

Tapani Alaoja

**UIMAHALLIN LÄMPÖTILAN LASKUN SÄÄSTÖPOTENTIAALI
KESÄKUUKAUSINA**

UIMAHALLIN LÄMPÖTILAN LASKUN SÄÄSTÖPOTENTIALI KESÄKUUKAUSINA

Tapani Alaoja
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Tapani Alaoja

Opinnäytetyön nimi: Uimahallin lämpötilan laskun säästöpotentiaali kesäkuukausina:

Työn ohjaaja(t): Jukka Ylikunnari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017

Sivumäärä: 40

Tämä opinnäytetyö on tehty Oulun kaupungin tilakeskukselle. Tarkoituksena oli teoreettisesti tarkastella Raksilan uimahallin lämpötilan alentamisen edellytyksiä ja laskea sen tuoma energiansäästö kesä-elokuun aikana. Tarkastelu kohdistui altaiden ja allastilojen lämpötiloihin. Koska uimahalli on suuri lämmönkuluttaja, voi pienillä muutoksilla olla merkittäviä vaikutuksia energiankulutukseen.

Laskennan suorittamiseksi täytyi selvittää kiinteistön lämmitysmuoto sekä suurimmat energiavirrat laitoksessa, mikä pyrittiin tekemään uimahallin automaatiojärjestelmän mittausten perusteella. Tässä järjestelmässä ei kuitenkaan ollut kaikkia tarvittavia mittauspisteitä tai mitattuja tietoja ei tallennettu suoraviivaisen laskennan tekemiseksi. Näiden asioiden vuoksi energiankulutus altaissa ja allastiloissa jaoteltiin altaista tapahtuvan haihdunnan perusteella. Säästöpotentiaalin laskemiseksi täytyi ottaa huomioon uimahalleille annetut suunnittelun ohjeet sekä viranomais määräykset.

Opinnäytetyössä tehtyjen laskujen perusteella säästöpotentiaaliksi kesän ajalle saadaan lähes 29 MWh joka vastaa noin 1 100 €:n säästöä kolmessa kuukaudessa. Vaikka säästö ei ole kesäaikana merkittävä suhteessa laitoksen kokoon, on se lämmitysenergian kulutuksesta reilut kuusi prosenttia. Laskettujen osatulosten perusteella on mahdollista myös arvioida tässä tehtyä suuremman tai pienemmän lämpötilan laskun vaikutuksia energiankulutukseen allastiloittain. Lisäksi opinnäytetyössä on laskettu tarkasti lämpimän käyttöveden ja normitetun lämmitysenergian kulutus kesäkuukausina, mitä voidaan käyttää apuna mahdollisissa myöhemmissä selvityksissä.

Vastaan tulleiden mittaustietojen puutteiden vuoksi ja opinnäytetyön tilaajan pyynnöstä tähän työhön on listattu automaatiojärjestelmään tehtäviä yksityiskohtaisia parannusehdotuksia. Parannusehdotusten mukaisten kulutusmittausten perusteella olisi mahdollista rakentaa luotettava kokonaiskuva laitoksen energiavirroista ja siten mahdollistaa hyvä pohja tuleville selvityksille.

Asiasanat: automaatiojärjestelmät, energiankulutus, energiansäästö, haihdunta, uimahallit

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Bachelor of Applied Science in Energy Technology

Author(s): Tapani Alaoja

Title of thesis: Energy Saving Potential in Public Swimming Pool by Decreasing Temperature during Summer Months.

Supervisor(s): Jukka Ylikunnari

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017 Pages: 40

This thesis is part of E-lighthouse project and was ordered by city of Oulu. The main goal was to theoretically study the requirements to decrease the temperature in the main public swimming pool in Oulu and calculate the energy saving potential during the summer months. Study was focused at the temperatures in pools and the rooms pools are located. Because the mentioned property consumes huge amounts of heat energy, might small changes have a big effect.

To make the calculations, it was necessary to find out the way building is heated and the main energy flows in the building. Because the property automation system didn't have all the information needed for straightforward calculation, energy was distributed based on water evaporating from the pools. To assess the potential, it was needed to take into account restrictions made by authorities and design guidelines.

Based on the calculations the potential energy saved during the summer months was nearly 29 MWh which corresponds around 1 100 € save in the heating costs. Calculations in this thesis also enable to estimate different variations if it is needed to make a bigger or smaller change in the temperatures than mentioned. In addition, domestic hot water and standardized heat consumption were calculated for possible future investigations.

Because there were some measurements missing in the automation system from the viewpoint of energy consumption, some suggestions to improve situation are listed in the end of this thesis. If given measurements are added in the system, it will help constructing a reliable image about the energy flows in the building and give a great base for researches to come.

Keywords: automation system, energy consumption, energy saving, evaporating, public swimming pools

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	9
2 UIMAHALLIN ENERGIANKULUTUS	10
2.1 Fluidin lämmitys	10
2.2 Lämmön johtuminen	11
2.3 Veden haihtuminen	12
2.4 Haihtumisen energiantarve	13
2.5 Kulutuksen normitus	13
3 OULUN RAKSILAN UIMAHALLI JA LÄHTÖTIEDOT	15
3.1 Oulun Raksilan uimahalli	15
3.2 Energiatase	15
3.3 Suositukset ja ohjeavot lämpötiloille uimahallissa	16
3.4 Altaiden ja allastilojen lämpötiloja	18
3.5 Altaiden vesien kierto	19
3.6 Energiankulutuksen historiatietoja	20
3.6.1 Kokonaiskaukolämmönkulutus	20
3.6.2 Käyttöveden kulutus ja lämmityksen osuus kaukolämmön kokonaiskulutuksesta	21
3.6.3 Muiden kuin allastilojen energiankulutus	23
3.6.4 Allastilojen energiankulutus	23
3.7 Kulutuksen normeeraus	24
4 SÄÄSTÖMAHDOLLISUUKSIEN ARVIOINTI	27
4.1 Allasvesien lämpötilan laskun potentiaali	27
4.2 Altaiden ja allastilojen yhteinen säästöpotentiaali	28
5 KEHITYSIDEAT	31
5.1 Automaatiojärjestelmä	31
5.1.1 Altaiden energiankulutuksen mittaaminen	32
5.1.2 Ilmastoinnin energiankulutuksen mittaaminen	33
5.1.3 Muiden tilojen ja käyttöveden kulutuksen mittaaminen	34

5.2 Muut vastaan tulleet ideat	36
6 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39

SANASTO

A	pinta-ala (m^2)
B	kokemusperäinen haihtumiskerroin ($kg/[m^2*s]$)
c_p	ominaislämpökapasiteetti ($\frac{kJ}{kg*°K}$)
d	halkaisija, paksuus (m)
m_h	haihtunut vesimäärä (kg)
Q	lämmitysenergia (kWh)
$Q_{haiht.}$	veden haihtumiseen kuluva energia (kWh)
Q_{lqv}	lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)
$Q_{läm}$	rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia (kWh)
Q_{norm}	rakennuksen normitettu lämmitysenergian kulutus (kWh)
Q_{tot}	rakennuksen kokonaislämmitysenergian kulutus (kWh)
q_m	massavirta (kg/s)
q_{mh}	haihtuvan veden massavirta (kg/s)
R	ainekerroksen lämmönvastus ($\frac{m^2*K}{W}$)
r	haihtumisenergia, (2,4 MJ/kg)

$S_{N. vp-kunta}$	normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku paikkakunnalla
$S_{tot. vp-kunta}$	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla
T	lämpötila (°C)
ΔT	lämpötilaero (°C)
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus (m ³)
x_v	kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa (kg/kg _{kuivaa ilmaa})
x_i	allastilan ilman keskimääräinen vesisisältö (kg/kg _{kuivaa ilmaa})
λ	lämmönjohtavuus ($\frac{W}{m \cdot K}$)
ρ	veden tiheys (kg/m ³)
Φ	lämpövirta/lämpöteho (kW)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää laskennallisesti, miten Raksilan uimahallin altaiden ja allastilojen lämpötilan laskeminen kesän ajaksi vaikuttaisi energiankulutukseen. Työn tilaajana oli Oulun kaupungin tilakeskus. Lämmitysenergian kulutuksen pienentäminen suuressa mittakaavassa voi tuottaa helposti huomattavia säästöjä. Tarkastelussa oli kuitenkin huomioitava sen ajoittuminen kesäaikaan, jolloin lämmitystarve on luonnollisesti pienimmillään. Kesälle ajoittuu myös vuotuinen huoltoseisokki, jolloin laitos on suljettuna. Laskennan rajoituksista oli huomioitava viranomais määräykset ja suunnittelun ohjeavot uimahallin lämpötiloille sekä muut erityispiirteet.

Laskennan perustaksi täytyi selvittää kiinteistön lämmitysmuoto sekä tarvittavat energiavirrat laitoksessa ja laitoksesta ulos. Tämän opinnäytetyön kannalta keskeisiä lämmitysenergian kulutuskohteita olivat muun muassa lämmin käyttövesi, altaiden lämmitys, allastilojen ilmastoinnin lämmitys sekä muiden tilojen lämmitys. Kiinteistö lämmitetään kokonaisuudessaan kaukolämmöllä.

Toisena keskeisenä tavoitteena oli listata mahdollisia työn tekemisen aikana vastaan tulevia kehitys- tai lisäselvityksaiheita. Kehitysideat voisivat liittyä esimerkiksi prosessien mittaustietoihin tai yleisesti energiatehokkuuden parantamiseen laitoksessa.

