuloksia. (Fernandes, A. & Klimowski, A. 2014)

Table 1. Summary of results of YMCA Brampton liquid pool cover study.

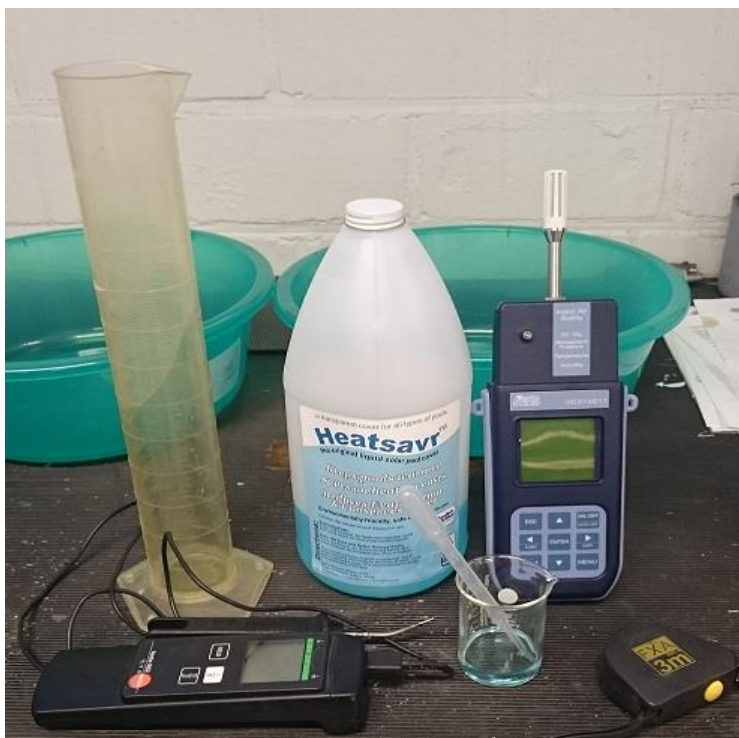
Test Period	Δ Temperature (°C)	Average %RH	Reduction in %RH	Natural Gas Consumption (\$/m ³)	Monthly Gas Consumption	Natural Gas Savings
Baseline	0.315	82.37	2.50%	172.96	\$432.41	45.53%
HeatSavr	0.136	80.26		65.62	\$196.86	

5 HEATSAVR-AINEEN VAIKUTUKSEN TUTKIMINEN LABORATORIOSSA

Heatsavr-aineen vaikutuksia veden haihtumiseen ja lämpöhäviöön tutkittiin Lahden ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Tutkimukset tehtiin aineen ominaisuuksien selvittämiseksi. Testien menetelmiin otettiin mallia Iso-Britanniassa Teston suorittamasta lämpöhäviötestistä. Testialtaiksi valittiin kuusi samanlaista pesuvatia, koska ne olivat tarpeeksi kevyitä punnittavaksi, ja niiden käyttö mahdollisti useamman otoksen saamisen kerralla. Kaikkien testien otoksia tehtiin kolme. Tulosten hajonta ei ollut kovin suurta, joten lisäotoksien tekemistä ei koettu tarpeelliseksi.

5.1 *Heatsavr*-aineen vaikutus veden haihtumiseen

Heatsavr-aineen vaikutusta haihtumiseen tutkittiin yksinkertaisella testillä. Vettä annosteltiin saman verran kuuteen vatiin. Kolmeen niistä lisättiin *Heatsavr*-ainetta $0,8\text{ml/m}^2$. Veden määrän mittaamisessa apuna käytettiin mittalasia ja vaakaa. Vtien annettiin olla paikallaan vuorokauden ajan, minkä jälkeen ne punnittiin uudestaan. Testivateina toimi 27 cm halkaisijaltaan olevat pesuvadit. Testihuoneen kosteutta ja lämpötilaa mitattiin testien ajan DeltaOHM HD21AB17-ilmanlaatumittarilla. Laboratorion huoneilman lämpötila oli $21\text{ }^\circ\text{C}$ ja suhteellinen kosteus 13 %. Vtien veden lämpötila oli testin ajan noin $17 - 18\text{ }^\circ\text{C}$. Testien suorittamiseen käytettiin kuviossa 5 näkyviä mittausvälineitä eli isoa ja pientä mittalasia, pipettiä, lämpötilamittaria, ilmanlaatumittaria ja mittanauhaa. Lisäksi käytössä oli vaaka.



KUVIO 5. Mittaus- ja testivälineitä. (Lahden ammattikorkeakoulun laboratorio, 2015)

Testien tulokset ovat liitteessä 1 ja 2. Haihtumismäärä tutkittiin *Heatsavr*-aineen kolmelle eri annostelumäärälle. Taulukossa 2 on esitetty annostelumäärät ja otoksien haihtumisen keskiarvot.

TAULUKKO 2. Haihtumismäärien keskiarvot vuorokaudessa *Heatsavr*-aineen eri annostelumäärille

Annostelumäärä	Veden haihtumismäärän keskiarvo
Ilman <i>Heatsavr</i>-ainetta	122,98 g/vrk
0,8 ml/m²	96,81 g/vrk
1,0 ml/m²	93,50 g/vrk
1,5 ml/m²	95,76 g/vrk

Heatsavr-ainetta sisältävissä vadeissa haihtuminen oli 21 - 24 % pienempää kuin pelkkää vettä sisältävissä vadeissa. Haihtumismäärä ei vaihdellut merkittävästi eri *Heatsavr*-aineen annostelumäärille. Vaihtelun vähyys johtui siitä, että vatiin vesi oli koko ajan paikallaan ja veden lämpötila oli matala. Testivadit sijaitsivat vierekkäin laboratoriossa, joten huoneen ilmavirtaukset saattoivat olla erilaiset eri vadeille.

5.2 *Heatsavr*-aineen vaikutus veden lämpöhäviöön

Haihtumisen vähentyessä sitoutuu veden faasimuutokseen vähemmän energiaa. Tämän takia *Heatsavr*-aineen käytön pitäisi vähentää veden lämpöhäviötä ja allasveden lämmityksen energiankulutusta.

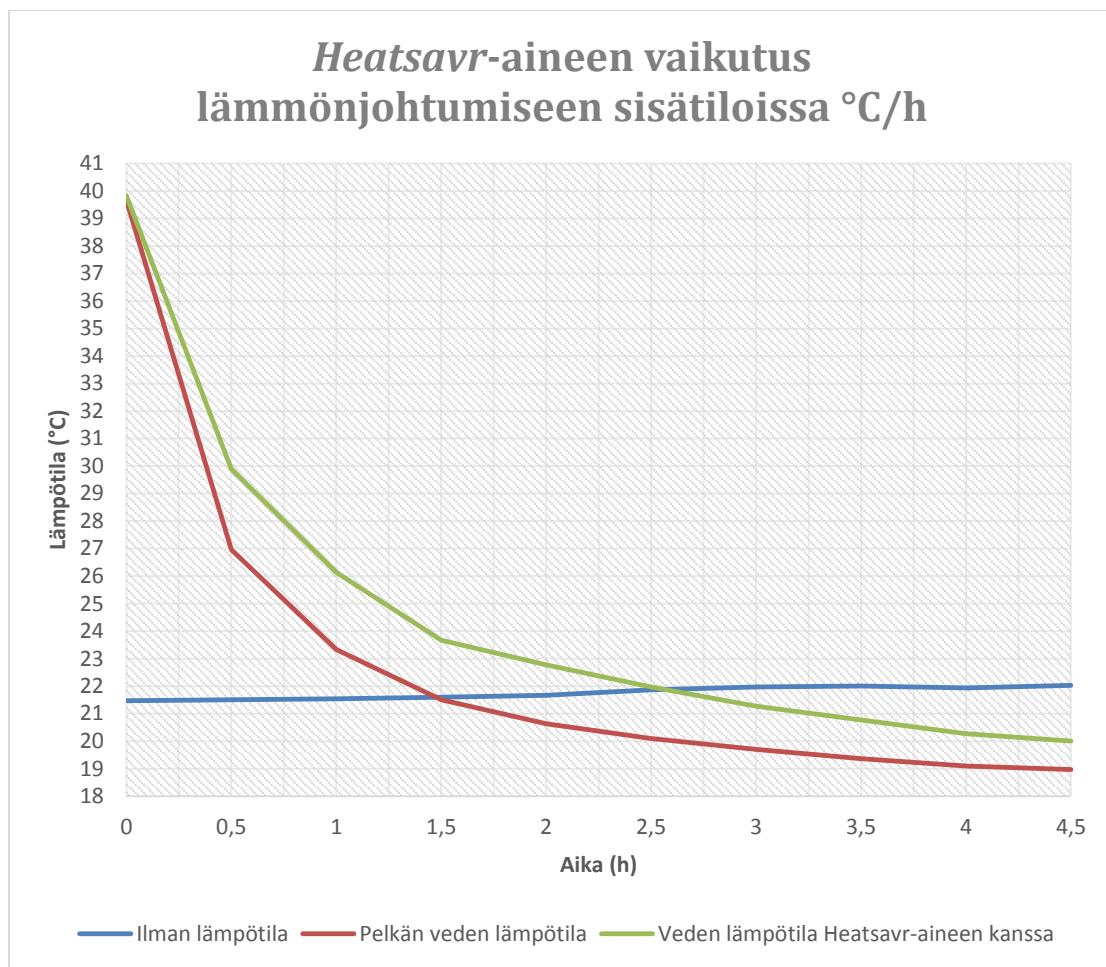
Seuraavissa testeissä tutkittiin *Heatsavr*-aineen vaikutusta veden lämpöhäviöön sisä- ja ulkotiloissa. Testialtaina käytettiin kahta samanlaisia vatia kuin haihtumistestissä. Kumpaankin vatiin lisättiin vettä kaksi litraa, ja veden lämpötila mittauksen alussa oli noin 40 °C. Lämpötilamittaukset tehtiin puolen tunnin välein 4,5 tunnin ajan. Ennen mittauksien aloitusta toiseen vatiin annosteltiin *Heatsavr*-ainetta 0,09 ml, noudattaen annostelumäärää 1,5 ml/m². Annostelumäärä valittiin veden korkean alkulämpötilan takia.

5.2.1 Testit sisätiloissa

Testiotoksia tehtiin kolme ja niiden tulokset ovat nähtävissä liitteessä 3. Taulukossa 3 on testiotoksien keskiarvot. Kuviossa 6 on näytetty tulosten keskiarvot diagrammissa. Kummassakin vadissa veden lämpötila laskee melko nopeasti ensimmäisen puolentoista tunnin ajan, minkä jälkeen lämpötilan lasku hidastuu. *Heatsavr*-ainetta sisältävässä altaassa veden lämpötilan lasku on kuitenkin hitaampaa. Tuloksista voidaan havaita, että vadissa, jossa käytettiin *Heatsavr*-ainetta, veden lämpötilanlasku on parhaimmillaan kolme °C hitaampaa kuin pelkkää vettä sisältävässä vadissa.

TAULUKKO 3. Veden lämpötilan lasku sisätiloissa ilman *Heatsavr*-ainetta ja *Heatsavr*-aineen kanssa.

