

Uimahalliportaalin energiatehokkuuden parantamisen osio



Uimahallin energiakäyttöä tehostamalla voit säästää vuosittain jopa kymmeniä tuhansia euroja!

Tervetuloa parantamaan uimahallien energiatehokkuutta!
Energiatehokkuuden keskeisin tekijä on allastilan ilmanvaihto

Tämä ohje esittelee Opetus- ja kulttuuriministeriön ja Aalto-yliopiston yhteistyössä kehittelemän uimahallien energiatehokkuuden parantamisen konseptin. Ohjesivusto on suunnattu erityisesti uimahallien henkilökunnille, joiden halutaan lähtevän mukaan parantamaan oman uimahallin toimintaa annettujen ohjeiden mukaisesti. Myös muut uimahallien toiminnasta kiinnostuneet löytävät mielenkiintoista tietoa tältä sivustolta.

Koko sivuston sisältö on koottu myös printattavaksi kokonaisuudeksi. Osioon kuuluvat ladattavat tiedostot voit ladata portaalista.

Energiatehokkuuden parantaminen vaatii työtä, aikaa ja perehtymistä. Prosessilla voidaan tuottaa suuria tuottoja tyhjästä, mutta se vaatii organisaatiolta panostusta. Tehtävään on syytä nimetä henkilö, joka on siitä aidosti kiinnostunut. Lisäksi henkilökunnan motivaatiota energiatehokkuuden parantamiseksi tulisi nostaa palkkioilla. Esimerkiksi 10 % palkkiobonus säästetyn energian hinnasta toimii varmasti kannustimena parhaiden mahdollisten toimenpiteiden löytämiseksi ja motivaation ylläpitämiseksi jatkuvaan energiatehokkuuden seurantaan. Mikäli asianmukaiset kannustimet puuttuvat tai aikaa ei ole järjestetty muilta työtehtäviltä, henkilökunnan motivaatio ja mahdollisuudet seurata energiatehokkuutta ovat todennäköisesti hyvin alhaiset.

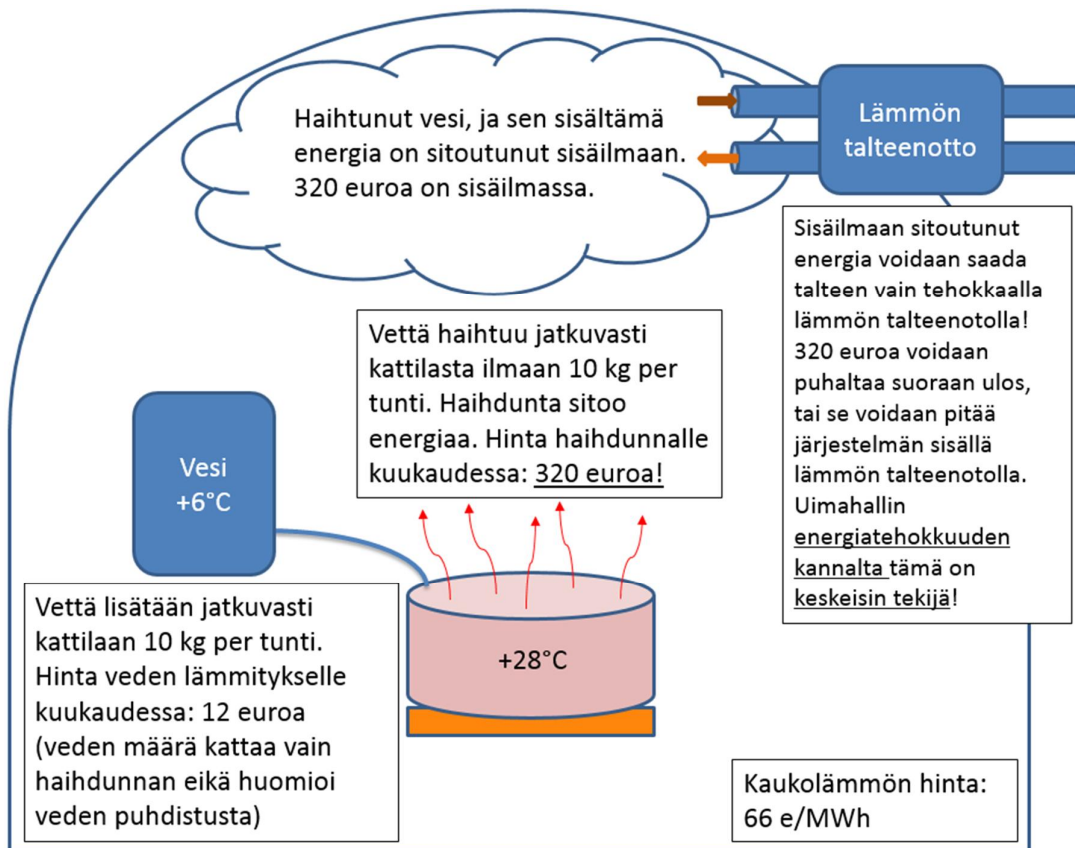
Uimahallit ovat rakennuksia, joissa käytetään valtava määrä lämpöenergiaa, sähköä ja vettä. Huonekuutiometrejä kohden kaikkia kolmea käytetään kaikista Suomen rakennuksista eniten juuri uimahalleissa. Uimahallien energian kulutus tulee aina olemaan korkea niiden tarjoamien palveluiden vuoksi, mutta useissa uimahalleissa palvelut voidaan tuottaa huomattavasti nykyistä energiatehokkaammin.