Tämä opinnäytetyö on osa E-lighthouse-projektia, jonka keskeisimpänä päämääränä on parantaa energiatehokkuutta ja lisätä uusiutuvien energiamuotojen käyttöä osallistuvien pohjoiseurooppalaisten yhteisöjen sisällä.

2 UIMAHALLIN ENERGIANKULUTUS

Tässä luvussa on esitetty joitakin lämmönsiirron ja -kulutuksen kaavoja sekä niihin liittyvää teoriaa. Näiden avulla voidaan hahmotella uimahallin energiavirtoja ja sitä kautta arvioida kesäaikaisia energiansäästömahdollisuuksia kiinteistössä. Lämmitystarve perustuu pohjimmiltaan siihen, että kaikki rakennukseen viety energia siirtyy lopulta ympäristöön lämpötilaerojen pyrkiessä tasaantumaan. Lämpöenergia siirtyy laitoksesta ulos konvektion, lähinnä ilmastoinnin, vuotoilman ja harmaavesien, sekä johtumisen kautta, esimerkiksi seinien, ikkunoiden ja yläpohjan kautta. Uimahallin sisällä energiaa siirtyy paljon myös uimavesien haihtumisen vuoksi.

2.1 Fluidin lämmitys

Fluidin lämmitykseen tarvittava lämpöteho saadaan laskettua kaavalla 1, kun ominaislämpökapasiteetin muutoksen oletetaan pysyvän vakiona tai sen olevan suhteellisen pieni (1, s.111).

$$\Phi = q_m * c_p * \Delta T$$

KAAVA 1

jossa,

Φ = lämpövirta/lämpöteho (kW)

q_m = massavirta (kg/s)

c_p = ominaislämpökapasiteetti ($\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ K}$)

- vedelle noin 4,2
- ilmalle noin 1

ΔT = lämpötilan muutos ($^\circ K/^\circ C$)

Tätä kaavaa voidaan muokata käytännöllisempään muotoon lämpimän käyttöveden laskemiseksi kaavan 2 mukaisesti. Kaavassa kertolasku jaetaan luvulla

3600, jotta saadaan muutettua vastauksen yksikkö kilojouleista kilowattitunneiksi. (2, s.8)

$$Q_{lkv} = \frac{\rho * c_p * V_{lkv} * (T_2 - T_1)}{3600} \quad \text{KAAVA 2}$$

jossa,

Q_{lkv} = Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia (kWh)

ρ = veden tiheys (kg/m³)

c_p = ominaislämpökapasiteetti ($\frac{kJ}{kg * ^\circ K}$)

V_{lkv} = lämpimän käyttöveden kulutus (m³)

T_2 = lämmitetyn veden lämpötila (°K/°C)

T_1 = lämmitettävän veden lämpötila (°K/°C)

2.2 Lämmön johtuminen

Lämmön johtuminen ainekerroksessa saadaan laskettua kaavalla 3 (1, s.111).

$$\Phi = \lambda * A * \frac{\Delta T}{d} = \frac{A * \Delta T}{R} \quad \text{KAAVA 3}$$

jossa,

Φ = lämpövirta/lämpöteho (W)

λ = lämmönjohtavuus ($\frac{W}{m * K}$)

ΔT = pintalämpötilojen erotus (°K/°C)

d = ainekerroksen paksuus (m)

A = lämmönsiirto pinta-ala (m²)

$$R = \text{ainekerroksen lämmönvastus } \left(\frac{m^2 \cdot K}{W}\right)$$

Tätä kaavaa käyttämällä voidaan laskea suoraan yksittäisen seinän tai kappaleen seinien läpi siirtyvän lämpötehon. Kaavaa soveltaen voidaan laskea myös monimutkaisemmille kappaleille lämmön johtuminen, esimerkiksi käyttämällä painotettuja keskilämpötiloja seinämien eri puolilla. Lisäksi kaavaa voidaan soveltaa monikerroksisen seinämän läpi tapahtuvaan lämmönsiirtoon ja monimutkaisten, nykyään tietokoneavusteisten, laskelmien avulla myös kokonaisille rakennuksille.

2.3 Veden haihtuminen

Veden haihtumista altaista voidaan arvioida kaavalla 4 (3, s. 4).

$$q_{mh} = A * B * (x_v - x_i) \quad \text{KAAVA 4}$$

jossa,

$$q_{mh} = \text{haihtuvan veden massavirta (kg/s)}$$

$$A = \text{altaan pinta-ala (m}^2\text{)}$$

$$B = \text{kokemusperäinen haihtumiskerroin (kg/[m}^2\text{*s])}$$

$$x_v = \text{kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa (kg/kg}_{\text{kuivaa ilmaa}}\text{)}$$

$$x_i = \text{allastilan ilman keskimääräinen vesisisältö (kg/kg}_{\text{kuivaa ilmaa}}\text{)}$$

Ilman vesisisällöt voidaan ottaa esimerkiksi laskurista. Tässä opinnäytetyössä on käytetty Vaisalan tarjoamaa laskuria. Se on saatavissa osoitteessa:

<http://www.vaisala.fi/fi/services/technicalsupport/HumidityCalculator/Pages/default.aspx>. Kokemusperäisenä haihtumiskertoimena voidaan käyttää kaavan

ohessa ilmoitettuja arvoja, jotka on ilmoitettu taulukossa 1 (3. s. 4).

TAULUKKO 1 Kokemusperäisen haihtumiskertoimen arvoja erilaisille altaille

Allastyyppe	B (kg/[m ² *s])
Peitetty	0,00022
Ei käyttäjiä	0,0022
Syvyys yli 1,35 m	0,0087
Syvyys alle 1,35 m	0,0125
Vesiliukumäen alastuloallas	0,0156

2.4 Haihtumisen energiantarve

Veden haihtumiseen tarvittava energia voidaan laskea, kun haihtuva vesimäärä on tiedossa kaavan 5 mukaisesti (4, s. 5).

$$Q_{haiht.} = \frac{m_h * r}{3,6}$$

KAAVA 5

jossa,

$Q_{haiht.}$ = veden haihtumiseen kuluva energia (kWh)

m_h = haihtunut vesimäärä (kg)

r = haihtumisenergia; tässä 2,4 (MJ/kg)

2.5 Kulutuksen normitus

Energiankulutuksen vertailukelpoisuuteen vaikuttavat muun muassa rakennuksen sijainti sekä eri kuukausien ja vuosien väliset ulkolämpötilaerot. Näiden aiheuttamat muutokset kulutuksessa voidaan tasoittaa normeerauksen avulla. Näin saadun vertailukelpoisen tiedon avulla voidaan pyrkiä tehokkaampaan energian käyttöön. (2, s. 1.)

Normituksessa käytetään niin sanottua lämmitystarvelukua, joka perustuu siihen, että lämmitykseen kuluva energia on verrannollinen rakennuksen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Kuukauden lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus, jossa yleensä sisälämpötilaksi oletetaan +17 °C. Tämä oletus johtuu siitä, että rakennuksen lämmittäminen todelliseen sisälämpötilaan tapahtuu muiden lämmönlähteiden, kuten ihmisten tai sähkölaitteiden avulla. Samoin, kuten kuukausittaisen lämmitystarveluvun laskentaan lasketaan päiväkohtaiset luvut yhteen, myös vuosittainen lämmitystarveluku saadaan laskemalla kuukausittaiset lämmitystarveluvut yhteen. Täten kylmempänä vuotena lämmitystarveluvusta tulee isompi kuin lämpimämpänä vuotena. Laskennassa ei kuitenkaan huomioida keväisin päiviä, kun lämpötila on keskimäärin yli 10 °C ja syksyllä 12 °C, koska tällöin oletetaan että kiinteistöjä ei tarvitse lämmittää. (2, s. 1.)

On huomioitava, että kokonaislämmitysenergiasta on erotettava käyttöveden lämmitykseen kuluva energia, sillä sen kulutus ei ole riippuvainen ulkolämpötilasta. Lämmitystarveluvut ovat saatavissa Ilmatieteen laitoksen verkkosivuilta www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut. Näiden tietojen avulla voidaan laskea normitettu energiankulutus kaavan 6 mukaisesti. (2, s. 3.)

$$Q_{norm} = \frac{S_{N. vp-kunta}}{S_{tot. vp-kunta}} * Q_{läm.} + Q_{lkv} \quad \text{KAAVA 6}$$

jossa,

Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergian kulutus

$Q_{läm}$ = rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia (kWh)

Q_{lkv} = lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)

$S_{N. vp-kunta}$ = normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku paikkakunnalla

$S_{tot. vp-kunta}$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

3 OULUN RAKSILAN UIMAHALLI JA LÄHTÖTIEDOT

Uimahallin pääasiallinen lämmitysmuoto on kaukolämpö, jolla lämmitetään muun muassa koko kiinteistön tilat, uima-altaat ja käyttövesi. Seuraavissa luvuissa on esitetty yleistietoa Oulun Raksilan uimahallista, sen energiankulutuksen tase, laskennan pohjana olevia alkutietoja ja automaatiojärjestelmän perusteella laskettuja tietoja sekä haihdunnan suhteen perusteella jaotellut altaiden ja allastilojen yhteiset kulutukset.