Aika (h)	Ilman kosteus (%)	Huoneilman lämpötila (°C)	Pelkän veden lämpötila (°C)	Veden lämpötila <i>Heatsavr</i> -aineen kanssa (°C)
0,0	39,7	21,5	39,7	39,8
0,5	39,7	21,5	27,0	29,9
1,0	40,0	21,5	23,3	26,1
1,5	40,0	21,6	21,5	23,7
2,0	39,7	21,7	20,6	22,8
2,5	40,0	21,9	20,1	22,0
3,0	41,3	22,0	19,7	21,3
3,5	40,7	22,0	19,4	20,8
4,0	41,3	21,9	19,1	20,3
4,5	41,7	22,0	19,0	20,0



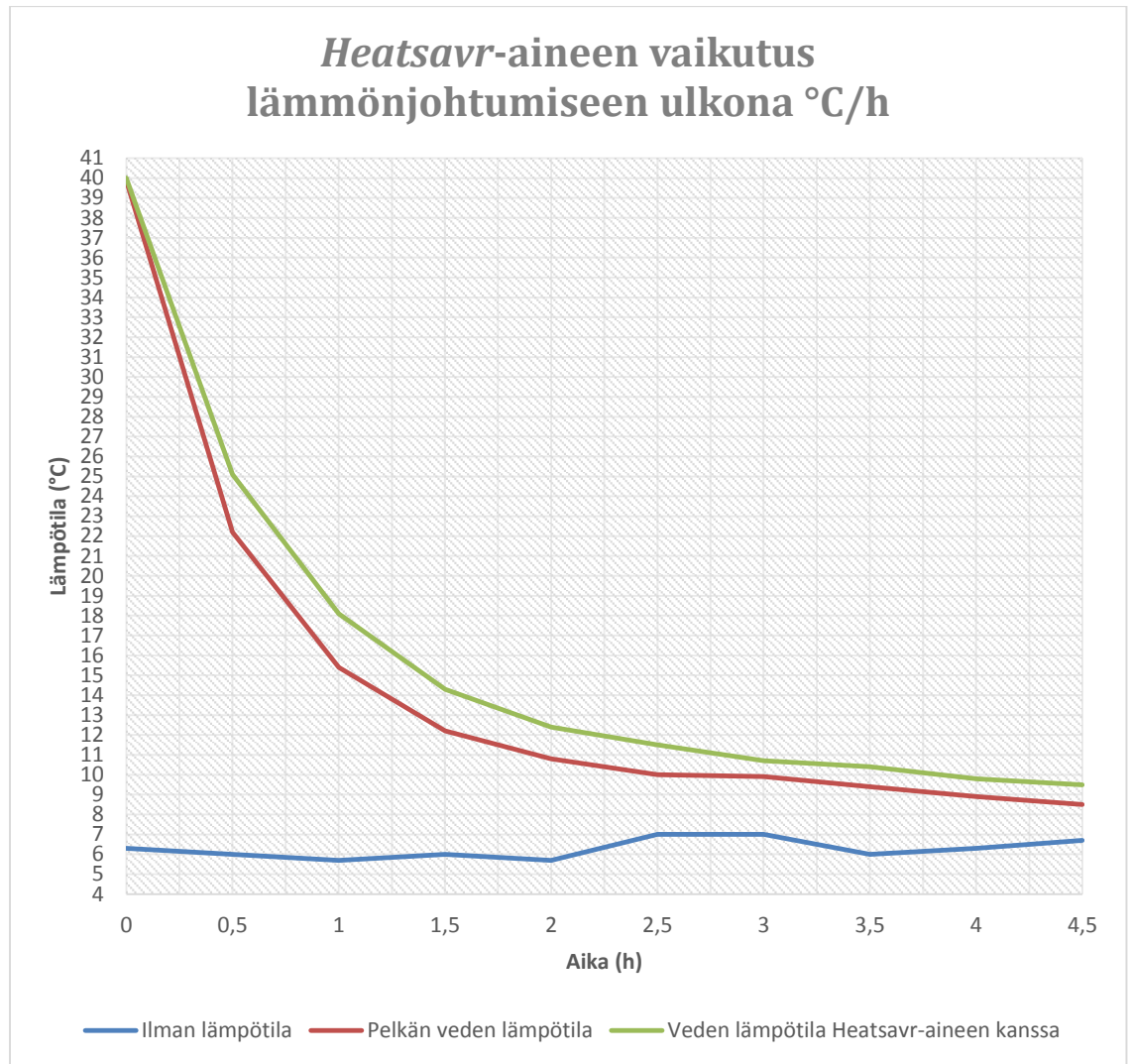
KUVIO 6. *Heatsavr*-aineen vaikutus veden lämpötilan laskuun sisätiloissa.

5.2.2 Testit ulkona

Testiotoksia tehtiin ulkona myös kolme, ja niiden tulokset ovat nähtävillä liitteessä 4. Taulukossa 4. on otoksien keskiarvot ja kuviossa 7. ne ovat näytetty diagrammi-muodossa. Ulkolämpötila oli mittausajankohtana noin kuusi °C. Lämpötila laskee nopeasti kymmeneen asteeseen, jonka jälkeen lasku hidastuu. Samoin, kuin sisätiloissa tehdyssä testissä, myös ulkona *Heatsavr*-aineella saadaan vähennettyä lämpöhäviötä parhaimmillaan noin kolmen °C:n verran.

TAULUKKO 4. Veden lämpötilan lasku ulkoilmassa ilman *Heatsavr*-ainetta ja *Heatsavr*-aineen kanssa.

Aika (h)	Ulkoilman lämpötila (°C)	Ilman suhteellinen kosteus (%)	Pelkän veden lämpötila (°C)	Veden lämpötila <i>Heatsavr</i> -aineen kanssa (°C)
0,0	6,3	56,0	39,9	40,0
0,5	6,0	57,3	22,2	25,1
1,0	5,7	58,0	15,4	18,1
1,5	6,0	59,3	12,2	14,3
2,0	5,7	60,3	10,8	12,4
2,5	7,0	59,7	10,0	11,5
3,0	7,0	59,0	9,9	10,7
3,5	6,0	59,0	9,4	10,4
4,0	6,3	58,3	8,9	9,8
4,5	6,7	57,3	8,5	9,5



KUVIO 7. *Heatsavr*-aineen vaikutus veden lämpötilan laskuun ulkoilmassa.

5.3 Tulosten analysointi

Testien tuloksista voidaan havaita, että *Heatsavr*-aineen käytöllä on vaikutusta veden haihtumiseen ja veden lämpöhäviöön. Haihtuminen laski 21- 24 % testivadeissa, kun niissä käytettiin *Heatsavr*-ainetta.

Lämpöhäviötestissä testivatiin lämpötilaero pelkän veden ja *Heatsavr*-ainetta sisältävän veden välillä oli parhaimmillaan noin kolme celsiusastetta. Kaikki testivadit olivat samanlaisia ja ne olivat asetettu samanlaiselle alustalle. Tämän takia testivatiin materiaalin u-arvoa ei otettu laskuissa huomioon.

Lämpöhäviötestin tuloksista laskettiin kaavan 1 avulla, kuinka paljon energiaa säästettiin *Heatsavr*-aineen käytöllä. (Hautala & Peltonen 2007, s. 160). Laskuihin käytettiin kolmen otoksen keskiarvoja. Tarkasteluun otettiin aikaväli 0-1 h, jolloin lämpötilan laskun ero oli suurimmillaan

$$Q = c_p * m * \Delta T \quad (1)$$

jossa

- Q [kJ] on energiamäärä, jonka vesi menettää lämpötilan laskussa
- $C_p \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ on veden ominaislämpökapasiteetti 4,19 vakiopaineessa
- m [kg] on massa
- $\Delta T [^\circ\text{C}]$ on lämpötilan muutos.

Kaavalla 1 saatiin sisätiloissa lämmitysenergiansäästöksi 22,626 kJ ja ulkona energiaa säästettiin 21,788 kJ ensimmäisen tunnin aikana. Prosentteina lämmitysenergiansäästö on 16 % sisätiloissa ja ulkona 11 %. Testitulokset osoittavat, että *Heatsavr*-aine vaikuttaa veden lämpöhäviöön vähentävästi, eli *Heatsavr*-aineen käytöllä voidaan vähentää veden lämmitysenergian kulutusta.

6 HEATSAVR-AINEEN VAIKUTUKSEN TUTKIMINEN UIMAHALLISSA

Heatsavr-aineen vaikutuksia uimahallin energiatehokkuuteen tutkittiin Leppävirralla hyvinvointi- ja liikuntakeskus Vesileppiksen kylpylässä. Mittauksiin otettiin mallia Kanadassa tehdystä Sheridan yliopiston pilottitutkimuksesta. Vesileppiksessä mitattiin allastilan suhteellista kosteutta ja lämpötilaa normaalitilassa sekä *Heatsavr*-aineen käytön aikana. Mittausjakson kaukolämmönkulutuksia myös verrattiin edellisvuoteen.

6.1 Hyvinvointi- ja liikuntakeskus Vesileppis

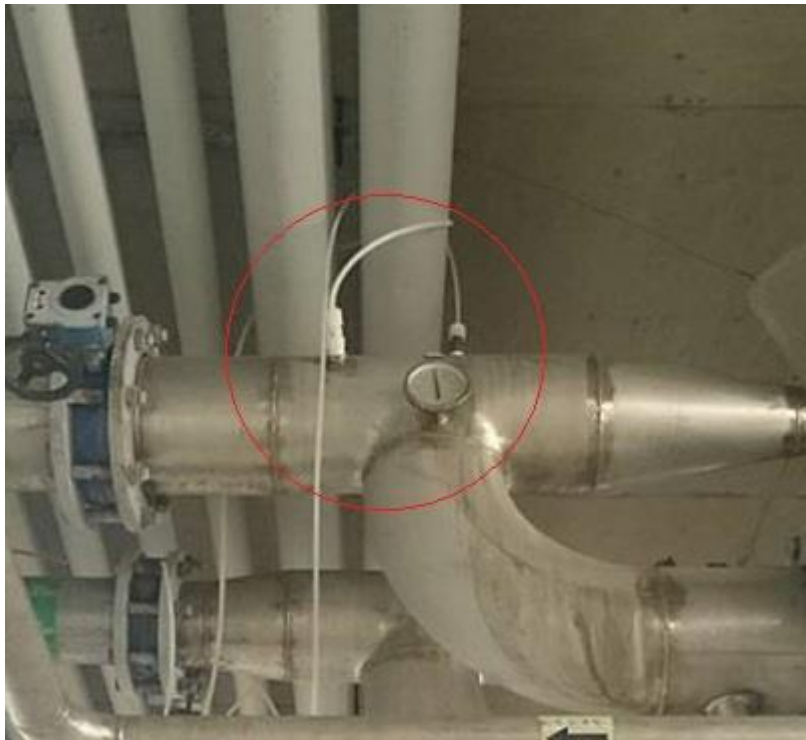
Vesileppis sijaitsee Leppävirran kunnassa Unnukkajärjen rannalla. Vesileppis on rakennettu vuonna 1993, ja sen vuotuinen kävijämäärä on noin 90 000. Allaspinta-alaa siellä on 511 m², ja uima-altaiden lämpötilat ovat normaalisti 28 - 30 °C. Mittauksien aikana altaiden lämpötilat olivat kuitenkin 2 °C lämpimämpiä kuin yleensä. Tämä on Vesileppiksen käytäntö lomasesongin aikana. Kuntouinti- ja liukumäkialtaissa veden lämpötila oli testausaikana 30 °C ja kylpylä- ja lastenaltaassa 32 °C. Allasvesien puhdistukseen käytetään Vesileppiksessä aktiivihieiltä ja otsonointia. Suodatus tapahtuu kvartsihiekkalla. Lämmitysmuotona Vesileppiksessä on kaukolämpö ja sen keskimääräinen vuosikulutus on 1000 MWh. Kylpylän tarkemmat allastiedot löytyvät liitteestä 5. *Heatsavr*-ainetta käytettiin testien aikana kuntouintialtaassa, liukumäkialtaassa, kylpyläaltaassa ja lastenaltaassa. Kuntouinti- ja liukumäkialtaiden vedet kulkevat saman tasausaltaan kautta. Kylpylä- ja lastenaltaiden vedet ohjataan myös samaan tasausaltaaseen.