Tuottamalla palvelut energiatehokkaasti uimahalli säästää selvää rahaa. Säästöt ovat kohteesta riippuen erisuuruisia, mutta keskimäärin vuositasoinen säästöpotentiaali on tuhansista jopa kymmeniin tuhansiin euroihin! Uimahallien energiakulutus ja täten ylläpito hinta ovat korkeat, joten pienetkin energiatehokkuutta parantavat tekijät tuovat selvää rahallista säästöä.

Energiatehokkuuden kulmakivi on uimahallin toiminnan ja energian kulutuksen tunteminen riittävän tarkasti. Vain tällöin voidaan energiatehokkuuden parantamiseksi valita kohdekohtaisesti juuri oikea

toimenpide (tehostamiskonsepti). Lähde mukaan seuraamaan ohjeita, niin saat kuvan oman uimahallin toiminnasta ja löydät oikeat keinot energian kulutuksen pienentämiseksi.

Ohjeen keskeisinä teemoina ovat haihdunta ja sen rajoittaminen sekä poistoilman lämpösisällön talteenotto, jotka on esitetty alla olevassa kuvassa. Keskimääräisesti uimahallien allasveden haihdunta voi olla jopa 100 kg/h, jolloin alla olevan esimerkin mukaiset luvut voidaan kertoa kymmenellä.



Energiatohokkuuden parantaminen on vaiheittainen prosessi, joka alkaa oman uimahallin energiankulutuksen ja energiatohokkuuden seurannalla ja mittaamisella. Kun oman hallin toiminta tunnetaan, valitaan näiden tietojen perusteella oikea tehostamiskonsepti kyseessä olevalle uimahallille. Tehostamiskonseptin valinnan jälkeen toimenpiteet toteutetaan, jonka jälkeen seuranta voidaan aloittaa alusta ja arvioida uudelleen rakennuksen elinkaaren aikaista toimintaa.

Ohje on kirjoitettu siten, että tämä sivu sekä "polku energiatohokkuuteen" -osio antavat lukijalle kokonaiskuvan siitä, mitä ohjeessa käsiteltävä kokonaisuus pitää sisällään. Nämä ensimmäiset osiot eivät vielä anna tarkkoja ohjeita tehtävien suorittamisesta.