3.1 Oulun Raksilan uimahalli

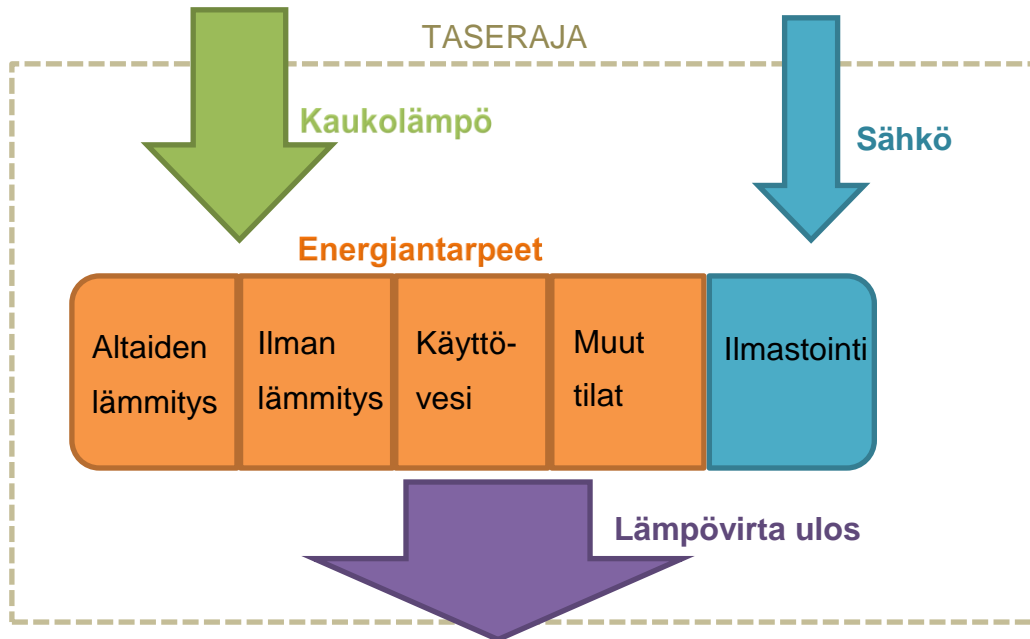
Raksilan uimahalli on yksi Oulun kaupungin kolmesta uimahallista Raatin ja Haukiputaan Vesi-Jatulien lisäksi. Vapaan uimisen lisäksi uimahalleissa järjestetään erilaisia vesivoimisteluita, joihin pääsee halutessaan osallistumaan uimalipun hinnalla. Uimahalleissa on myös kuntosalit, joissa voi kuntoilla yleisövuorojen aikana. Vuositasolla uimahalleissa on yhteensä reilu miljoona käyntikertaa. (5; 6.)

Raksilan uimahalli on yksi Suomen suurimmista uimahalleista; vesipinta-alaa on yhteensä 1 853 m² ja tilavuutta 3 545 m³. Suurin allas on 50 metriä pitkä, siinä on kahdeksan rataa sekä allas on myös jaettavissa välisillalla. Erillinen kuntouintiallas on 25 metriä pitkä, ja siinä on kuusi rataa. Näiden lisäksi uimahallissa on lasten opetusaltaat, liukumäen allas sekä monitoimiallas. Monitoimialtaassa on erilaisia vesihierontapisteitä, sekä siinä järjestetään vauvauintia, jonka ajaksi altaan veden lämpötilaa nostetaan. Uimahallissa on liikuntarajoitteisia helpottavia ratkaisuja: monitoimialtaassa on invanostin ja kuntoaltaaseen pääsee pyörätuoliluiskaa pitkin. Lisäksi uimahallissa on liikuntasali, judo- ja nyrkkeilysalit sekä kahvio, kokoustilat ja liikuntaneuvontapiste. (7)

3.2 Energiatase

Uimahallin lämmitykseen kuluvan energian säästämahdollisuuksien kartoittamiseksi on selvitettävä, mihin lämmitysenergiaa kiinteistössä kuluu kesäaikana. Kokonaisuuden hahmottamiseksi on syytä rakentaa ostoenergian taseraja, joka

tässä tapauksessa on käytännössä uimahallin ulkoseinät. Uimahallin energiatase on esitetty kuvassa 1. Taseesta on jätetty pois esimerkiksi sähkölaitteet ja ihmisten tuoma lämpö, koska niiden ajatellaan pysyvän vakiona ja siten laskelmien ulkopuolella. Ulkoilman, kuten auringonpaisteen, tuomat vaihtelut otetaan huomioon normeerauksella.



KUVA 1 Lämmitysenergian oston taseraja tarkastelussa

3.3 Suositukset ja ohjearvot lämpötiloille uimahallissa

Uimahallien altaiden vesien lämpötiloille on annettu suunnittelun ohjearvot. Lämpötilojen ohjearvot ovat eri käyttöön tuleville altaille erilaiset. Nämä lämpötilat on esitetty taulukossa 2. (3, s. 3.)

TAULUKKO 2 Allasvesien ohjearvoja (3, s.3).

Allas	Ohjearvo (°C)
Pääallas, kunto- ja kilpauintiin	26–28
Uimahyppyihin, sukellukseen	26–28
Monitoimiallas	30–34
Opetusallas	28–30
Leikkiallas, kahluuallas	30–32
Vesiliukumäen alastuloallas	30–32

Iholle jäävän veden haihtuessa ihminen menettää lämpöä. Tämän ja myös haihtumisen vähentämiseksi allastilojen sisäilman lämpötilan pitää olla 1–3 °C veden lämpötilaa korkeampi. Pienempi veden haihtuminen vähentää ilmastonin tarvetta allastiloissa ja siten alentaa energian kulutusta. Minimilämpötila sisäil-malle allashuoneissa on 29 °C, ja lattioiden lämpötila ei saa laskea alle 25 °C:n paikoissa, joissa oleskellaan paljasjaloin. (8, s.13–14 ;3, s. 3.)

Vauvauinnin aikana altaan vedelle on asetettu minimilämpötila. Veden lämpötilan tulee olla vähintään 32 °C, mutta sen suositellaan olevan kuitenkin 33–34 °C. Kun altaan lämpötila on vähintään 32 °C, ei vauvan kehon lämpötila ehdi laskea normaalin, 30 minuuttia kestävän, vauvauinnin aikana. (9, s.36.)

Myös uimahallissa allastilojen ulkopuolisille tiloille on asetettu lämpötiloille tavoitearvoja. Nämä tavoitearvot on esitetty taulukossa 3. (3, s.12.)

TAULUKKO 3 Muiden kuin allastilojen lämpötilojen tavoitearvot (3, s.12)

Tila	Lämpötilan tavoitearvo (°C)
Katsomo	22–25
Aulat, kahviot	20–22
Pesuhuoneet	24–26
Pukuhuoneet	23–24
Liikuntatilat (kuntosali)	18–22 (18–20)
Uimavalvojan tila / tekninen valvomo	23–25
Lipunmyynti	21–23
Tekniset tilat	25–27

3.4 Altaiden ja allastilojen lämpötiloja

Taulukossa 4 on esitetty uimahallin vesien ja ilman asetustilalämpötilat lähtötilanteessa sekä allastilavuudet. Pääaltaan tilavuus sisältää mahdollisen välisillan käytön (32,5 m³) ja lastenaltaan tilavuus sisältää liukumäen alaosan elementin (7,5 m³). Monitoimialtaan lämpötilaa nostetaan uimahallissa järjestettävien vauvaintien ajaksi 33 °C:seen ja ilman lämpötila 35 °C:seen.

TAULUKKO 4 Altaiden ja allastilojen arvoja lähtötilanteessa

Allas	Veden lämpötila (°C)	Ilman lämpötila (°C)	Altaan pinta-ala (m ³)
Pääallas	26,5	28,5	2 733,0
Kuntoallas	27,5	29,5	440,5
Pienet altaat <ul style="list-style-type: none"> • Lasten allas • Opetusallas • Leikkiallas 	28,0	30,0	215,5 <ul style="list-style-type: none"> • 74,0 • 112,5 • 29,0
Monitoimiallas	31,0	31,0	156,0

3.5 Altaiden vesien kierto

Uima-altaiden vettä kierrätetään ympäri vuorokauden käytännössä vakionopeudella. Näin tehdään veden laadun varmistamiseksi; myös yön aikana voidaan puhdistaa päivän aikana kertyneitä epäpuhtauksia. Taulukossa 5 on esitetty vesien pumppausmäärät sekä kiertonopeudet altaittain. Virtausmäärät on saatu uimahallin automaatiojärjestelmästä.

TAULUKKO 5 Altaiden vesien pumppaus

Allas	Pumppaus (m ³ /h)	Kiertonopeus (krt/vrk)
Pääallas	452,6	4,0
Kuntoallas	117,1	6,4
Pienet altaat	179,6	20,0
<ul style="list-style-type: none"> • liukumäki • opetus • leikki 	<ul style="list-style-type: none"> • 68,7 • 70,9 • 40,0 	<ul style="list-style-type: none"> • 24,8 • 15,1 • 33,1
Monitoimi	81,4	12,5

3.6 Energiankulutuksen historiatietoja

Seuraavissa luvuissa käydään läpi kiinteistön kokonaiskaukolämmönkulutus ja tarkastellaan sen eri osia yksittäisten energiavirtojen hahmottamiseksi. Koska uimahallissa mitataan suoraan pelkästään kaukolämmön kokonaiskulutusta, pitää laskennan suorittamiseksi tehdä joitakin oletuksia ja arvioita. Jos kaukolämmön kulutusta mitattaisiin erikseen eri altaiden lämmitykseen käytettävistä lämmönvaihtimista, ilmastoinnista ja muista kulutuskohteista, olisi laskenta huomattavasti suoraviivaisempaa ja luotettavampaa.