6.2 Allastilan olosuhteiden mittaukset ja *Heatsavr*-aineen annostelu

Kylpylässä ilmankosteus ja lämpötila mitattiin ilman *Heatsavr*-ainetta ja *Heatsavr*-aineen kanssa joulukuussa 2015 ja tammikuussa 2016. Mittauksissa käytettiin ilmankosteuden ja ilman lämpötilan seuraamiseen

Trotec BL30 ilmaston tiedonkeruulaitetta. Mittari sijoitettiin allastilaan suojaan vesiroiskeilta ja uimahallin asiakkailta.

Mittaukset aloitettiin 1.12.2015 ilman *Heatsavr*-aineen käyttöä. *Heatsavr*-aineen käyttö aloitettiin 10.12.2015 ja sen käyttöä jatkettiin 22.1.2016 asti. Annosteluna käytettiin $1\text{ml}/\text{m}^2/\text{vrk}$ ja sitä pumpattiin altaiden menovesiputkien kautta allaslaitetiloista (Kuvio 8). Annostelumääräksi valittiin $1\text{ml}/\text{m}^2$, koska altaissa oli loiskekourut altaan reunoilla ja puhdistuksessa käytettiin otsonointia.



KUVIO 8. *Heatsavr*-aineen pumppauskohdat altaiden menovesiputkissa. (Leppävirran Vesileppis-kylpylä 2015)

Heatsavr-ainetta pumpattiin vuorokauden aikana kuusi kertaa. Pumppausajat olivat kello 00:00, 03:00, 06:00, 11:00, 18:00 ja 21:00.

6.2.1 Allastilan olosuhteiden mittaustulokset

Vertailuun valittiin kaksi kymmenen päivän ajanjaksoa, toinen ilman *Heatsavr*-aineen käyttöä ja toinen aineen käytön ajalta. Nämä ajanjaksot olivat 1.12 - 10.12.2015 ilman *Heatsavr*-aineen käyttöä ja aineen kanssa

16.12 - 26.12.2015. Ajanjaksot valittiin, koska niiden aikana ulkolämpötilojen keskiarvo oli lähellä toisiaan. Ilman *Heatsavr*-aineen käyttöä jakson ulkolämpötilan keskiarvo oli 0,3 °C ja aineen kanssa 0,5 °C. Allastilan lämpötilan keskiarvo nousi *Heatsavr*-aineen käytön aikana yhdellä asteella. Taulukossa 5 on esitetty olosuhteiden muutokset vertailujaksoilta.

TAULUKKO 5. Mittaustulokset Vesileppiksessä.

Aikajakso (vrk)	Suhteellisen kosteuden keskiarvo (%)	Suhteellisen kosteuden keskiarvo yöajalta (%)	Allastilan lämpötilan keskiarvo (°C)	Ulkolämpötilan keskiarvo (°C)
1.12 - 10.12.2015 Ilman <i>Heatsavr</i>-ainetta	62	62	28	0,3
16.12 – 26.12.2015 <i>Heatsavr</i>-aineen kanssa	52	54	29	0,5

Vesileppikseltä ei saatu käyttöön päiväkohtaisia kävijämääriä. Tämän takia suhteellisen kosteuden muutokseen vaikuttavista tekijöistä ei voida sulkea ulkopuolelle kävijämäärän laskua. Oletuksena, että allastilan kosteus nousee, samalla kun kävijämäärät nousevat.

Tarkasteluun otettiin siis allastilojen kiinnioloaika, jolloin altaissa ei ollut uimareita. Suhteellisen kosteuden keskiarvo yöajalta ilman *Heatsavr*-ainetta oli 62 % ja yöajalta *Heatsavr*-aineen käytön aikana 54 %. Lämpötilojen keskiarvoihin ei tullut muutoksia koko ajalta laskettuihin tuloksiin.

6.2.2 Vedenlaatu *Heatsavr*-aineen käytön aikana

Heatsavr-aineen käytön aikana Vesileppiksessä seurattiin myös veden laatua. Päivittäin otetuissa allasveden pH- ja vapaan kloorin mittausarvoissa ei tapahtunut muutoksia *Heatsavr*-aineen käytön aikana. Vesileppiksessä suoritetaan veden terveydellisten vaikutusten testit 10 kertaa vuodessa eikä näissäkään testeissä havaittu mitään muutoksia testiaikana. Nämä testit suoritti Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy. Testin tulokset ovat liitteessä 6. Allasvesissä ei havaittu mitään silmämääräisiä muutoksia *Heatsavr*-aineen käytön aikana.

6.3 *Heatsavr*-aineen vaikutus kaukolämmön kulutukseen

Vesileppiksen uimahallissa saatiin käyttöön kaukolämmönkulutuksen määrät joulukuulta vuosilta 2014 ja 2015 sekä tammikuulta vuosilta 2015 ja 2016. Kulutustiedot löytyvät liitteistä 7 - 10. Kaukolämpöä käytetään Vesileppiksessä allasvesien ja allastilan lämmitykseen, ilmastointiin ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Lämpimän käyttöveden kaukolämmön kulukseen vaikuttavat ainoastaan kävijämäärät. Vesileppiksessä ei ollut mahdollista saada päiväkohtaisia kävijämääriä, joten kulutuksia vertailtiin koko kuukausien osalta edellisvuoden vastaaviin kuukausiin.

6.3.1 Energiankulutuksen normitus

Energiankulutuksen normituksella tarkoitetaan energiankulutuksen sääkorjausta. Normituksen laskeminen perustuu siihen, että lämmityksen energiankulutus on verrannollinen ulko- ja sisälämpötilan erotukseen. Normituksen avulla voidaan verrata rakennuksen eri ajanjaksojen kulutuksia toisiinsa. Normituksen laskemiseen tarvitsee ensin laskea lämmitystarveluku. Lämmitystarveluku kuukaudelle saadaan laskemalla yhteen jokaisen päivän sisä- ja ulkolämpötilojen erotukset. Sisälämpötilana käytetään yleensä tavallisissa rakennuksissa +17, mutta uimahallissa peruslämpötilana käytetään +25 (Mattsson 2012). Ennen normituksen laskemista lämmittämiseen menevästä energiankulutuksesta täytyy

poistaa käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia. Motivan internetsivuilta löytyy normituksen laskemiseen kaava (2):

$$Q_{norm} = k_1 * (S_{N\ vpkunta} / S_{toteutunut\ vpkunta}) * Q_{toteutunut} + Q_{lämmin\ käyttövesi} \quad (2)$$

jossa,

- Q_{norm} on normitettu energiankulutus
- k_1 on paikkakunta-kohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan
- $S_{N\ vpkunta}$ on normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakuntaan
- $S_{toteutunut\ vpkunta}$ on toteutunut lämmitystarveluku kuukausi- tai vuositasolla vertailupaikkakunnalla
- $Q_{toteutunut}$ on rakennuksen lämmittämiseen kulunut energia
- $Q_{lämmin\ käyttövesi}$ on rakennuksen käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia. (Motiva, 2016)

Kaavassa 2 oleva normaalikuukauden tai -vuoden lämmitystarveluku on vertailukauden 1981 - 2010 keskiarvoihin perustuva luku.

Lämmitystarveluku lasketaan 16 vertailupaikkakunnalle joka kuukausi.

Vesileppiksen uimahallissa ei pystytty erottamaan lämpimän käyttöveden määrää koko lämmitykseen kuluva energiasta. Kuukausittaiset kävijämäärät olivat kuitenkin selvillä, joten koko kuukauden lämmitysenergian normitettua tulosta verrattiin kävijämääriin. Kulutuksen normitus laskettiin kaavalla 3 ilman lämpimän käyttöveden poistoa.

6.3.2 Kulutuksen vertailu

Kulutusmääriä vertailtiin koko kuukausien ajalta, koska tiedossa ei ollut päiväkohtaisia kävijämääriä eikä lämpimän käyttöveden määrää pystytty määrittämään. Lisäksi lämmitystarveluvut ovat määritetty kuukausikohtaisesti. Taulukossa 6 on lämmitysenergian kulutuksen vertailutulos vuosien 2014 ja 2015 joulukuulta. Tuloksia vertailtaessa on otettava huomioon, että *Heatsavr*-aine oli käytössä 10.12.2015 - 22.1.2016 välisen ajan, eikä koko kuukautta.

TAULUKKO 6. Vuosien 2014 ja 2015 joulukuun lämmitysenergian kulutuksen vertailu Vesileppiksessä.

Aika (kuukausi ja vuosi)	Lämmitysenergian kulutus (MWh)	Lämmitysenergian kulutuksen ero prosentteina (%)	Normitettu lämmitysenergian kulutus (MWh)	Kävijämäärä (hlö)	Ulkolämpötilan keskiarvo Kuopion mittausasemalta (°C)	Normitetun energiankulutuksen ero prosentteina (%)
Joulukuu 2014 Ilman <i>Heatsavr</i> -ainetta	122,1		141,1	5385	-3,5	
Joulukuu 2015 <i>Heatsavr</i> -aineen kanssa	116,8	4,3 % vähemmän vuonna 2015	158,0	6314 (14,7 % enemmän vuonna 2015)	-0,4	11 % enemmän vuonna 2015

Todellinen energiakulutuksen määrä joulukuussa 2015 oli 4,3 % vähemmän vuoteen 2014 verrattuna. Tuloksissa on myös otettava huomioon, että vuonna 2015 kävijöitä oli 929 enemmän, kuin vuonna 2014. Koska joulukuiden kävijämäärissä oli suurta vaihtelua vertailuvuosien välillä, on kaukolämmön normitus käytössä olevilla tiedoilla

hyvin epätarkka. Taulukossa 7 on energiankulutustiedot vuosien 2015 ja 2016 tammikuulta.

TAULUKKO 7. Vuosien 2015 ja 2016 tammikuun lämmitysenergian kulutuksen normitettu määrä Vesileppiksessä.

Aika (kuukausi ja vuosi)	Lämmitysenergian kulutus (MWh)	Lämmitysenergian kulutuksen ero prosentteina (%)	Normitettu lämmitysenergian kulutus (MWh)	Kävijämäärä (hlö)	Ulkolämpötilan keskiarvo Kuopion mittausasemalta (°C)	Energiankulutuksen ero prosentteina (%)
Tammikuu 2015	139,8	7,6 % enemmän vuonna 2016	151,8	7250	-7,1	18 % vähemmän vuonna 2016
Tammikuu 2016 <i>Heatsavr-aineen kanssa</i>	151,3		124,5	7038 (3 % vähemmän vuonna 2016)	-14,8	

Energiankulutuksen normituksen jälkeen vuoden 2016 tammikuussa on kulunut 18 % vähemmän energiaa kuin vuonna 2015 tammikuussa. Vertailutammikuiden keskilämpötiloissa oli suuri ero, joten kulutuksen normitus muuttaa tulosta merkittävästi.

Saaduilla tiedoilla normitetut energiankulutukset eivät vastaa täysin todellisia kulutusmääriä, koska lämpimän käyttöveden kulutuksen osuutta ei tarkalleen tiedetty. Normituksen jälkeen voidaan kuitenkin kuluksia verrata toisiinsa, kun ulkolämpötilan vaikutus on tasoitettu. Tämä onnistui etenkin tammikuiden vertailussa, kun eri vuosien kävijämäärissä ei ollut suurta eroa.