Seuraavat osiot, "energiankulutuksen nykytila" ja "energiatohokkuuden seuranta" antavat yksityiskohtaiset

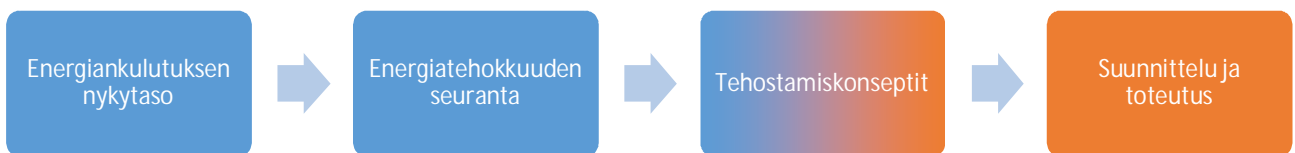
Tutustu ensin kohtaan polku energiatohokkuuteen, joka toimii pikaohjeena koko sivustolle. Sieltä löydät tiivistelmän kaikista ohjeessa käsiteltävistä kohdista. Tarkemmat osiokohtaiset ohjeet löydät eri osioiden alta. Osioiden etusivuilla on esitetty tiivistelmä kyseisessä osiossa käsiteltävistä asioista.

Polku energiatehokkuuteen

Energiatehokkuuden parantaminen koostuu neljästä vaiheesta ja avainasemassa on oman uimahallin toiminnan tunteminen

Tämä on ns. pikaohje uimahallien energiatehokkuuden parantamiskonseptin polusta, joka esitellään tässä osiossa. Polun tarkoitus on ohjata energiatehokkuuden parantamisesta kiinnostunut käyttäjä oikealle tielle, ja esittää, mitä vaiheita tähän prosessiin kuuluu. Tämä osio tiivistää kaikki tässä ohjeessa esitetyt osatekijät yhdeksi lyhyeksi kokonaisuudeksi.

Polku esittelee lyhyesti kaikki energiatehokkuuden parantamiseen keskeisesti liittyvät osat, joita käsitellään tarkemmin aihealueiden omissa osioissa. Kuvassa 1 on esitetty koko uimahallien energiatehokkuuden parantamisen polku, jossa sinisellä taustalla olevat kohdat ovat suunnattu hallihenkilökunnalle ja oranssilla pohjalla olevat alan ammattilaisille. Kaikki materiaali on kuitenkin kirjoitettu sellaiseen muotoon, että jokainen lukija saisi selkeän kokonaiskuvan siitä, mitä uimahallien energiatehokkuuden parantamisen prosessi pitää kokonaisuudessaan sisällään.



Kuva 1. Koko energiatehokkuuden parantamisen prosessi, joka painottuu uimahallin toiminnan ja energiankulutuksen selvittämiseen ensimmäisissä kahdessa osiossa.

Koko energiatehokkuuden parantaminen on prosessi, joka alkaa oman uimahallin toiminnan selvittämisestä ja huipentuu valittujen tehostamiskonseptien toteuttamiseen. Etenemällä esitettyä polkua eteenpäin, jokainen suoritettu osio on tärkeä askel kohti parempaa energiatehokkuutta. Ohjeen tarkoitus on opastaa sen käyttäjä vaiheittain kaikkien askelten läpi antaen kattavat ohjeet siitä, mitä asioita eri vaiheissa tulee tehdä sekä miten ja miksi. Sivusto antaa työkalut ja niiden käyttöohjeet uimahallien energiatehokkuuden parantamiseksi. Energiatehokkuuden parantamisen polun päässä on rahakirstu, josta hyötyvät niin hallihenkilökunta, kunta kuin ympäristökin.

Uimahallin energiatehokkuuden parantamisen ensimmäiset askeleet koskevat tietojen keräämistä uimahallista. Keskeisimpien tulosten kokoamista varten on luotu ladattava kaavake (Kuva 2). Kaavakkeen avulla on helppo kerätä mittaustulokset selkeäksi kokonaisuudeksi. Kaavakkeelle kerätään energiankulutuksen nykytason ja energiatehokkuuden seurannan osioissa kerätyt tiedot. Kun koko kaavake

on saatu täytettyä, voidaan sanoa, että uimahallin toiminta tunnetaan riittävän hyvin. Täytetyn kaavakkeen pohjalta alan ammattilaisen tulisi pystyä kertomaan, miten uimahallissa voidaan säästää energiaa.