3.6.1 Kokonaiskaukolämmönkulutus

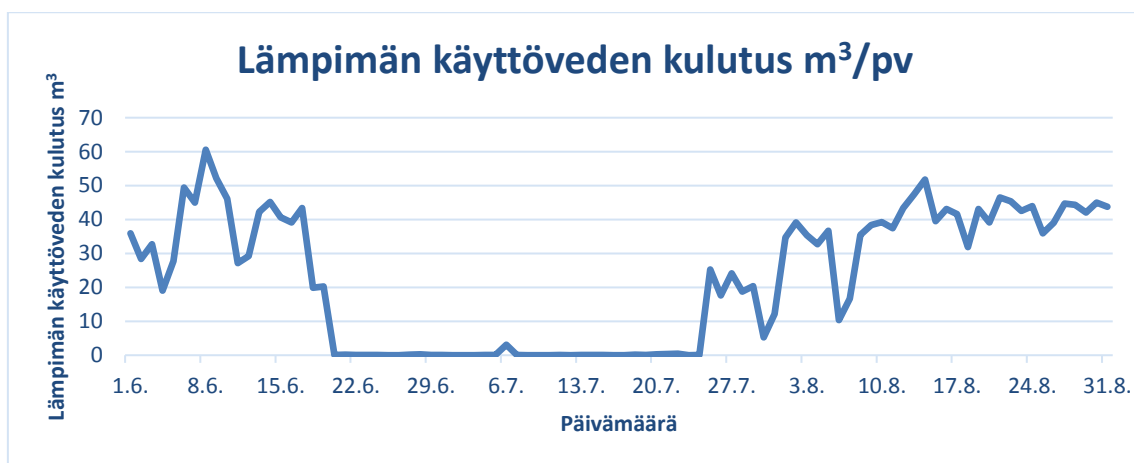
Uimahallin kulutukset kesäkuukausilta vuosina 2015–2016 ovat nähtävissä taulukosta 6. Taulukosta on nähtävissä kesän kokonaiskulutukset, päivän keskimääräinen kulutus sekä minimi- ja maksimipäivän kulutukset. Kokonaiskulutuksen ja keskimääräisen kulutuksen perusteella nähdään vuosien olleen hyvin saman tyyppisiä; ero kokonaiskulutuksessa on prosentin luokkaa. Vaikka kahden vuoden tietojen perusteella ei pystytä tekemään pitkälle meneviä johtopäätöksiä, voidaan tässä yhteydessä sanoa tarkkuuden olevan riittävä.

TAULUKKO 6 Kokonaiskaukolämmönkulutus uimahallissa kesäkuukausina 2015–2016

	Kulutus (MWh)	Keskim.	min.	max.
Kesäkuu	232,2	7,7	2,5	13,6
Heinäkuu	156,5	5,0	2,3	10,2
Elokuu	269,7	8,7	5,7	11,2
2016 kesä-elo	658,4	7,2	2,3	13,6
Kesäkuu	236,0	7,9	1,8	13,1
Heinäkuu	162,1	5,2	1,3	20,1
Elokuu	266,3	8,6	7,2	10,5
2015 kesä-elo	664,4	7,2	1,3	20,1

3.6.2 Käyttöveden kulutus ja lämmityksen osuus kaukolämmön kokonaiskulutuksesta

Automaatiojärjestelmästä saatiin päävesimittauksen lisäksi altaiden lämpimän ja kylmän täyttöveden sekä käyttöveden kulutus. Kulutuslukemien perusteella pystyttiin laskemaan päiväkohtaiset kulutustiedot. Kuvassa 2 on esitetty lämpimän käyttöveden kulutus kesän 2016 aikana.



KUVA 2 Lämpimän käyttöveden kulutus kesä-elokuussa 2016

Kuvaajasta on nähtävillä kesälle aiheutuvan seisokin vaikutus lämpimän veden kulutukseen: lämpimän veden kulutus on 20.6–24.7.2016 välisenä aikana päivittäin lähes nollassa. Aikavälin keskimääräinen lämpimän käyttöveden kulutus oli 22,21 m³/pv ja jos jätetään 20.6–24.7.2016 välinen aika huomiotta, keskiarvo on 35,74 m³/pv. Kokonaiskulutus kesä-elokuussa oli 2 042,94 m³.

Lämpimän käyttöveden kulutus voitiin nyt laskea kaavan 2 mukaisesti, kun automaatiojärjestelmään merkitty käyttöveden lämpötilan asetusarvo oli 55 °C ja lämmitettävän veden lämpötilaksi kesällä oletetaan tässä 10 °C (2, s. 8).

$$Q_{lkv} = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * 4,2 \frac{kJ}{kg * ^\circ K} * 2042,94 m^3 * (55 ^\circ C - 10 ^\circ C)}{3600 \frac{s}{h}} = 107\,254,35 kWh$$

$$\approx 107,3 MWh$$

Nyt voidaan kokonaiskaukolämmön kulutuksesta vähentää käyttöveden lämmitykseen kulunut energia ja siten saada kiinteistön lämmitykseen kesä-elokuussa kulunut energia, joka on nyt noin 551,1MWh. Taulukossa 7 on esitetty kuukausittaiset lämpimän käyttöveden kulutukset, niiden lämmittämiseen kulunut energia, kiinteistön lämmitykseen kulunut energia ja lämpimän käyttöveden osuus lämmitysenergiasta.

TAULUKKO 7 Lämpimän käyttöveden kulutus, sen energiankulutus, lämmitysenergiankulutus ja lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskulutuksesta kesä-elokuussa 2016

	Lkv kulutus (m ³)	Q _{lkv} (MWh)	Q _{läm} (MWh)	Q _{lkv} /Q _{tot}
Kesäkuu	704,8	37,0	195,2	15,9 %
Heinäkuu	128,3	6,7	149,8	4,3 %
Elokuu	1 209,9	63,5	206,2	23,6 %
Yht.	2 042,9	107,3	551,1	16,3 %

3.6.3 Muiden kuin allastilojen energiankulutus

Koska kiinteistössä ei seurata esimerkiksi eri altaiden, allastilojen tai yhteisten tilojen energiankulutusta, on muiden kuin allastilojen kaukolämmön kulutus arvioitava. Myöskään yleistä tilastotietoa asiasta ei ole saatavilla. Osakulutusten mittausten ja tietojen tallentamisen puute on uimahalleissa yleinen ongelma (10). Tässä opinnäytetyössä on arvioitu muiden kuin allastilojen kaukolämmönkulutuksen kesäaikana olevan 10 % kokonaiskulutuksesta eli 65,84 MWh.

3.6.4 Allastilojen energiankulutus

Koska uimahallin automaatiojärjestelmän historiatiedoista ei pystytä suoraan laskemaan kulutuksia altaille ja allastiloille, arvioidaan kulutukset haihdunnan perusteella. Tämän ajatuksena on se, että veden lämmittämiseen kuluva energia poistuu vedestä pääosin haihtumalla ja siitä edelleen ilmastoinnin kautta ulos. Kaavaa 4 käyttämällä saatiin taulukon 8 mukaiset tulokset haihtumille.

TAULUKKO 8 Altainen vesien haihdunnat uima-aitaiden ollessa käytössä ja poissa käytöstä

Allas	Haihtuma (kg/h)	
	Käytössä	Ei käytössä
Pääallas	406,1	102,7
Kuntoallas	238,3	41,9
Pienet altaat	184,7	32,5
-lasten/liukumäki	53,4	9,4
-opetus	78,9	13,9
-leikki	52,4	9,2
Monitoimiallas	96,9	17,0
Yht.	1110,8	226,7

Haihtumien suhteessa jaettiin energiankulutus, joka jäi jäljelle kokonaisenergiankulutuksesta, kun siitä vähennettiin lämpimän käyttöveden ja yleisten sekä teknisten tilojen arvioidut kulutukset. Kokonaishaihduntaa laskettaessa käytettiin uimahallin aukioloaikoja käyttöajan perusteena sekä otettiin huomioon laitoksen

seisakki 20.6–24.7.2016 eli 34 päivää. Kokonaishaihdunnaksi altaista tuli las-
kennassa kesän ajalle noin 770 m³. Haihtumien perustella tehty energiankulu-
tuksen jaottelu allastiloille on nähtävissä taulukossa 9.

TAULUKKO 9 Allastilojen energiankulutukset haihduntojen suhteessa

Allas	Energiankulutus (MWh)
Pääallas	216,9
Kuntoallas	123,0
Pienet altaat	95,4
-lasten/liukumäki	27,5
-opetus	40,7
-leikki	27,1
Monitoimiallas	50,0
Yht.	485,26

Jaottelu on tehty haihtumisen suhteessa, koska laitoksen energiavirtoja on
tässä vaiheessa erittäin hankalaa tai kohtuutonta arvioida tarkasti mittaustieto-
jen puuttuessa. Laskentatapa ei erittele esimerkiksi ulospäin johtumisen vuoksi
menevää energiaa tai ilmastoinnin lämmöntalteenoton takaisin kierrättämää
energiaa eikä tietojen puutteesta johtuen voida jaotella kulutusta erikseen ilmas-
toinnin ja vesien lämmitykseen. Energiankulutuksen jaottelu allastiloille altaiden
veden haihdunnan suhteessa on kuitenkin tarkempaa kuin esimerkiksi allas-
pinta-aloilla tehty jaottelu, sillä se ottaa huomioon lämpötilojen ja kosteuspro-
senttien eroavaisuudet.

3.7 Kulutuksen normeeraus

Ilmatieteenlaitoksen sivuilta saadut lämmitystarveluvut Ouluun keskilämpötiloi-
neen ovat nähtävillä taulukossa 10. Näiden tietojen avulla voidaan normittaa ui-
mahallin kulutus.

TAULUKKO 10 Kuukausittaiset lämmitystarveluvut 2017, lämmitystarveluvut vertailukaudella ja keskilämpötilat vuonna 2016 (11).