7 HAIHTUMISEN MÄÄRITTÄMINEN

Uimahalleissa haihtumista tapahtuu uima-altaiden lisäksi altaiden loiskekouruista, märiltä latioilta sekä uimareiden märältä iholta. Haihtumisen määrään vaikuttaa moni asia. Näitä ovat esimerkiksi ilman ja veden lämpötila, ilman kosteus, veden ja ilman virtaukset, altaiden rakenne ja uimareiden määrä. Haihtumisen määrän arvioimiseen uimahalleissa on erilaisia tapoja. Sitä on kuitenkin mahdotonta arvioida täysin tarkasti. Tässä työssä käytettiin LVI-ohjekortista 06-10451 löytyvää yksinkertaista kaavaa (3) Vesileppiksen altaiden haihtumisen määrittämiseen. Kaavalla voidaan selvittää veden haihtumisen arvio, kun tiedetään ilman kosteus, allasveden ja allastilan ilman lämpötila sekä altaan pinta-ala. (LVI-ohjekortti 06-10451 2009.)

$$q_{vm} = A * B_x * (X_v - X_i) \quad (3)$$

jossa

- q_{vm} on haihtuvan veden massavirta, kg/s
- A on altaan pinta-ala, m²
- B_x on kokemusperäinen haihtumiskerroin, kg/m²s
- X_v on kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa, kg/kg_{kuivaa ilmaa}
- X_i on ilman vesisisältö allastilan lämpötilassa, kg/kg_{kuivaa ilmaa}

Kaavassa 3 käytetyt kokemusperäiset haihtumiskertoimet ovat vakioita, jotka kertovat haihtumismäärän kilogrammoina neliometriä kohden yhden sekunnin ajan. Haihtumiskertoimia erilaisille altaille on esitetty kuviossa 9.

Allastyyppi	B_x kg/m ² s
peitetty	0,00022
ei käyttäjiä	0,0022
yksityisallas	0,0066
syvyys yli 1,35 m ¹⁾	0,0087
syvyys alle 1,35 m ²⁾	0,0125
aaltoallas aaltokäytöllä	0,0156
vesiliukumäki ja vesiliukumäen alastuloallas	0,0156

KUVIO 9. Kokemusperäiset haihtumiskertoimet (LVI-ohjekortti 06-10451 2009.)

Laskennan nopeuttamiseksi käytettiin CoolPack-tietokoneohjelmaa, jonka avulla voidaan selvittää ilman sisältämä vesimassa lämpötilan, ilmanpaineen ja suhteellisen kosteuden avulla. Ilman sisältämä vesimassa voidaan selvittää myös Mollier-diagrammilla, joka löytyy liitteestä 11. Käyttämällä CoolPack-ohjelmaa säästetään aikaa ja tuloksista saadaan tarkemmat. Tämän työn laskuissa on käytetty normaalia ilmanpainetta 1013 Pa, koska pienillä ilmanpaineen muutoksilla ei havaittu olevan suurta merkitystä haihtumisen määrään.

7.1 Veden haihtuminen Vesileppiksessä normaalitilassa

Veden haihtumisen arvio Vesileppiksessä yöajalta laskettiin kaavalla 2. Kuviossa 10 on kuva laskennan apuna käytetystä Excel-laskentaohjelmasta ja sillä lasketuista tuloksista. Yöajan eli klo 21.00 – 07.00 välisen ajan haihtumisen arvioksi saatiin noin 60 kg/h. CoolPack-ohjelmalla laskettiin ilman vesisisältö (liite 12) ja kylläisen ilman vesisisältö allasvesien lämpötilassa (liite 13). Kokemusperäiseksi haihtumiskertoimeksi valittiin 0,0022 kg/m²s, joka soveltuu käytettäväksi altaisiin, joissa ei ole uimareita. Laskennan ulkopuolelle jäivät kylmävesi- ja poreallas.

<u>Veden haihtuminen ilman Heatsavr-ainetta</u>			
Veden haihtuminen altaasta (30°C)			
$q_{vm} = A \cdot B_x \cdot (X_v - X_i)$			
q_{vm} = haihtuvan veden massavirta, kg/s	0,013042	kg/s	46,94976 kg/h
A = altaan pinta-ala, m ²	475		
B _x = kokemusperäinen haihtumiskerroin, kg/m ² s	0,0022		
X _v = kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa, kg/kg _{kuivaa ilmaa}	0,02722		
X _i = ilman vesisisältö kg/kg _{kuivaa ilmaa}	0,01474		
Veden haihtuminen altaasta (32°C)			
$q_{vm} = A \cdot B_x \cdot (X_v - X_i)$			
q_{vm} = haihtuvan veden massavirta, kg/s	0,003467	kg/s	12,48255 kg/h
A = altaan pinta-ala, m ²	99		
B _x = kokemusperäinen haihtumiskerroin, kg/m ² s	0,0022		
X _v = kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa, kg/kg _{kuivaa ilmaa}	0,03066		
X _i = ilman vesisisältö kg/kg _{kuivaa ilmaa}	0,01474		
			yhteensä: 59,43231 kg/h

KUVIO 10. Veden haihtuminen Vesileppis-kympylässä ilman *Heatsavr*-aineen käyttöä yöajalta.

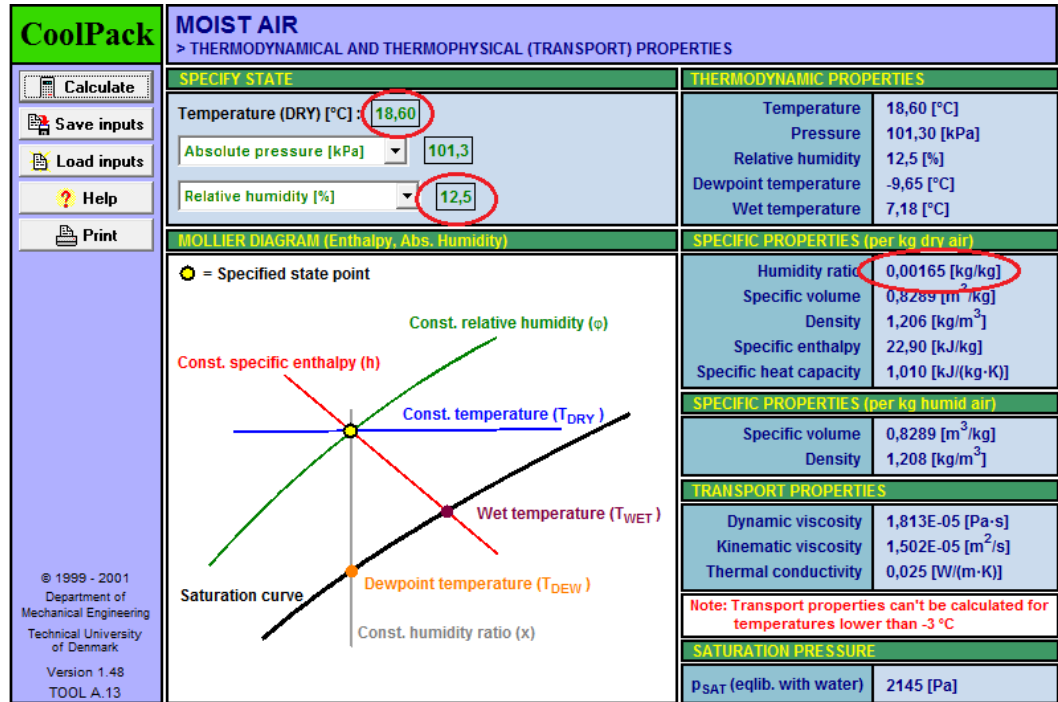
7.2 Veden haihtumisen laskeminen *Heatsavr*-aineen käytön aikana

Heatsavr-aine muuttaa allasveden ominaisuuksia haihtumisen osalta.

Tämän takia *Heatsavr*-aineen käytölle täytyi määrittää oma

kokemusperäinen haihtumiskerroin, jotta voidaan laskea altaasta haihtuva veden määrä. Kokemusperäinen haihtumiskerroin voidaan määrittää kaavan 2 avulla, kun tiedetään haihtuvan veden massavirta, altaan pinta-ala, veden lämpötila sekä ilmankosteus. Laskennassa käytettiin tämän työn kohdassa 4.1 saatuja haihtumistestin tuloksia.

Kun ainetta annosteltiin $1,0 \text{ ml/m}^2$, haihtui vadeista vuorokauden aikana $93,50 \text{ grammaa}$. Sijoittamalla tämän tuloksen ja testihuoneen ilman vesisisällön (Kuvio 11) ja kylläisen ilman vesisisällön veden lämpötilassa (Kuvio 12) kaavaan 2, saadaan kokemusperäiseksi haihtumiskertoimeksi $0,00175 \text{ kg/m}^2\text{s}$.



KUVIO 11. CoolPack-ohjelmalla laskettu testihuoneen ilman vesisisältö.

CoolPack		MOIST AIR > THERMODYNAMICAL AND THERMOPHYSICAL (TRANSPORT) PROPERTIES	
Calculate Save inputs Load inputs Help Print	SPECIFY STATE		THERMODYNAMIC PROPERTIES
	Temperature (DRY) [°C]: 17.40 Absolute pressure [kPa]: 101.3 Relative humidity [%]: 100		Temperature: 17.40 [°C] Pressure: 101.30 [kPa] Relative humidity: 100.0 [%] Dewpoint temperature: 17.40 [°C] Wet temperature: 17.40 [°C]
	MOLLIER DIAGRAM (Enthalpy, Abs. Humidity)		SPECIFIC PROPERTIES (per kg drv air)
			Humidity ratio: 0.01245 [kg/kg] Specific volume: 0.8397 [m³/kg] Density: 1.191 [kg/m³] Specific enthalpy: 49.04 [kJ/kg] Specific heat capacity: 1.029 [kJ/(kg·K)]
	© 1999 - 2001 Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark Version 1.48 TOOL A.13		SPECIFIC PROPERTIES (per kg humid air) Specific volume: 0.8397 [m³/kg] Density: 1.206 [kg/m³]
		TRANSPORT PROPERTIES	
		Dynamic viscosity: 1.805E-05 [Pa·s] Kinematic viscosity: 1.515E-05 [m²/s] Thermal conductivity: 0.025 [W/(m·K)]	
		Note: Transport properties can't be calculated for temperatures lower than -3 °C	
		SATURATION PRESSURE	
		P _{SAT} (eqlib. with water)	1989 [Pa]

KUVIO 12. CoolPack-ohjelmalla laskettu kylläisen ilman vesisisältö testivadin veden lämpötilassa.

Kokemusperäiseksi haihtumiskertoimeksi saatiin *Heatsavr*-ainetta käytettäessä 0,00175, kun veden pinta on tyyni. Tämän kertoimen avulla laskettiin kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa sekä ilman vesisisältö (liite 7). Näin laskettuna saatiin haihdunnan määräksi noin 52 kg/h (Kuvio 13).

Veden haihtuminen Heatsavr-aineen käytön aikana			
Veden haihtuminen altaasta (30°C)			
$q_{vm} = A \cdot B_x \cdot (X_v - X_i)$			
q_{vm} = haihtuvan veden massavirta, kg/s	0,011338	kg/s	40,8177 kg/h
A = altaan pinta-ala, m ²	475		
B _x = kokemuseräinen haihtumiskerroin, kg/m ² s	0,00175		
X _v = kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa, kg/kg _{kuivaa ilmaa}	0,02722		
X _i = ilman vesisisältö kg/kg _{kuivaa ilmaa}	0,01358		
Veden haihtuminen altaasta (32°C)			
$q_{vm} = A \cdot B_x \cdot (X_v - X_i)$			
q_{vm} = haihtuvan veden massavirta, kg/s	0,002959	kg/s	10,6528 kg/h
A = altaan pinta-ala, m ²	99		
B _x = kokemuseräinen haihtumiskerroin, kg/m ² s	0,00175		
X _v = kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa, kg/kg _{kuivaa ilmaa}	0,03066		
X _i = ilman vesisisältö kg/kg _{kuivaa ilmaa}	0,01358		
			yhteensä:
			51,4705 kg/h

KUVIO 13. Veden haihtuminen Vesileppis-kympylässä *Heatsavr*-aineen käytön aikana yöajalta.

Tämän laskumenetelmän avulla laskettuna veden haihtuminen väheni *Heatsavr*-aineen käytön aikana 13 %.