Ladattavan kaavakkeen ja valmiiksi täytetyn mallikaavakkeen voit ladata uimahalliportaalista.



Kaavake uimahallin energiatehokkuuden keskeisimmille tekijöille

Täyttämällä tämän kaavakkeen saat kokonaiskuvan uimahallin energiateknisestä toiminnasta. Kun kaavake on loppuun asti täytetty, voidaan uimahallin energiatehokkuuden parantamiseksi valita oikea toimenpide (tehostamiskonsepti). Ohjeet kaavakkeeseen täytettävien tietojen löytämiseksi on esitetty uimahalliportaalisissa (uimahallit.vtt.fi → energiatehokkuuden parantaminen)

Uimahallin perustiedot. (Suurpiirteiset tiedot. Epäselvät kohdat voidaan selvittää myöhemmin.)

Uimahallin nimi ja paikkakunta	
Rakennusvuosi (alkuperäinen rakennusvuosi, saneerausvuosi/-vuodet)	
Saneerauksen lyhyt kuvaus	
Allastilan ilmanvaihtokoneen mitoitusilmavirtaama (maksimi-ilmavirtaama) [m ³ /s]	
Allastilan ilmanvaihdon ohjausperuste (esim. suhteellinen kosteus, CO ₂)	
Allastilan kuivausperiaate (esim. ulkoilmahuuhtelu tai kondenssikuivaus)	
Allastilan ilmanvaihdon lämmön talteenoton malli (esim. vesi-glykoli, ristivirta, lämpöpumppu)	
Allastilan ilmanvaihdon suunniteltu hyötysuhde (tuloilman lämpötilahyötysuhde) [%]	
Allastilan pinta-ala [m ²]	
Allaspinta-ala [m ²]	
Uimahallin bruttopinta-ala [m ²]	
Uimahallin bruttovolumi [m ³]	
Allastilan sisäilman lämpötilan asetusarvo [°C]	
Allastilan sisäilman suhteellisen kosteuden asetusarvo [%]	

Kuva 2. Ladattavan kaavakkeen etusivu. Havainnekuva.

Energiankulutuksen nykytaso

Uimahallin energiatehokkuuden lähtökohta on aina oman hallin tämänhetkisen toiminnan tunteminen. Hallin energiankulutustietojen kerääminen ja dokumentointi mahdollistavat hallin toiminnan seuraamisen sekä toteutettujen toimenpiteiden vaikutusten havaitsemisen. Jos hallin toimintaa ja kulutusta ei tunneta, energiatehokkuuden tehostamistoimenpiteiden vaikutukset jäävät arvailujen varaan!

Kuukausitasolla uimahallin nykytilan seuranta koostuu kaukolämmön, sähkön ja veden kulutuksien kuukausiarvojen seurannasta. Vuosikulutus on luonnollisesti kuukausikulutuksien summa. Kaukolämmön kulutus on yleensä uimahallien kohdalla suurempi kuin sähkön, joten sen kulutustiedot kuvaavat paremmin hallin kokonaisenergiatehokkuutta. Kaukolämmön ja sähkön kuukausittaiset kulutustiedot ovat saatavissa paikallisilta voimayhtiöiltä. Edellisten lisäksi olemme kiinnostuneita uimahallin kuukausittaisista kävijämääristä.

Kaukolämmön mitatun kulutuksen keskitehon suhde sisä- ja ulkoilman väliseen lämpötilaeroon kertoo paljon hallin toiminnasta. Keskitehon arvojen pohjalta voidaan tehdä johtopäätöksiä järjestelmän ohjauksesta, lämpöhäviöistä sekä vakiotehosta. Kulutuksien suhde kävijämääriin kuvaa hallin tehokkuutta suhteutettuna sen käyttäjämäärään. Tämä on keskeistä etenkin vedenkulutuksen tarkastelussa.