Kuu- kausi	Lämmitystarve- luku vertailukau- della (1981-2010)	Lämmitystarveluku (2016)	Kuukauden keski- lämpötila
Kesäkuu	47	61	13,4
Heinäkuu	9	0	17,4
Elokuu	55	58	13,7
Yht.	111	119	-

Normitettu kulutus on laskettu joka kuukaudelle taulukkoon 11. Laskennassa on käytetty apuna kaavaa 6, paitsi heinäkuulle jonka lämmitystarveluku vuonna 2016 oli nolla ja siten antaisi kaavan jakajan nollassa. Heinäkuun arvo on saatu vähentämällä kesä- ja elokuun arvot normitetusta kokonaiskulutuksesta kesä-elokuussa. Tämä on mahdollista, sillä vuosittainen lämmitystarveluku lasketaan laskemalla yhteen kaikki kuukausittaiset lämmitystarveluvut ja kuukausittaiset lämmitystarveluvut edelleen laskemalla yhteen päivittäiset lämmitystarveluvut.

TAULUKKO 11 Kesä-elokuun lämmitysenergia, lämpimän käyttöveden lämmitysenergia ja normitettu lämmitysenergiankulutus.

	$Q_{\text{läm}}$ (MWh)	Q_{lkv} (MWh)	Q_{norm} (MWh)
Kesäkuu	195,2	37,0	187,4
Heinäkuu	149,8	6,7	174,9
Elokuu	206,2	63,5	259,0
Yht.	551,1	107,3	621,4

Saadut normeeratut kulutukset eroavat automaatiojärjestelmästä erillään olevasta kiinteistön kulutuksenseurantajärjestelmästä. Tässä järjestelmässä on saatavilla pelkästään kokonaiskaukolämmönkulutus, joten voidaan olettaa, että järjestelmän normeeratut kulutukset arvioivat lämpimän käyttöveden osuuden

kulutuksesta jollakin laskukaavalla tai pitävän sen kuukausittain vakiona. Saatuja tietoja voidaan hyödyntää jatkossa energiansäästötoimenpiteiden vaikutavuuden arviointiin.

4 SÄÄSTÖMAHDOLLISUUKSIEN ARVIOINTI

Tässä luvussa käydään läpi, missä uimahallin allastiloissa energiankulutuksen säästötoimia on mahdollista tehdä sekä lasketaan niiden vaikutusta energiankulutukseen.

4.1 Allasvesien lämpötilan laskun potentiaali

Altaiden energiansäästöpotentiaalit on laskettu taulukkoon 12. Taulukossa on esitetty tämän hetkiset lämpötilan asetusravot sekä niitä vastaavat ohjeistetut minimiarvot, ja säästöpotentiaali on näiden erotus. Taulukosta nähdään pääaltaan potentiaalin olevan puoli astetta, kuntoaltaan puolitoista ja monitoimialtaan asteen verran.

TAULUKKO 12 Altaiden lämpötilat, suositusminimilämpötilat sekä säästöpotentiaali

	Veden lt °C	Minimi lt °C	Potentiaali °C
Pääallas	26,5	26,0	0,5
Kuntoallas	27,5	26,0	1,5
Pienet altaat	28,0	28,0	0,0
Monitoimi	31,0	30,0	1,0
-vauvauinti	33,0	33,0	0,0

Tilojen ilman lämpötilat noudattivat hyvin suositusta ollen tiloissa kaksi astetta yli allasveden lämpötilan. Mikäli tämä erotus pidetään samana, on säästöpotentiaali ilmatiloissa vastaavasti pääaltaan tilassa puoli astetta ja kuntoaltaan tilassa puolitoista. Koska altaiden ja allastilojen kulutukset on täytynyt arvioida kokonaisuutena haihtuman perusteella, eikä niiden todellisia lämmitystarpeita ole mahdollista laskea lämmönsiirtimistä, ei ole mielekäästä jaotella kulutusta ilmastoinnin ja veden lämmitykseen kuluvaan energiaan. Lisäksi haihtumisen tapahtuessa veden ja ilman rajapinnassa on mahdotonta sanoa missä suhteessa haihtumisen vaatima energiankulutus jakautuu ilman ja veden välillä.

4.2 Altaiden ja allastilojen yhteinen säästöpotentiaali

Energiankulutuksen säästöpotentiaalin laskemiseksi olisi hyvä määrittää energiankulutuksen nollakohta. Tämä on se lämpötila, missä tiloja ei enää tarvitse lämmittää. Mikäli automaatiojärjestelmän perusteella energiankulutus olisi voitu laskea luotettavasti tuntikohtaisena, olisi tämä tieto voitu määrittää sen avulla tarkasti. Näissä laskuissa ei energiankulutuksen nollakohtaa ole otettu huomioon. Mikäli käytettäisiin normeerausmuokituksen mukaista ajatusta neljän asteen hukkalämpöhyödyntämisestä, eli ettei 17 °C:n ulkolämpötilan jälkeen tarvitse lämmittää rakennuksia että voidaan ylläpitää 21 °C:n lämpötila sisätiloissa, olisivat säästöt luonnollisesti suurempia. Koska uimahallissa on normaaleja sisätiloja korkeammat lämpötilat, ei nollakohdan arviointi ollut mielekäästä.

Katsottaessa kaavoja 1 ja 3 nähdään, että energiankulutus riippuu sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksesta muiden suureiden pysyessä vakiona. Tässä opinnäytetyössä lämmitysenergian kulutus on laskettu vertaamalla tilojen sisälämpötiloja automaatiojärjestelmästä saatuun kesä-elokuun keskilämpötilaan. Vähennettäessä sisälämpötilasta ulkolämpötila ja jakamalla kesän aikana kulutettu energia tällä lämpötilojen erotuksella saadaan energiankulutus astetta kohti pääaltaalle taulukon 13 mukaisesti. Kun ilman ja veden lämpötilaero pidetään samana, voidaan laskea mahdollinen säästettävä energia kertomalla saatu luku lämpötilan laskun potentiaalilla.

TAULUKKO 13 Pääaltaan potentiaali ja lämpötilan laskun antama energian säästö kesän aikana

Pääallas	
Altaan ja allastilan lämpötilan ka	27,5 °C
Potentiaali	0,5 °C
Lämpötilaero 16,6 °C:een	10,9 °C
Energiankulutus kesän aikana	216,90 MWh
Energiankulutus astetta kohden	19,90 MWh/°C
Potentiaalinen säästö	9,95 MWh

Kuntoaltaan ollessa pienempi mutta potentiaalin asteina suurempi tulee potentiaaliseksi säästökseen lopulta pääallasta suurempi. Aстetta kohden säästömahdollisuus

suus on puolet pääaltaasta, mutta puolentoista asteen potentiaalilla kuntoaltaasta löytyy suurin säästömahdollisuus. Tiedot on esitetty tarkemmin taulukossa 14.

TAULUKKO 14 Kuntoaltaan potentiaali ja lämpötilan laskun antama energian säästö

Kuntoallas	
Altaan ja allastilan lämpötilan ka	28,5 °C
Potentiaali	1,5 °C
Lämpötilaero 16,6 °C:een	11,9 °C
Energiankulutus kesän aikana	123,01 MWh
Energiankulutus astetta kohden	10,34 MWh/°C
Potentiaalinen säästö	15,51 MWh

Monitoimialtaan säästöpotentiaali on esitetty taulukossa 15, mikä on myös odotetusti pienin. Koska lasten altaat on jo asetettu alimpaan suosituslämpötilaan, ei niissä varsinaista säästöpotentiaalia ole. Lisäksi kaikki kolme lasten allasta on samassa kierrossa, jolloin lämpötilaa pitäisi laskea käytännössä kaikissa altaissa. Mikäli lämpötilaa kuitenkin lopulta haluaa laskea, olisi säästetty energia kesän aikana 7,69 MWh/°C.

TAULUKKO 15 Monitoimialtaan potentiaali ja lämpötilan laskun antama energian säästö

Monitoimiallas	
Altaan ja allastilan lämpötilan ka	31 °C
Potentiaali	1 °C
Lämpötilaero 16,6 °C:een	14,4 °C
Energiankulutus kesän aikana	50,00 MWh
Energiankulutus astetta kohden	3,47 MWh/°C
Potentiaalinen säästö	3,47 MWh

Energiansäästöpotentiaalit ja niiden mahdollistama säästö euroissa on esitetty taulukossa 16. Euromääräistä säästöä laskettaessa on käytetty Oulun Energian verkkosivuilta kaukolämmölle löytyvää hintaa 47,08 €/MWh (alv24 %), mutta luvut on laskettu alv0 %. Lisäksi taulukossa on esitetty asteittaiset säästöpotentiaalit altaille sekä yhden asteen laskua vastaava rahallinen säästö. Mikäli sääs-

töpotentiaali haluttaisiin käyttää kokonaisuudessaan, uimahalli pystyisi säästämään kesän lämmityskuluista noin 1 100 €. Tarvittaessa myös muun kokoisen lämpötilan laskun tai noston vaikutus voidaan arvioida taulukon tietojen perusteella.

TAULUKKO 16 Energiensäästöpotentiaalın rahallinen säästö

Allas	Energiansäästö (MWh)	Säästö (€, alv-0)	Energiansäästö (MWh/°C)	Säästö (€/°C, alv-0)
Pääallas	9,95	377,76	19,90	755,51
Kuntoallas	15,51	588,70	10,34	392,47
Monitoimiallas	3,47	131,84	3,47	131,84
Lasten altaat	0,00	0,00	7,69	291,96
Yht.	28,93	1098,30	33,71	1279,82

Opinnäytetyössä laskettua säästöpotentiaalia toteuttaessa on kuitenkin huomioitava laskennan epätarkkuus sekä lämpötilan laskun vaikutus muun muassa käyttömukavuuteen. Jos lämpötilaa lasketaan opinnäytetyössä esitettyjä alarajoja alemmas, on huomioitava näiden rikkovan mahdollisesti viranomais määräyksiä ja/tai uimahallien suunnitteluohjeita. Muutos onkin arvioitava kokonaisvaltaisesti, ettei pääse tapahtumaan ihmisten terveyteen tai esimerkiksi uimahallin prosesseihin liittyvää haittaa.