8 TULOKSET JA YHTEENVETO

Suomesta löytyy paljon potentiaalisia uimahalleja, joissa *Heatsavr*-aineen käytöllä voidaan saavuttaa hyötyjä. Suomen uimahallikanta on jo melko vanhaa, ja rakennuksien lämmöneristykset eivät ole optimaaliset. Tämän takia on tärkeää, että uimahallien kosteus ei pääse nousemaan liian korkeaksi. Kosteuden tiivistyessä rakenteisiin voi se aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita. (Johansson 2015). *Heatsavr*-aine soveltuu suurimpaan osaan Suomen uimahalleista myös käytössä olevien suodatusjärjestelmien puolesta. Yleisin suodatusmenetelmä Suomen uimahalleissa on avo- tai painehiekkasuodatus, joilla ei ole vaikutusta *Heatsavr*-aineen tehokkuuteen. (Uimahalli- ja kylpylätekniinen yhdistys ry 2015 & Flexible Solutions International Inc 2015).

Tämän opinnäytetyön tutkimusten perusteella voidaan todeta, että *Heatsavr*-aineen käytöllä on positiivinen vaikutus uimahallien energiatehokkuuteen. Säästöä voidaan saada veden lämmitystarpeen vähenemisestä, haihtumisen pienenemisestä, ilmastoinnin kuivatustarpeen vähenemisestä ja allastilan lämpötilan alentamismahdollisuudesta uimahallin ollessa kiinni. Allastilojen suhteellisen kosteuden laskun ansiosta myös tilojen remontointiväli voi pidentyä. *Heatsavr*-aineen tehosta eri uimahalleissa on vaikeaa antaa täysin tarkkoja arvioita ilman tapauskohtaisia tutkimuksia tai testausta, koska jokaisessa uimahallissa on erilaiset olosuhteet.

Heatsavr-aineen tehokkuutta tutkittiin Lahden ammattikorkeakoulun laboratoriossa sekä hyvinvointi- ja liikuntakeskus Vesileppiksessä. Taulukkoon 8 on koottu yhteen tämän opinnäytetyön testien tulokset. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että *Heatsavr*-aineen käytöllä voidaan parantaa uimahallien ja -altaiden energiatehokkuutta.

TAULUKKO 8. Tämän opinnäytetyön testien tuloksia.

Tutkimus	Säästö
Haihtumisen väheneminen laboratoriotesteissä	24 %
Lämmitysenergian säästö laboratoriotesteissä sisätiloissa	16 %
Lämmitysenergian säästö laboratoriotesteissä ulkona	11 %
Suhteellisen kosteuden lasku koko vuorokauden ajalta Vesileppiksen allastilassa (% - yksikköä)	10 %
Suhteellisen kosteuden lasku yöajalta Vesileppiksen allastilassa (% - yksikköä)	8 %
Haihtumisen vähenemisen arvio	13 %
Vuoden 2016 tammikuun kaukolämmönkulutus verrattuna vuoden 2015 tammikuuhun (suluissa normitettu kulutus)	+8 % (-18 %)

Laboratoriossa aineen toimivuuteen tutustuttiin kahden yksinkertaisen testin avulla. Laboratoriotestien tuloksia ei voida suoraan verrata uima-altaisiin, koska testivärien ja uima-altaisen ominaisuudet ovat erilaiset. Testit kuitenkin osoittivat, että *Heatsavr*-aineella on vaikutusta veden haihtumisen ja lämmönjohtumisen vähenemiseen.

Vesileppiksen uimahallissa *Heatsavr*-ainetta päästiin käyttämään tarkoituksen mukaisella tavalla. Vertailujakson aikana allastilan suhteellinen kosteus aleni 8 - 10 prosenttiyksikköä, kun altaissa oli *Heatsavr*-ainetta. *Heatsavr*-aineen käytöllä Vesileppiksen suhteellinen kosteus saatiin laskettua LVI-ohjekortin 06-10451 suositteluihin rajoihin.

Laboratoriotestien pohjalta *Heatsavr*-aineen käytölle määritettiin kokemusperäinen haihtumisekerroin. Tällä kertoimella laskettuna Vesileppiksen haihtuminen olisi vähentynyt *Heatsavr*-aineen käytön aikana 13 %. Tulos on kuitenkin suuntaa antava, sillä tutkimukset eivät olleet kattavia.

Heatsavr-aineen käytön aikaisia lämmityskulutusmääriä verrattiin edellisvuoden kulutuksiin. Lämpimän käyttöveden kulutustietojen puuttuminen aiheutti vertailussa epätarkkuutta. Kuukausittaiset kävijämäärät olivat kuitenkin tiedossa. Lisäksi *Heatsavr*-aine ei ollut käytössä koko kuukautta. Kävijämäärien suuren eron takia joulukuiden normitettujen kulutusmäärien tulos ei ole käyttökelpoinen. Tammikuussa kävijämäärien ero oli selkeästi pienempi eli sen tulos on tarkempi. Tuloksien perusteella energiansäästöä on tullut jonkin verran, mutta täysin tarkkaa lukua ei voida todeta. *Heatsavr*-aineen käytöllä voidaan säästää energiaa uimahallien lämmityskustannuksissa. Tutkimuskohteena toimineessa Vesileppiksessä energiansäästö oli energiankulutuksen normituksen jälkeen 18 %. Vesileppiksessä saatujen tuloksien perusteella *Heatsavr*-aineen valmistajan ilmoittamat 10 – 40 % säästöt lämmityskustannuksissa vaikuttavat mahdollisilta.

Heatsavr-aineen käytöllä voidaan haihtumisen vähenemisen ja lämmityskustannusten pienenemisen lisäksi saada säästöjä ilmaston tarpeen vähenemisestä etenkin allastilan ollessa suljettu. Ilmaston mitoitus jätettiin tämän työn ulkopuolelle. Sillä on kuitenkin merkittävä vaikutus energiatehokkuuteen. Potentiaalinen jatkotutkimuskohde olisikin *Heatsavr*-aineen vaikutus ilmaston tarpeeseen ja sen energian kulutukseen uimahalleissa. Muita tutkimuksen kohteita voisi myös olla *Heatsavr*-aineen soveltuvuus teollisuuden prosesseihin.

LÄHTEET

Brenntag UK Limited. 2015. How it works [viitattu 25.9.2015]. Saatavissa: http://www.heatsavr.co.uk/how_it_works/index.html

Fernandes, A. & Klimowski, A. 2014. YMCA Brampton Pilot Study Report: Effectiveness of Liquid Pool Covers. Toronto: Sheridan College, Faculty of Applied Science and Technology. Lopputyö.

Finlex. 2016. Laki rakennusten energiatodistuksesta 3 § 50/2013 [viitattu 14.3.2016]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>

Flexible Solutions International Inc. 2015. Products [viitattu 25.9.2015]. Saatavissa: <http://www.flexiblesolutions.com/products/default.shtml>

Flexible Solutions International Inc. 2016. Thermography Report [viitattu 11.2.2016]. Saatavissa: <http://www.liquidpoolcovers.com/efficiency-results.htm>

Hautala, M. & Peltonen, H. 2007. Insinöörin (AMK) fysiikka osa 1. 8. painos. Lahti: Lahden Teho-Opetus Oy.

Heinonen, J. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. 1. painos. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy

Ilmatieteen laitos. 2016. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku [viitattu 14.3.2016]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Johansson, I. 2015. Tekninen asiantuntija. Suomen uimaopetus- ja hengenpelastusliitto SUH ry. Haastattelu 3.12.2015

Matemaattisten aineiden opettajien liitto. 2005. MAOL-taulukot. 2. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy

Mattsson, J. 2012. Lämmityksen ja sähkön sääkorjaustapojen analysointi. Theseus. [viitattu 23.3.2016]. AMK-opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40323/Mattsson_Jan.pdf?sequence=1

Motiva. 2016. Kulutuksen normitus [viitattu 14.3.2016]. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteis-tojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus

Nieminen, J. 2015. Toimitusjohtaja. Jalla Oy. Haastattelu 1.12.2015

Poolwerx. 2016. EcoSavr Liquid Pool Blanket [viitattu 14.3.2016].
Saatavissa: <http://www.poolwerx.com.au/poolshop/evosavr-liquid-pool-blanket.html>

Rafnet-ryhmä. 2004. Rakennusfysiikkaa rakennusinsinööreille: Kosteus [viitattu 23.3.2016]. Saatavissa:
http://www.tekniikka.oamk.fi/~kimmoi/talrakjatko/kosteus_27092004.pdf

Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus. 2008. Uimahallien ja kylpylöiden sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevat terveydelliset ohjeet [viitattu 25.9.2015]. Saatavissa:
https://www.valvira.fi/documents/14444/22511/Oppaita_3_2008_Uimahallien_ilmanvaihto_5.pdf

Seppänen, O. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. 1. painos. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut 2004

Uimahallien ja virkistysuimaloiden LVIA-suunnittelu. 2009. LVI-ohjekortti 06-10451. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

Uimahalli- ja kylpylätekniinen yhdistys ry. 2015. Suomen uimahallit ja kylpylät. MMD Networks Oy [viitattu 25.9.2015]. Saatavissa:
<http://www.ukty.fi/linkit/suomen-uimahallit-ja-kylpylat/>

Uimahalliportaali. 2016. Haihdunnan rajoittaminen sisäilman olosuhteilla. VTT [viitattu 11.3.2016]. Saatavissa:
<http://uimahallit.vtt.fi/tehostamiskonseptit.asp>

Processing bath and spa solutions. 2013. Veden käsittely tuoteluettelo 2013/2014. Publikationer [viitattu 15.4.2016]. Saatavissa: <http://www.publikationer.se/processing/vattenbehandling2013-2014-finsk/files/assets/common/downloads/publication.pdf>

LIITTEET

LIITE 1: *Heatsavr*-aineen vaikutus veden haihtumiseen, testitulokset

LIITE 2: *Heatsavr*-aineen vaikutus veden haihtumiseen, testitulokset

LIITE 3: *Heatsavr*-aineen vaikutus veden lämpöhäviöön, testitulokset sisätiloissa

LIITE 4: *Heatsavr*-aineen vaikutus veden lämpöhäviöön, testitulokset ulkona

LIITE 5: Hyvinvointi- ja liikuntakeskus Vesileppiksen kylpylän tekniset tiedot

LIITE 6: Savo-Karjalan ympäristötutkimus oy:n suorittamat vedenlaadun testit

LIITE 7: Vesileppiksen kaukolämmön kulutustiedot joulukuu 2014

LIITE 8: Vesileppiksen kaukolämmön kulutustiedot joulukuu 2015

LIITE 9: Vesileppiksen kaukolämmön kulutustiedot tammikuu 2015

LIITE 10: Vesileppiksen kaukolämmön kulutustiedot tammikuu 2016

LIITE 11: Kostean ilman Mollier-käyrästä

LIITE 12: Allastilan olosuhteisen laskutulokset CoolPack-ohjelmistolla

LIITE 13: Allastilan olosuhteisen laskutulokset CoolPack-ohjelmistolla

LIITE 1.

Veden haihtuminen testivadeissa, kun Heatsavr -ainetta on annosteltu 1ml/m².

	Alkulämpötila (°C)	Loppulämpötila (°C)	Ilmankosteus (%)	Ilman lämpötila (°C)	Haihtunut vesimäärä (g/vrk)
Otos 1.	17,2	17,3	12,5	18,6	92,15
Otos 2.	17,5	17,1	12,5	18,6	99,26
Otos 3.	16,9	17,4	12,5	18,6	89,09

Veden haihtuminen testivadeissa, kun Heatsavr -ainetta on annosteltu 0,8ml/m².