Säästösunnan ollessa laitoksen kokoon suhteessa pieni on huomioitava säästöpotentiaalın laskennan sijoittuminen kesäaikaan, jolloin kulutus on luonnollisesti pienin. Ympäri vuotinen lämpötilan lasku toisi enemmän säästöjä. Saatu tulos on kuitenkin järkevä peilattaessa sitä nyrkkisääntöön, jossa asteen sisälämpötilan lasku tuo viiden prosentin säästön lämmitykseen. Tässä tapauksessa säästö olisi yli kuusi prosenttia lämmitysenergiakulutuksesta, vaikka huomioon ei oteta kaikkien laitoksen tilojen lämpötilan laskua. Toisaalta kuitenkin lämpötilat ovat normaalia asuin taloa suuremmat. Mikäli lämmönkulutuksen nollakohdaksi saataisiin kaksi astetta kutakin allastilaa matalampi lämpötila, olisi kesän aikainen säästö yli 1 300 € sekä kaikkien allastilojen asteen lämpötilan lasku lähes 7,5 % lämmitysenergiasta.

5 KEHITYSIDEAT

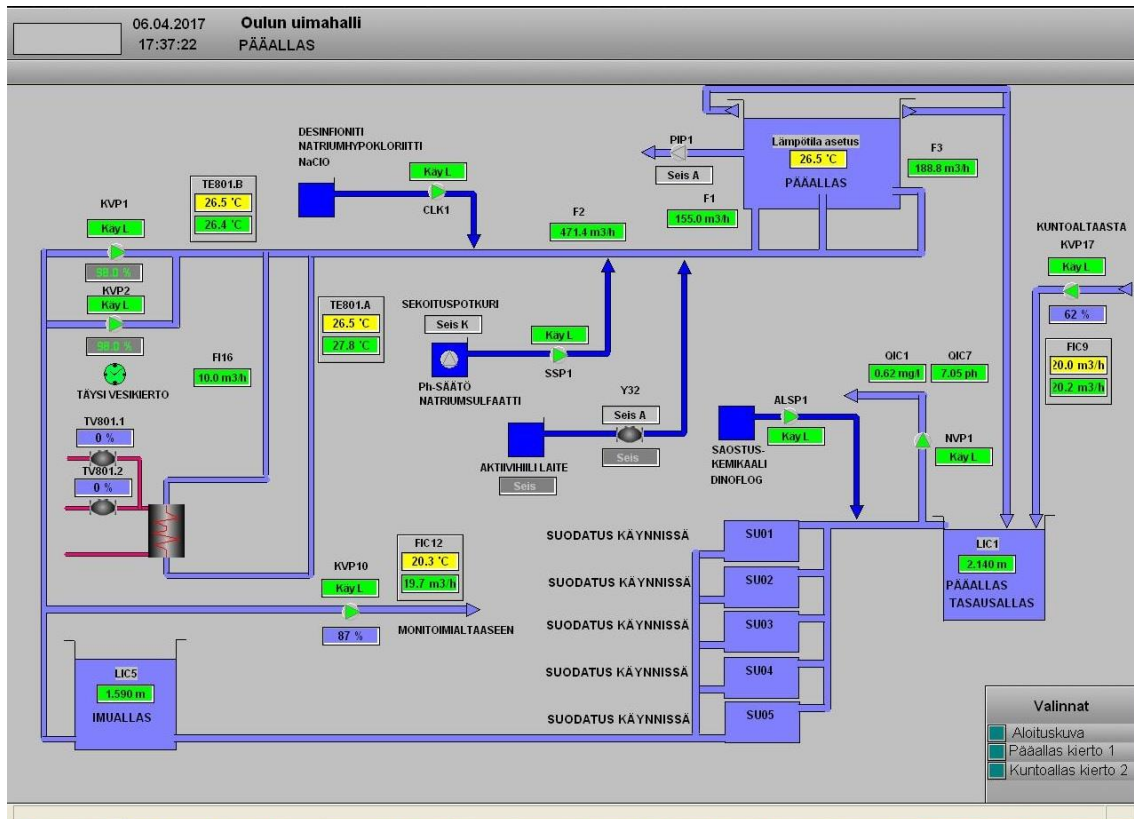
5.1 Automaatiojärjestelmä

Uimahallin, ja kenties muidenkin kiinteistöjen, automaatiojärjestelmien käytettävyyteen voisi kiinnittää huomiota. Järjestelmien tulisi olla selkeitä ja niiden olisi syytä tehdä lokeja kaikista mitatuista arvoista sekä järjestelmään syötetyistä asetus- tai tavoitearvoista. Näiden lokien täytyisi olla helposti saatavilla ja työstettävissä, jotta mahdollisia lisäselvityksiä tai kiinteistössä tehtyjä muutoksia voitaisiin seurata. Näin ollen voitaisiin tehokkaasti kontrolloida esimerkiksi kilpailutettujen järjestelmien tuomia säästöjä, sen sijaan että pahimmassa tapauksessa oltaisi vain tarjouksen tehneen yrityksen lupausten varassa. Tämän edellytyksenä on myös se, että järjestelmiä osataan käyttää, jolloin tiedot ovat tarvittaessa nopeasti saatavilla. Tehokas ja helppokäyttöinen automaatiojärjestelmä voi tuoda kustannussäästöjä myös muiden kuin energiansäästöön tähtäävien uudistusten käyttöönotossa ja uusien kehitysideoiden teoreettisessa tarkastelussa.

Automaatiojärjestelmän uusiminen ei ole tässä tapauksessa järkevää, vaan henkilöstön koulutuksella tai selkeillä käyttöohjeilla voitaisiin päästä tehokkaampaan automaatiojärjestelmän käyttöön. On myös syytä tarkistaa mahdollisten jatkoselvitysten varalta käyttöoikeuksien tarkoituksenmukaisuus sekä tarvittaessa tehdä omat tunnukset kiinteistöjä hallinnoiville henkilöille. Järjestelmät kuitenkin sinällään ovat toimivia ja kuten mitä tahansa uudistusta tehtäessä olisi huomioitava myös kiinteistön elinkaari sekä sen aikana koituvat kustannukset. Energiavirtojen luotettavaksi selvittämiseksi kiinteistössä suositellaan kuitenkin mittauspisteiden lisäämistä siten, että lämmönsiirtimissä tapahtuva lämmön luovuttaminen voidaan luotettavasti laskea. Tällöin voitaisiin suoraan automaatiojärjestelmästä nähdä tai laskea, mikä osuus kulutuksesta kuluu esimerkiksi tietyn altaan tai yhteisten tilojen lämmittämiseen. Kulutustiedot voisi kerätä joko suoraan automaatiojärjestelmään omalle osastolleen tai mahdollisesti jopa lähettää edelleen keskitettyyn kiinteistöjenhallintajärjestelmään.

5.1.1 Altainen energiankulutuksen mittaaminen

Suoraviivaisin lämmitysenergian mittausta tapahtuu lämmönvaihtimien vesipuolelta. Tätä tarkoitusta varten tarvitaan virtausmittaus, josta nähdään lämmönvaihtimen läpi virtaava vesi sekä lämmönmittaus ennen ja jälkeen lämmönvaihtimen. Esimerkiksi pääkaukolämmönkulutus mitataan vastaavalla tavalla. Energiankulutuksen voi laskea kaavalla 1. Altainen lämmitysenergian mittaaminen ei vaadi suuria investointeja, sillä kuten kuvasta 3 nähdään ovat tarvittavat mitauspisteet TE801.B ja TE801.A lämpötilojen mittausta varten sekä FI16 virtausmittaus jo olemassa. Laskennan suorittamiseksi pisteen FI16 pitäisi mitauksen lisäksi myös tallentaa lokiin kyseinen tieto, kuten lämpötilamittaukset jo tekevät, sekä tehdä tarvittavat yksikkömuutokset.



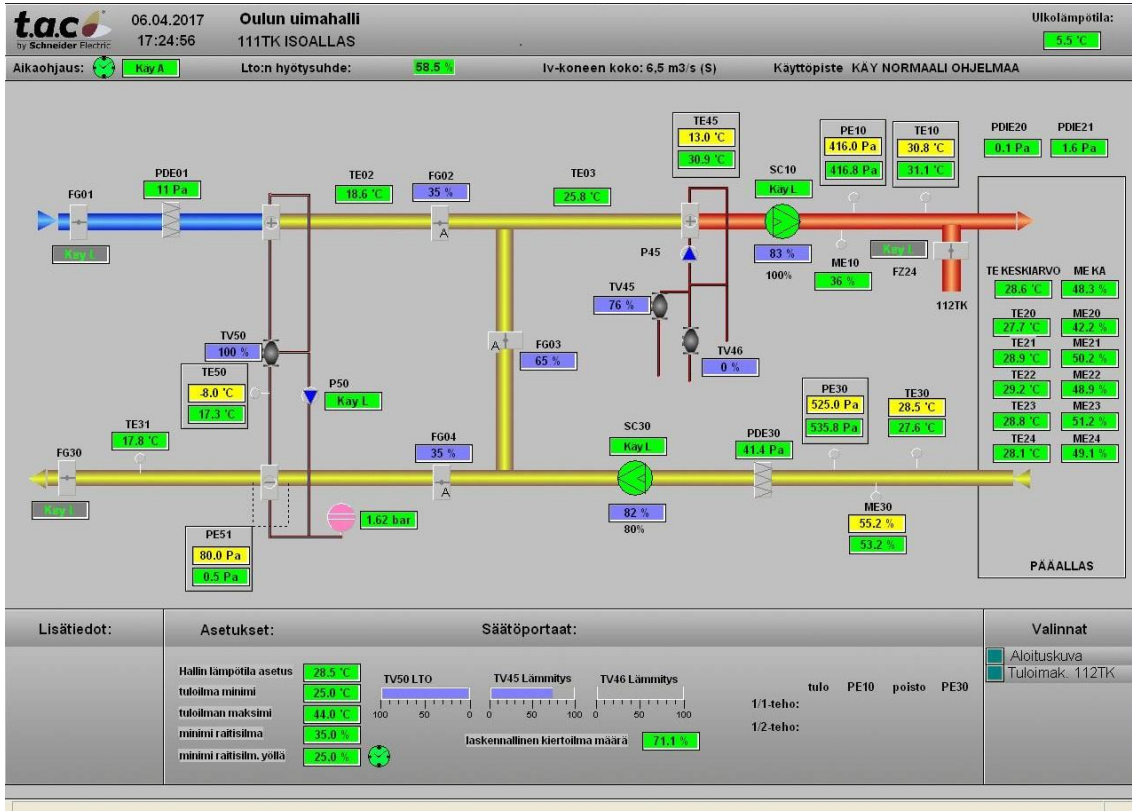
KUVA 3 Kuvankaappaus pääaltaan vesikierrosta automaatiojärjestelmästä

Prosessikaaviot ovat samantyyppiset muillekin altaille, joten niiden lämmitysenergian kulutusten mittaamiseksi täytyy saada tallennettua lokiin tiedot virtaus-

mittauksista vastaavalla tavalla. Kuntoaltaan kierrossa mittauspiste on F117, samassa kierrossa oleville opetus, leikki ja lastenaltaille F118 ja monitoimialtaalle F119.

5.1.2 Ilmastoinnin energiankulutuksen mittaaminen

Ilmastoinnin lämmitysenergian mittaaminen olisi myös helpointa tehdä lämmittimen vesipuolelta mittaamalla ja tallentamalla lokiin virtaama sekä lämmönsiirtimessä tapahtuva veden jäähtyminen. Olemassa olevilla mittauspisteillä laskenta olisi monimutkaisempaa ja mahdollisesti täysin automaattinen laskenta olisi hyvin vaikeaa. Kuten kuvasta 4 voidaan nähdä, voitaisiin laskenta suorittaa myös ilmapuolelta, mikäli puhaltimen taajuusmuuntajan tieto olisi tallennettu lokiin. Sen perusteella olisi puhaltimen käyrästä avulla voitu saada virtaustiedon, sekä ilman lämpötilojen ja kosteuden avulla ilman entalpian. Etenkin virtaaman määrittäminen puhaltimen käyrältä tai kosteuden vaihteluiden huomioiminen voi olla työlästä automatisoida. Täten suosittelen että ilmastoinnin osalta mittaukset tehdään vesipuolelle lisäämällä virtausmittaus sekä lämpötilamittaukset ennen lämmönsiirintä ja lämmönsiirtimen jälkeen. Myös muiden allastilojen ilmastoinnin kaaviokuvat ovat lähes vastaavat, joten niissä tilanne on samanlainen.

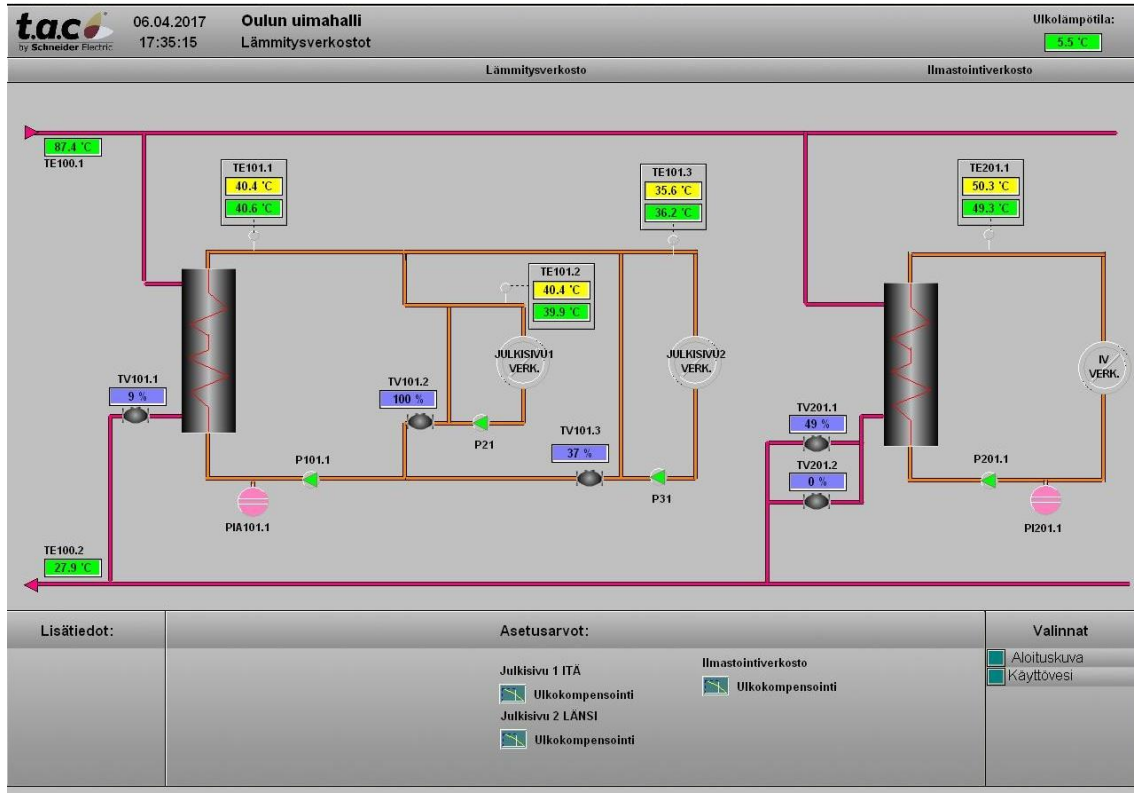


KUVA 4 Kuvankaappaus ison altaan ilmastoinnin prosessikaaviosta automaatiojärjestelmästä

5.1.3 Muiden tilojen ja käyttöveden kulutuksen mittaaminen

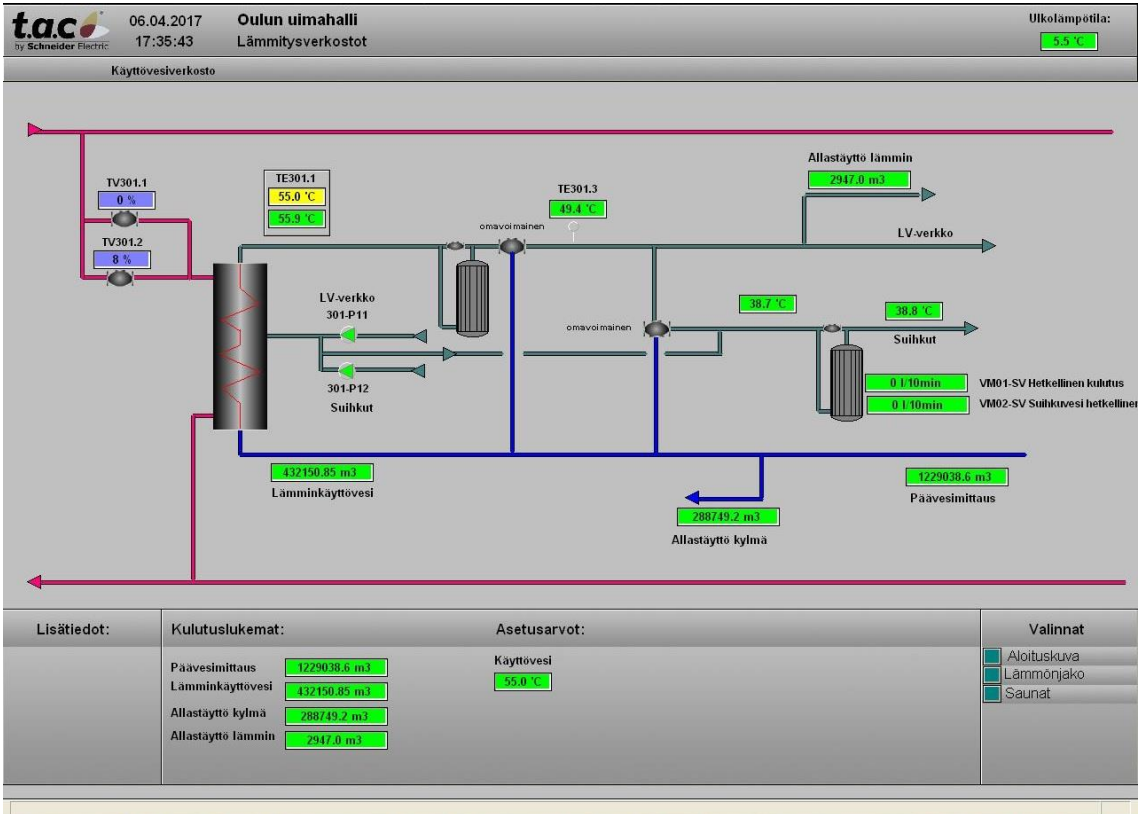
Muiden tilojen ja ilmastoinnin lämmönsiirtimissä mittaukset ovat tällä hetkellä riittämättömät energiankulutusten mittaamiseksi, kuten kuvasta 5 voidaan nähdä. Lämmönsiirtimien tai patteriverkostojen läpi tapahtuvaa jäähtymää tai virtausmittausta ei ole näistä saatavilla. Mikäli lämmitysenergian haluaa muille tiloille kokonaisuutena, riittäisi lämpötilamittauksen ja virtausmittauksen lisääminen samaan haaraan venttiiliin TV101.1 kanssa. Jos energiamittauksen haluaa molemmille lämmityspiireille erikseen, pitäisi lämpötila- ja virtausmittaukset lisätä samoihin haaroihin pumppujen P21 ja P31 kanssa. Mikäli halutaan tilakohtaiset mittaukset, pitäisi ne tehdä edelleen sopivissa kohteissa patteriverkostossa. On myös muistettava lisätä mittauksen lisäksi tietojen tallennusominaisuus. Kuvassa 5 näkyvän ilmastointiverkoston lämmönvaihtimen kohdalle ei