	Alkulämpötila (°C)	Loppulämpötila (°C)	Ilmankosteus (%)	Ilman lämpötila (°C)	Haihtunut vesimäärä (g/vrk)
Otos 1.	16,8	17,1	12,5	18,6	98,14
Otos 2.	17,4	17,3	12,5	18,6	94,41
Otos 3.	17,2	17,4	12,5	18,6	97,85

LIITE 2.

Veden haihtuminen testivadeissa, kun Heatsavr -ainetta on annosteltu 1,5ml/m².

	Alkulämpötila (°C)	Loppulämpötila (°C)	Ilmankosteus (%)	Ilman lämpötila (°C)	Haihtunut vesimäärä (g/vrk)
Otos 1.	17,6	17,5	12,5	18,6	100,91
Otos 2.	17,5	17,4	12,5	18,6	94,14
Otos 3.	17,1	17,4	12,5	18,6	92,22

Veden haihtuminen testivadeissa, kun niissä oli pelkkää vettä

	Alkulämpötila (°C)	Loppulämpötila (°C)	Ilmankosteus (%)	Ilman lämpötila (°C)	Haihtunut vesimäärä (g/vrk)
Otos 1.	17,8	16,2	12,5	18,6	123,12
Otos 2.	17,3	15,9	12,5	18,6	121,65
Otos 3.	17,9	16,5	12,5	18,6	124,17

LIITE 3.

TESTIOTOS 1 SISÄTILOISSA

Aika (h)	Ilman lämpötila (°C)	Ilman suhteellinen kosteus (%)	Veden lämpötila ilman Heatsavr-ainetta (°C)	Veden lämpötila Heatsavr-aineen kanssa (°C)
0,0	22,3	48	39,5	39,6
0,5	22,2	48	27,2	30,1
1,0	22,2	49	23,8	26,5
1,5	22,1	49	21,8	24,1
2,0	22,2	48	20,9	23,2
2,5	22,3	49	20,3	22,1
3,0	22,2	50	19,9	21,3
3,5	22,2	48	19,6	20,9
4,0	22,1	47	19,3	20,4
4,5	22,1	47	19,3	20,2

TESTIOTOS 2 SISÄTILOISSA

Aika (h)	Ilman lämpötila (°C)	Ilman suhteellinen kosteus (%)	Veden lämpötila ilman Heatsavr-ainetta (°C)	Veden lämpötila Heatsavr-aineen kanssa (°C)
0,0	21,7	34	39,8	39,9
0,5	21,6	35	26,9	29,9
1,0	21,7	35	23,4	26,1
1,5	21,9	34	21,5	23,7
2,0	21,9	33	20,7	22,7
2,5	22,0	33	20,1	21,9
3,0	22,2	33	19,8	21,2
3,5	22,2	34	19,5	20,8
4,0	22,1	36	19,2	20,3
4,5	22,1	36	19,0	20,0

TESTIOTOS 3 SISÄTILOISSA

Aika (h)	Ilman lämpötila (°C)	Ilman suhteellinen kosteus (%)	Veden lämpötila ilman Heatsavr-ainetta (°C)	Veden lämpötila Heatsavr-aineen kanssa (°C)
0,0	20,4	37	39,7	40,0
0,5	20,7	36	26,8	29,7
1,0	20,7	36	22,8	25,8
1,5	20,8	37	21,2	23,2
2,0	20,9	38	20,3	22,4
2,5	21,3	38	19,9	21,9
3,0	21,5	41	19,4	21,3
3,5	21,6	40	19,0	20,6
4,0	21,6	41	18,8	20,1
4,5	21,9	42	18,6	19,8

LIITE 4

TESTIOTOS 1 ULKONA

Aika (h)	Ulkoilman lämpötila (°C)	Ilman suhteellinen kosteus (%)	Veden lämpötila ilman Heatsavr-ainetta (°C)	Veden lämpötila Heatsavr-aineen kanssa (°C)
0,0	3	54	38,9	39,2
0,5	3	57	24,3	27,2
1,0	4	58	15,8	18,5
1,5	6	60	13,3	15,6
2,0	6	61	12,1	14,0
2,5	10	59	10,8	12,8
3,0	11	56	11,5	12,0
3,5	9	56	11,0	12,3
4,0	10	53	10,6	12,0
4,5	11	49	10,4	11,8

TESTIOTOS 2 ULKONA

Aika (h)	Ulkoilman lämpötila (°C)	Ilman suhteellinen kosteus (%)	Veden lämpötila ilman Heatsavr-ainetta (°C)	Veden lämpötila Heatsavr-aineen kanssa (°C)
0,0	9	44	40,8	40,5
0,5	8	44	22,3	24,9
1,0	7	45	16,3	19,0
1,5	5	46	12,0	14,2
2,0	5	48	10,1	11,6
2,5	5	48	9,4	10,9
3,0	4	50	8,9	10,1
3,5	4	51	8,2	9,2
4,0	4	53	7,0	8,4
4,5	4	53	6,3	7,9

TESTIOTOS 3 ULKONA

Aika (h)	Ulkoilman lämpötila (°C)	Ilman suhteellinen kosteus (%)	Veden lämpötila ilman Heatsavr-ainetta (°C)	Veden lämpötila Heatsavr-aineen kanssa (°C)
0,0	7	70	40,0	40,2
0,5	7	71	20,0	23,2
1,0	6	71	14,2	16,7
1,5	7	72	11,2	13,0
2,0	6	72	10,1	11,5
2,5	6	72	9,7	10,7
3,0	6	71	9,2	9,9
3,5	5	70	9,0	9,6
4,0	5	69	9,0	9,1
4,5	5	70	8,8	8,9

LIITE 5.

SUOMEN UIMAHALLIT JA KYLPLYLÄT - TIETOLOMAKE						
Hallin perustietoja						
Hallin nimi:	Leppävirran Virkistysuimala Leppäkerttu Oy					
Osoite:	Vokkolantie, 79100 LEPPÄVIRTA					
Kotisivu:	www.vesileppis.fi	puhelin:	050-308 8485			
Kävijämäärä:	90 000	uimaria/vuosi				
Aukiolo:	12	h/pvä	365	pv/vuosi		
Rakennusvuosi:	1993	saneeraukset:	2002, 2009			
Pääsuunnittelijat:	Matti Savolainen					
Bruttopinta-ala:	2590	m ²	Bruttotilavuus:	13035	m ³	
Päämateriaalit:	pinnoitettu betoni, teräsbetoni					
Kantavat rakenteet, materiaali:	Teräsbetoni					
Yläpohjaratkaisu:	tasakatto, tuulettuva rakennekerros					
Allas- sekä pesu- ja pukuhuonetilan tietoja						
Allasnimi/tyyppi	lämpötila °C	tilavuus m ³	pinta-ala m ²	pituus m	leveys m	syvyys m
1 Kuntouintiallas	28	475	300	25	12	1.25 - 2.10
2 Kylpyläällas	30	95	97,5	15	6,5	1.15
3 Lastenallas	30	4	12,5	4	4	0.40
4 Poreallas	32	2	3,14	2	2	1.10
5 Kylmävesiallas	7	1	0,78	1	1	1.35
6 Liukumäkiallas	28	83	97,5	15	6,5	0.75 - 1.15
Allastilat yhteensä			571,5			
Allashuoneen pinta-ala:		13035	m ²			
Hierontapisteet:	6	kpl	Vesiliukumäet:	32	m	
Suihkuja M/N	8	7	Pukukaapit M/N	97	59	
Saunoja	5	kpl	Hyppytasot	ei ole		
Vedekäsittely			Suodatustapa:	kvartsihiekkä		
otsonointi (on/ei)	on		aktiivihili (on/ei)	on		
UV-käsittely (on/ei)	ei ole		muuta:			
muuta vedekäsittelyyn liittyvää	suihkuvesien lämmöntalteenotto					
Uimahalliosan kulutustietoja						
Ilmanvaihtokoneiden määrä:	3	kpl				
Lämmöntuotantotapa (kaukolämpö/oma laitos):	kaukolämpö					
Keskimääräiset kulutukset:						
Lämmitys	1000	kWh / vuosi				
Sähkö	880 000	kWh / vuosi				
Vesi	14 000	m ³ / vuosi				
Muita tietoja						
Henkilöstön määrä:	12	henkilöä				
Erikoisuudet:						
Erikoisesti huomioitavaa (esim. muiden, kuin uimalatilojen koot):						
Päiväys:	3.5.2011					
Täyttäjä:	Huoltopäällikkö Teemu Tirkkonen					

LIITE 6



SAVO-KARJALAN
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY
Laboratorio, Kuopio

TESTAUSSELOSTE
Uima-allasvesitutkimus^A
21.12.2015

15-10717 1 (4)
#1

Leppäkerttu Oy
Kylpylä Vesileppis
Salmiheimo Esa
Vokkolantie 1
79100 LEPPÄMRTA



Tilausno 200059 (5331/Allas), saapunut 15.12.2015, näytteet otettu 15.12.2015 (9:30-10:00)
Näytteenottaja: Maija Lyytinen

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
36966	Kuntoallas
36967	Leikkiallas
36968	Lasten allas
36969	Kylpyläallas
36970	Poreallas
36971	Kylmävesiallas
36972	Yhdistetty näyte, kuntoallas + leikkiallas
36973	Yhdistetty näyte, lastenallas + kylpyläallas

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	36966	36967	36968	**STM 315
Lämpötila	°C	27,8	27,8	31,9	
pH *		6,8	6,8	6,9	»7,6, »6,5
Sameus*	FNU	<0,1	0,16	<0,1	»0,4
Permanganaattiluku*	mg/l				»10,00
Urea*	mg/l				»0,8
Vapaa kloori*	mg/l	0,59	0,59	0,84	»1,2, »0,3
Sitoutunut kloori*	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	»0,4
Kloorisuhde		9,8	12	28	»1,5
Heterotrof. pesäkeluku 22 °C*	pmy/ml	0	1	0	<100
Heterotrof. pesäkeluku 36 °C*	pmy/ml	2	0	0	<100
Pseudomonas aeruginosa*	pmy/100 ml	0	0	0	<1

Määrittäminen	Yksikkö	36969	36970	36971	**STM 315
Lämpötila	°C	32,0	33,8	7,9	
pH *		6,8	6,8	6,8	»7,6, »6,5
Sameus*	FNU	<0,1	<0,1	0,17	»0,4
Permanganaattiluku*	mg/l		<2	<2	»10,00
Urea*	mg/l		<0,01	<0,01	»0,8
Vapaa kloori*	mg/l	0,62	0,72	0,43	»1,2, »0,3
Sitoutunut kloori*	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	»0,4
Kloorisuhde		16	14	14	»1,5
Heterotrof. pesäkeluku 22 °C*	pmy/ml	3	1	1	<100
Heterotrof. pesäkeluku 36 °C*	pmy/ml	7	0	13	<100
Pseudomonas aeruginosa*	pmy/100 ml	0	0	0	<1

Määrittäminen	Yksikkö	36972	36973	**STM 315
Lämpötila	°C			
pH *				»7,6, »6,5
Sameus*	FNU			»0,4
Permanganaattiluku*	mg/l	<2	<2	»10,00
Urea*	mg/l	<0,01	<0,01	»0,8
Vapaa kloori*	mg/l			»1,2, »0,3
Sitoutunut kloori*	mg/l			»0,4
Kloorisuhde				»1,5
Heterotrof. pesäkeluku 22 °C*	pmy/ml			<100

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Määrittymenetelmät ja mittausepävarmuus tiedot liitteessä.