välttämättä mittauspisteitä tarvitse lisätä, jos tämän jälkeen oleviin kaikkiin ilmastoinnin lämmönsiirtimiin lisätään mittauspisteet. Jos osamittauksen tähän kohtaan haluaa kuitenkin laittaa, esimerkiksi kokonaisuuden helpomman hahmottamisen ja häviöiden seurannan vuoksi, pitäisi lämpötila- ja virtausmittaus lisätä samaan haaraan pumpun P201.1 kanssa.



KUVA 5 Kuvankaappaus muiden tilojen ja ilmastointiverkoston lämmönsiirtimien prosessikaavioista automaatiojärjestelmästä

Lämpimän käyttöveden laskenta oli suoraviivaista saatavilla olleiden tietojen perusteella, kun lämpimän käyttöveden kumulatiivista kulutusta ja lämmönvaihtimen jälkeistä lämpötilaa mitattiin. Tarkempaa kulutustietoa varten voisi lisätä myös lämpötilamittauksen tulevalle kylmälle vedelle, jolloin lämpötilan ei tarvitse olettaa olevan 5–10 °C, vaan saataisiin asiasta tarkka tieto. Kuvassa 6 on esitetty kylmän ja lämpimän käyttöveden prosessikaavio.



KUVA 6 Kuvankaappaus kylmän ja lämpimän käyttöveden prosessikaaviosta automaatiojärjestelmästä

5.2 Muut vastaan tulleet ideat

Koska uimahalli on kokonaisuudessaan iso laitos, jossa varsinaiset uimiseen ja peseytymiseen varatut tilat ovat oma osansa kiinteistöä, voisi pohtia esimerkiksi teknisten tilojen tai muiden asiakastilojen käyttöä. Näiden tilojen lämpötiloja tai käyttöä tarkastelemalla voisi löytyä säästökohteita. Huomioita voisi kiinnittää lämpötilojen lisäksi esimerkiksi ilmastoinnin tasoon tai teknisissä tiloissa vesiputkien eristykseen. Sähkönkulutusta puolestaan voitaisiin laskea käyttämällä tiloissa enemmän liiketunnistimia tai luonnonvalon mukaan säätyvää valaistusta.

Altaiden peittämisen järkevyyttä haihdunnan pienentämiseksi voi myös tutkia. Altaista tapahtuva haihdunta laskee kymmenesosaan, kun allas on peitettynä verrattuna käyttämättömään tilanteeseen jolloin säästöpotentiaali on suhteessa

erittäin merkittävä. Tämä voi tuoda merkittäviä säästöjä haihdunnan aiheuttaman energiankulutuksen pienentyessä. Ongelmia tuonee kuitenkin isojen alueiden peittäminen ja niiden vaatimien laitteiden käyttö, säilytys ja peseminen ynnä muu vastaava huolto. Myös taloudelliset vaikutukset on arvioitava huolella ja kokonaisvaltaisesti.

Haihdunnan pienentämistä varten on lisäksi olemassa veden lisäaineita. Tällaisen avulla voidaan suhteellisen yksinkertaisilla investoinneilla pienentää haihduntaa kerralla kaikista altaista. Käytännössä tarvitaan vain laite annostelua ja säilytystilaa ainetta varten.

Joinakin kuukausina lämmitystarveluku voi olla nolla. Tällöin normeeratun kulutuksen kaava antaa jakajaan nollan, jolla ei voi jakaa. Valitsemalla luvun lähelle nollaa, antaa se taas kulutukseksi erittäin suuren luvun. Tämä on ongelmallista vertailutilanteissa eikä anna luotettavaa kuvaa. Tässä opinnäytetyössä aikavälille sattui vain yksi kuukausi, jolloin lämmitystarveluku oli nolla. Ongelma ratkaistiin ratkaisemalla normeerattu kulutus tälle kuukaudelle kolmen kuukauden kulutustietojen ja lämmitystarvelukujen avulla. Olisikin hyvä pohtia, miten nolларvoa tulisi käsitellä, varsinkin jos kyseisiä kuukausia on useampia tai vertailaan eri vuosia, joina vastaavia kuukausia on tarkastelussa.

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli selvittää Oulun Raksilan uimahallin lämmitysenergian säästöpotentiaali kesän aikana laskemalla lämpötilaa allastiloissa. Laskennan suorittamiseksi täytyi selvittää uimahallin lämmitysmuoto ja suurimmat energivirrat kiinteistössä sekä myös ohjearvojen mahdollistama lämpötilanlaskun potentiaali. Kaikki tilat lämmitetään kaukolämmöllä, mutta tarkkaa laskentaa kulu- tuskohteista ei ollut mahdollista tehdä mittaustietojen puuttuessa.

Uimahallin energiankulutuksesta iso osa johtuu veden haihtumisesta, minkä vuoksi energiankulutusta jaoteltiin allastiloissa tapahtuvan haihdunnan perusteella. Kun kesä-elokuun välisenä aikana kulutettu lämmitysenergia oli jaoteltu eri allastiloille, pystyttiin vertaamaan sisälämpötiloja kesän keskimääräiseen ulkolämpötilaan ja arvioimaan sitä kautta energiansäästöä. Ohjearvojen mahdollistaman lämpötilan lasku antaisi kesänaikaiseksi säästöksi laskennallisesti noin 29 MWh ja Oulun energian kaukolämmön hinnan 47,08 €/MWh (alv24 %) mukaan rahallisesti noin 1 100 € (alv0 %). Lasketut osatulokset mahdollistavat myös potentiaalia suuremmat tai pienemmät lämpötilanlaskut, mutta aina muutoksia tehtäessä on huomioitava, ettei lämpötilan lasku tee uimisesta epämiel- lyttävää tai pahimmassa tapauksessa vaarallista.

Tehty laskenta kärsii epätarkkuudesta ja laskennan suorittamiseksi täytyi tehdä oletuksia. Tämän johdosta ja toimeksiantajan pyynnöstä opinnäytetyöhön on lisätty yksityiskohtaisia parannusehdotuksia automaatiojärjestelmään tarkemman mittaustiedon keräämiseksi. Tarkemman mittaustiedon saaminen mahdollistaa laadukkaamman laskennan ja vähentää tarvetta oletuksille. Se myös mahdollistaa muiden energiansäästötoimenpiteiden tehokkaamman teoreettisen tarkaste- lun sekä tehtyjen toimenpiteiden käytännön vaikutusten arvioinnin jälkikäteen. Näiden helpottamiseksi toimeksiantajalle on luovutettu opinnäytetyön lisäksi Excel-laskentapohja, jota voidaan käyttää apuna energiankulutuksen seurannassa, normituksessa sekä haihdunnan laskennassa.

LÄHTEET

1. Tekniikan kaavasto. 2010. Tampere: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.
2. Kulutuksen normitus auttaa kulutusseurannassa. 2016. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/12186/Kulutuksen_normitus_Laskentakaavat_ ja_ - ohjeet_Motiva_Oy_12-2016.pdf. Hakupäivä 8.3.2017.
3. LVI-ohjekortti 06-10451. Uimahallien ja virkistysuimaloiden LVIA-Suunnittelu (2009, korjaus 2012). Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10451> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 23.3.2017
4. LVI-ohjekortti 22-10386. Uima-allasvesien käsittely (2005). Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10386> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 18.4.2017
5. Uimahallit. Oulun kaupunki. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/liikunta-ja-ulkoilu/uimahallit>. Hakupäivä 7.3.2017.
6. Vesivoimistelut. Oulun kaupunki. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/liikunta-ja-ulkoilu/vesivoimistelut>. Hakupäivä 7.3.2017.
7. Tietoa Oulun uimahallista. Oulun kaupunki. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/liikunta-ja-ulkoilu/aukioloajat2>. Hakupäivä 7.3.2017.
8. Uimahallien ja kylpylöiden sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevat terveydelliset ohjeet. Valvira 2008. Saatavissa: https://www.valvira.fi/documents/14444/22511/Oppaita_3_2008_Uimahallien_ilmanvaihto_5.pdf. Hakupäivä 22.3.2017
9. Allasvesiasetuksen soveltamisohje. Valvira 2017. Saatavissa: http://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Allasvesiasetuksen_soveltamisohje.pdf/f6bc9091-304e-49d3-a9ac-019bd7573db0. Hakupäivä 22.3.2017

10. Kulutustiedot alakeskuksista. Uimahalliportaali. Saatavissa: <http://uimahallit.vtt.fi/seuranta.asp>. Hakupäivä 19.4.2017
11. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. Ilmatieteen laitos. Saatavissa: www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut. Hakupäivä 8.3.2017