Katuosoite
Yrittäjätie 24
70150 KUOPIO

Postiosoite
Yrittäjätie 24
70150 KUOPIO

Ruhelin
*017-2647200

Telekopi/Sähköposti
lisa.kokkonen@ymparistotutkimus.fi

Alv.rek.
1869466-1



MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET (jatkoa ed. sivulta)

Määrittäminen	Yksikkö	36972	36973	**STM315
Heterotrof. pesäkeluku 36 °C*	pmy/ml			<100
Pseudomonas aeruginosa*	pmy/100 ml			<1

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

**STM315 = STM:n asetus uimahallien ja allasvesien laatuvaatimuksista ja valvonnasta

*) akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamäärittäminen

LAUSUNTO

Allasveden valvontatutkimus, Kylpyä Vesileppis

** Sosiaali- ja terveysministeriön asetus nro 315 uimahallien ja kylpylöiden allasvesien laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista, astunut voimaan 1.5.2002, raja-arvot.

Klooripitoisuusvaatimukset:

- kun allasveden pH-arvo on < 7,3, vapaan kloorin pitoisuuden tulee olla > 0,3 mg/l
- kun allasveden pH-arvo on > 7,3, vapaan kloorin pitoisuuden tulee olla > 0,4 mg/l
- lämmivesialtaissa (lämpötila >32 °C) vapaan kloorin pitoisuuden tulee olla > 0,6 mg/l
- vapaan kloorin pitoisuus ei saa ylittää arvoa 1,2 mg/l
- kloorisuhde, vapaan kloorin suhde sitoutuneeseen klooriin tulee olla vähintään 1,5

Sitoutunut kloori on kokonaiskloorin ja vapaan kloorin pitoisuuksien erotus.

ALLASVEDEN LAATU:

Allasvesinäytteet olivat tutkittujen ominaisuuksien suhteen vaatimusten mukaiset.



Kaisa Kokkarinen
kemisti

TIEDOKSI

Keski-Savon Ympäristötoimi/Lyytinen Maija/maija.lyytinen@leppavirta.fi
Kylpyä Vesileppis/Tirkkonen Teemu



MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
Lämpötila	Lämpötila (TL0)
pH *	SFS 3021 (15.2.1974), muunneltu (TL30)
Sameus *	SFS-EN ISO 7027 (30.6.2000) (TL30)
Permanganaattiluku*	SFS 3036 (1981), autom.titraus (TL30)
Urea*	Koroleff. F., Men 7 (TL30)
Vapaa kloori*	Sis. menetelmä, spektrof. (perustuu EN ISO 7393) (TL30)
Sitoutunut kloori*	Laskennallinen suure (TL30)
Kloorisuhde	Laskennallinen suure (TL30)
Heterotrof. pesäkeluku 22 °C*	SFS-EN ISO 6222, 23.8.1999, (22 oC), 68 tuntia (TL30)
Heterotrof. pesäkeluku 36 °C*	SFS-EN ISO 6222, 23.8.1999 (36 oC), 48 tuntia (TL30)
Pseudomonas aeruginosa*	SFS-EN ISO 16266 (2008), modif., kalvosuodatus (TL30)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL0	Ei ole ilmoitettu
TL30	SKYT Oy, Kuopion laboratorio

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisspvm.
pH *	2015/36966	±0,2 yks.	15.12.2015
	2015/36967	±0,2 yks.	15.12.2015
	2015/36968	±0,2 yks.	15.12.2015
	2015/36969	±0,2 yks.	15.12.2015
	2015/36970	±0,2 yks.	15.12.2015
Sameus *	2015/36971	±0,2 yks.	15.12.2015
	2015/36966	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36967	±25 %	15.12.2015
	2015/36968	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36969	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
Permanganaattiluku*	2015/36970	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36971	±25 %	15.12.2015
	2015/36972	Määrittämisspvm. alitus	16.12.2015
	2015/36973	Määrittämisspvm. alitus	16.12.2015
	2015/36970	Määrittämisspvm. alitus	16.12.2015
Urea*	2015/36971	Määrittämisspvm. alitus	16.12.2015
	2015/36972	Määrittämisspvm. alitus	18.12.2015
	2015/36973	Määrittämisspvm. alitus	18.12.2015
	2015/36970	Määrittämisspvm. alitus	18.12.2015
	2015/36971	Määrittämisspvm. alitus	18.12.2015
Vapaa kloori*	2015/36972	Määrittämisspvm. alitus	18.12.2015
	2015/36973	Määrittämisspvm. alitus	18.12.2015
	2015/36966	±20 %	15.12.2015
	2015/36967	±20 %	15.12.2015
	2015/36968	±20 %	15.12.2015
Sitoutunut kloori*	2015/36969	±20 %	15.12.2015
	2015/36970	±20 %	15.12.2015
	2015/36971	±25 %	15.12.2015
	2015/36966	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36967	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
Kloorisuhde	2015/36968	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36969	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36970	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36971	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36972	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
Heterotrof. pesäkeluku 22 °C*	2015/36966	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015
	2015/36967	Määrittämisspvm. alitus	15.12.2015

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Määrittämenetelmät ja mittausepävarmuustiedot liitteessä.



MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT (jatkoa edelliseltä sivulta)

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittäminen pvm.
	2015/36968		15.12.2015
	2015/36969		15.12.2015
	2015/36970		15.12.2015
	2015/36971		15.12.2015
Heterotrof. pesäkeluku 36 °C ^A	2015/36968		15.12.2015
	2015/36967		15.12.2015
	2015/36968		15.12.2015
	2015/36969		15.12.2015
	2015/36970		15.12.2015
	2015/36971		15.12.2015
Pseudomonas aeruginosa ^A	2015/36968		15.12.2015
	2015/36967		15.12.2015
	2015/36968		15.12.2015
	2015/36969		15.12.2015
	2015/36970		15.12.2015
	2015/36971		15.12.2015

LIITE 7:

Aika: 12/2014		Kaukolämmönkulutus	
pvm	klo	kaukolämpö energia	ulkolämpötila
1	7:15	14311,2	-3
2	7:10	14314,4	3
3	7:00	14317,3	2
4	7:45	14322,4	-1
5	7:10	14325,8	0
6	9:50	14330,8	-2
7	10:30	14334,5	2
8	7:00	14337,6	2
9	7:00	14340,5	2
10	7:05	14344,1	2
11	7:00	14347,9	2
12	9:15	14351,3	2
13	x	x	x
14	x	x	x
15	7:10	14362,4	2
16	7:10	14365,1	2
17	7:10	14368,7	1
18	7:10	14372,9	-2
19	7:30	14376,5	-1
20	11:00	14381,1	-1
21	7:50	14384,3	-3
22	7:00	14388	-4
23	7:10	14393,9	-8
24	9:45	14398,11	-12
25	14:02	14404,22	-14
26	11:30	14408,86	-3
27	8:00	14412,05	-5
28	8:00	14417,37	-12
29	7:10	14422,53	-22
30	7:00	14428,26	-13
31	7:00	14433,3	2

LIITE 8:

Aika: 01/2015		Kaukolämmönkulutus	
pvm	klo	kaukolämpö energia	ulkolämpötila
1	11:10	14438,9	2
2	7:00	14442,4	4
3	12:00	14443,4	1
4	12:30	14452,3	-8
5	7:10	14456,6	-13
6	9:00	14462,8	-19
7	7:00	14467,8	-9
8	7:10	14474,6	-3
9	7:10	14478,5	-1
10	12:10	14483,2	-6
11	11:50	14488,4	-17
12	10:30	14492,2	-13
13	7:10	14501	-10
14	7:10	14506,2	-1
15	7:00	14509,9	0
16	7:10	14510,1	0
17	7:00	14513,7	2
18	7:50	14517,9	0
19	7:30	14522	-5
20	7:10	14526,9	-21
21	7:10	14532,8	-17
22	7:10	14538,4	-20
23	7:00	14544,5	-18
24	13:50	14552,7	-12
25	14:15	14556,8	0
26	8:15	1459,9	-2
27	8:00	x	x
28	8:00	14567,5	-1
29	8:10	14571,1	-1
30	8:10	14574,9	-1
31	9:45	14578,7	-2

LIITE 9:

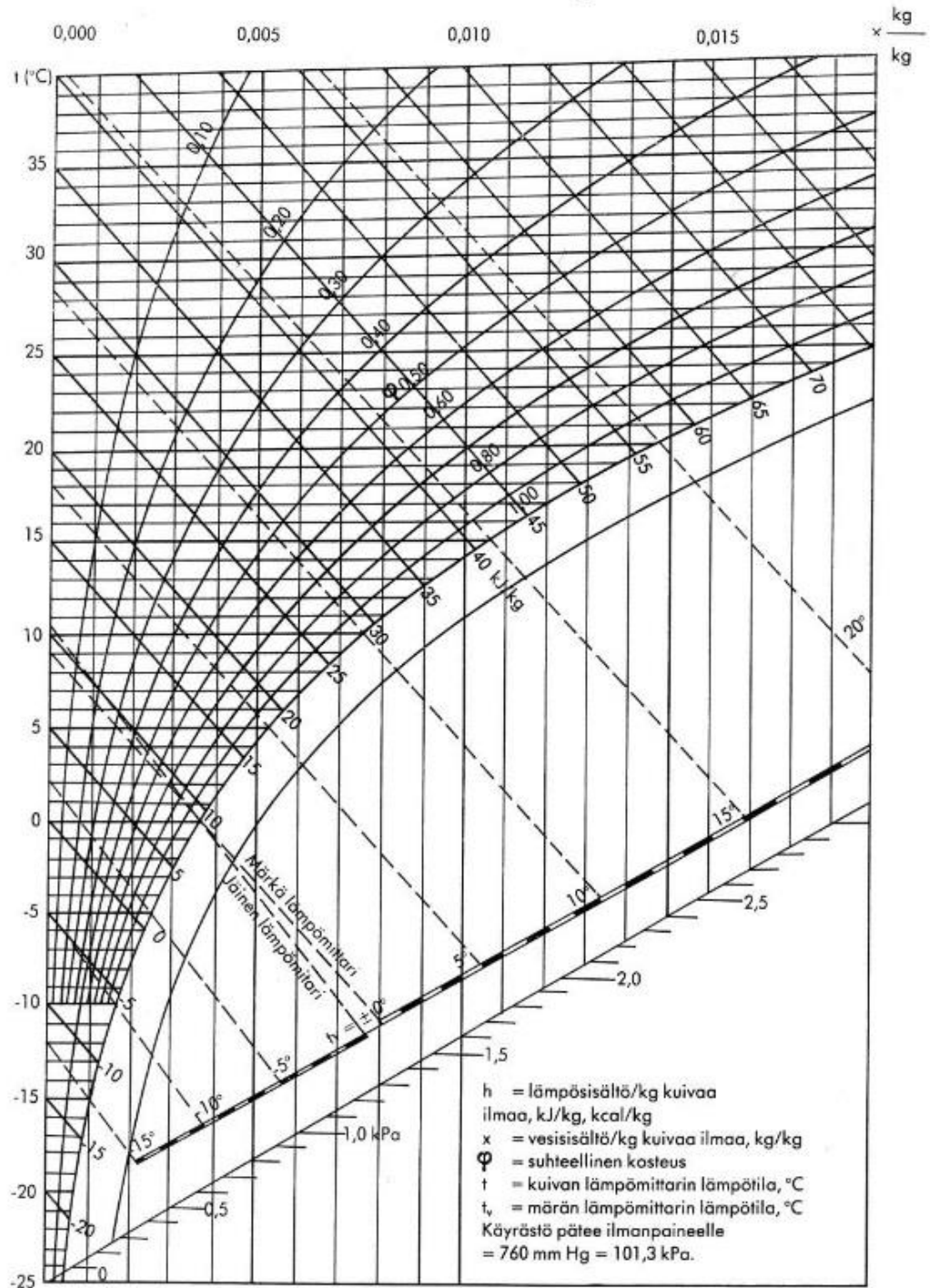
Aika: 12/2015		Kaukolämmönkulutus	
pvm	klo	kaukolämpö energia	ulkolämpötila
1	7:30	202,3	1
2	7:15	205,56	1
3	7:10	209,8	-1
4	7:15	213,8	-1
5	10:00	218,8	-1
6	10:00	222,18	2
7	7:15	225,08	1
8	7:30	228,2	0
9	x	231,6	0
10	7:50	235,8	1
11	8:15	239	2
12	10:20	242,6	0
13	10:30	246	-1
14	7:15	248,8	-1
15	7:10	252	-4
16	7:30	256,6	-5
17	7:05	261,8	-13
18	8:05	265,8	-2
19	8:45	270,9	1
20	7:15	274,7	2
21	7:15	277,7	4
22	7:10	280,8	5
23	7:30	284,2	4
24	9:30	289,07	4
25	9:30	292,29	5
26	10:00	296,4	2
27	9:00	300,33	-3
28	7:50	304,14	-5
29	10:30	309,4	-12
30	7:10	313,3	-5
31	11:30	319,1	-2

LIITE 10:

Aika: 01/2016		Kaukolämmönkulutus	
pvm	klo	kaukolämpö energia	ulkolämpötila
1	11:00	322,9	-9
2	9:20	331,3	-10
3	8:10	336,8	-18
4	7:10	341,5	-16
5	8:50	347,3	-26
6	7:20	352,3	-28
7	7:10	358,1	-25
8	8:30	365,2	-16
9	9:30	370,8	-23
10	7:30	375,5	-22
11	7:20	380,4	-12
12	7:15	384,9	-12
13	7:10	388,1	-12
14	7:15	390,4	-12
15	7:30	395,4	-24
16	12:30	403	-28
17	12:20	410	-27
18	7:10	413	-30
19	7:00	418,3	-30
20	7:10	423,5	-30
21	8:00	430,2	-21
22	7:30	435,2	-32
23	12:30	441,7	-10
24	7:00	445,9	-5
25	7:20	450,1	-4
26	8:30	454,5	-4
27	7:10	458	0
28	7:10	462,3	0
29	7:10	465,7	-2
30	7:00	469,9	1
31	7:10	474,2	0

LIITE 11:

Kostean ilman Mollier-käyrästä



LIITE 12:

CoolPack		MOIST AIR > THERMODYNAMICAL AND THERMOPHYSICAL (TRANSPORT) PROPERTIES	
Calculate Save inputs Load inputs Help Print	SPECIFY STATE Temperature (DRY) [°C]: 28,00 Absolute pressure [kPa]: 101,3 Relative humidity [%]: 62		THERMODYNAMIC PROPERTIES Temperature: 28,00 [°C] Pressure: 101,30 [kPa] Relative humidity: 62,0 [%] Dewpoint temperature: 20,04 [°C] Wet temperature: 22,40 [°C]
	MOLLIER DIAGRAM (Enthalpy, Abs. Humidity) • = Specified state point 		SPECIFIC PROPERTIES (per kg dry air) Humidity ratio: 0,01474 [kg/kg] Specific volume: 0,8735 [m³/kg] Density: 1,145 [kg/m³] Specific enthalpy: 65,80 [kJ/kg] Specific heat capacity: 1,033 [kJ/(kg·K)]
			SPECIFIC PROPERTIES (per kg humid air) Specific volume: 0,8735 [m³/kg] Density: 1,162 [kg/m³]
			TRANSPORT PROPERTIES Dynamic viscosity: 1,855E-05 [Pa·s] Kinematic viscosity: 1,620E-05 [m²/s] Thermal conductivity: 0,026 [W/(m·K)] Note: Transport properties can't be calculated for temperatures lower than -3 °C
			SATURATION PRESSURE P _{SAT} (eqlib. with water): 3782 [Pa]
© 1999 - 2001 Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark Version 1.48 TOOL A.13			

CoolPack		MOIST AIR > THERMODYNAMICAL AND THERMOPHYSICAL (TRANSPORT) PROPERTIES	
Calculate Save inputs Load inputs Help Print	SPECIFY STATE Temperature (DRY) [°C]: 29,00 Absolute pressure [kPa]: 101,3 Relative humidity [%]: 54		THERMODYNAMIC PROPERTIES Temperature: 29,00 [°C] Pressure: 101,30 [kPa] Relative humidity: 54,0 [%] Dewpoint temperature: 18,76 [°C] Wet temperature: 21,90 [°C]
	MOLLIER DIAGRAM (Enthalpy, Abs. Humidity) • = Specified state point 		SPECIFIC PROPERTIES (per kg dry air) Humidity ratio: 0,01358 [kg/kg] Specific volume: 0,8748 [m³/kg] Density: 1,143 [kg/m³] Specific enthalpy: 63,88 [kJ/kg] Specific heat capacity: 1,031 [kJ/(kg·K)]
			SPECIFIC PROPERTIES (per kg humid air) Specific volume: 0,8748 [m³/kg] Density: 1,159 [kg/m³]
			TRANSPORT PROPERTIES Dynamic viscosity: 1,860E-05 [Pa·s] Kinematic viscosity: 1,627E-05 [m²/s] Thermal conductivity: 0,026 [W/(m·K)] Note: Transport properties can't be calculated for temperatures lower than -3 °C
			SATURATION PRESSURE P _{SAT} (eqlib. with water): 4008 [Pa]
© 1999 - 2001 Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark Version 1.48 TOOL A.13			

LIITE 13:

CoolPack		MOIST AIR > THERMODYNAMICAL AND THERMOPHYSICAL (TRANSPORT) PROPERTIES											
Calculate Save inputs Load inputs Help Print	SPECIFY STATE		THERMODYNAMIC PROPERTIES										
	Temperature (DRY) [°C]: <input type="text" value="32,00"/>		Temperature: 32,00 [°C] Pressure: 101,30 [kPa] Relative humidity: 100,0 [%] Dewpoint temperature: 32,00 [°C] Wet temperature: 32,00 [°C]										
	Absolute pressure [kPa]: <input type="text" value="101,3"/>		SPECIFIC PROPERTIES (per kg dry air) <table border="1"> <tr><td>Humidity ratio</td><td>0,03066 [kg/kg]</td></tr> <tr><td>Specific volume</td><td>0,9073 [m³/kg]</td></tr> <tr><td>Density</td><td>1,102 [kg/m³]</td></tr> <tr><td>Specific enthalpy</td><td>110,68 [kJ/kg]</td></tr> <tr><td>Specific heat capacity</td><td>1,062 [kJ/(kg·K)]</td></tr> </table>	Humidity ratio	0,03066 [kg/kg]	Specific volume	0,9073 [m³/kg]	Density	1,102 [kg/m³]	Specific enthalpy	110,68 [kJ/kg]	Specific heat capacity	1,062 [kJ/(kg·K)]
	Humidity ratio	0,03066 [kg/kg]											
	Specific volume	0,9073 [m³/kg]											
Density	1,102 [kg/m³]												
Specific enthalpy	110,68 [kJ/kg]												
Specific heat capacity	1,062 [kJ/(kg·K)]												
Relative humidity [%]: <input type="text" value="100"/>		SPECIFIC PROPERTIES (per kg humid air) <table border="1"> <tr><td>Specific volume</td><td>0,9073 [m³/kg]</td></tr> <tr><td>Density</td><td>1,136 [kg/m³]</td></tr> </table>	Specific volume	0,9073 [m³/kg]	Density	1,136 [kg/m³]							
Specific volume	0,9073 [m³/kg]												
Density	1,136 [kg/m³]												
MOLLIER DIAGRAM (Enthalpy, Abs. Humidity)		TRANSPORT PROPERTIES <table border="1"> <tr><td>Dynamic viscosity</td><td>1,870E-05 [Pa·s]</td></tr> <tr><td>Kinematic viscosity</td><td>1,696E-05 [m²/s]</td></tr> <tr><td>Thermal conductivity</td><td>0,027 [W/(m·K)]</td></tr> </table> <p>Note: Transport properties can't be calculated for temperatures lower than -3 °C</p>	Dynamic viscosity	1,870E-05 [Pa·s]	Kinematic viscosity	1,696E-05 [m²/s]	Thermal conductivity	0,027 [W/(m·K)]					
Dynamic viscosity	1,870E-05 [Pa·s]												
Kinematic viscosity	1,696E-05 [m²/s]												
Thermal conductivity	0,027 [W/(m·K)]												
© 1999 - 2001 Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark Version 1.48 TOOL A.13		SATURATION PRESSURE <table border="1"> <tr><td>p_{SAT} (eqlib. with water)</td><td>4757 [Pa]</td></tr> </table>		p _{SAT} (eqlib. with water)	4757 [Pa]								
p _{SAT} (eqlib. with water)	4757 [Pa]												

CoolPack		MOIST AIR > THERMODYNAMICAL AND THERMOPHYSICAL (TRANSPORT) PROPERTIES											
Calculate Save inputs Load inputs Help Print	SPECIFY STATE		THERMODYNAMIC PROPERTIES										
	Temperature (DRY) [°C]: <input type="text" value="30,00"/>		Temperature: 30,00 [°C] Pressure: 101,30 [kPa] Relative humidity: 100,0 [%] Dewpoint temperature: 30,00 [°C] Wet temperature: 30,00 [°C]										
	Absolute pressure [kPa]: <input type="text" value="101,3"/>		SPECIFIC PROPERTIES (per kg dry air) <table border="1"> <tr><td>Humidity ratio</td><td>0,02722 [kg/kg]</td></tr> <tr><td>Specific volume</td><td>0,8965 [m³/kg]</td></tr> <tr><td>Density</td><td>1,115 [kg/m³]</td></tr> <tr><td>Specific enthalpy</td><td>99,75 [kJ/kg]</td></tr> <tr><td>Specific heat capacity</td><td>1,056 [kJ/(kg·K)]</td></tr> </table>	Humidity ratio	0,02722 [kg/kg]	Specific volume	0,8965 [m³/kg]	Density	1,115 [kg/m³]	Specific enthalpy	99,75 [kJ/kg]	Specific heat capacity	1,056 [kJ/(kg·K)]
	Humidity ratio	0,02722 [kg/kg]											
	Specific volume	0,8965 [m³/kg]											
Density	1,115 [kg/m³]												
Specific enthalpy	99,75 [kJ/kg]												
Specific heat capacity	1,056 [kJ/(kg·K)]												
Relative humidity [%]: <input type="text" value="100"/>		SPECIFIC PROPERTIES (per kg humid air) <table border="1"> <tr><td>Specific volume</td><td>0,8965 [m³/kg]</td></tr> <tr><td>Density</td><td>1,146 [kg/m³]</td></tr> </table>	Specific volume	0,8965 [m³/kg]	Density	1,146 [kg/m³]							
Specific volume	0,8965 [m³/kg]												
Density	1,146 [kg/m³]												
MOLLIER DIAGRAM (Enthalpy, Abs. Humidity)		TRANSPORT PROPERTIES <table border="1"> <tr><td>Dynamic viscosity</td><td>1,861E-05 [Pa·s]</td></tr> <tr><td>Kinematic viscosity</td><td>1,669E-05 [m²/s]</td></tr> <tr><td>Thermal conductivity</td><td>0,026 [W/(m·K)]</td></tr> </table> <p>Note: Transport properties can't be calculated for temperatures lower than -3 °C</p>	Dynamic viscosity	1,861E-05 [Pa·s]	Kinematic viscosity	1,669E-05 [m²/s]	Thermal conductivity	0,026 [W/(m·K)]					
Dynamic viscosity	1,861E-05 [Pa·s]												
Kinematic viscosity	1,669E-05 [m²/s]												
Thermal conductivity	0,026 [W/(m·K)]												
© 1999 - 2001 Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark Version 1.48 TOOL A.13		SATURATION PRESSURE <table border="1"> <tr><td>p_{SAT} (eqlib. with water)</td><td>4246 [Pa]</td></tr> </table>		p _{SAT} (eqlib. with water)	4246 [Pa]								
p _{SAT} (eqlib. with water)	4246 [Pa]												