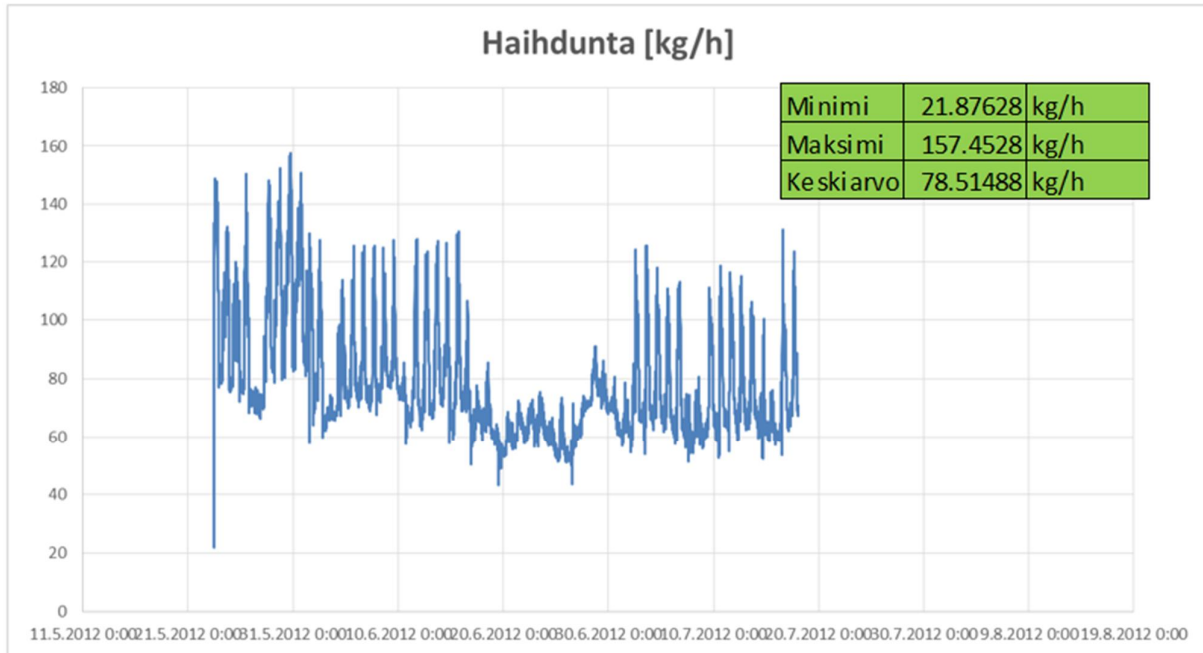
2015	Kaukolämmön kulutus [MWh]	Kaukolämmön kulutuksen keskiteho [kW]	Kuukauden ulkolämpötilan keskiarvo [°C]	Kuukauden kävijämäärä	Sisälämpötilan asetusarvo [°C]	Sisä- ja ulkolämpötilan välinen ero [°C]	Kaukolämmön kulutus per kävijä [kWh/hlö]
Tammikuu	390	524,2	-2	33000	28	30	11,82
Helmi	300	446,4	0	32000	28	28	9,38
Maaliskuu	280	376,3	1	30000	28	27	9,33
Huhtikuu	200	277,8	5	29000	28	23	6,90
Toukokuu	200	268,8	10	20000	28	18	10,00
Kesäkuu	200	277,8	13	18000	28	15	11,11
Heinäkuu	150	201,6	19	10000	28	9	15,00
Elokuu	200	268,8	17	15000	28	11	13,33
Syyskuu	200	277,8	12	25000	28	16	8,00
Lokakuu	250	336,0	6	28000	28	22	8,93
Marraskuu	300	416,7	2	30000	28	26	10,00
Joulukuu	350	470,4	-2	32000	28	30	10,94
Yhteensä	3020	MWh/vuosi		302000	kävijöitä yhteensä vuodessa		10,39

Energiatohokkuuden seuranta

Mittaamalla ja seuraamalla muutamaa keskeistä tekijää, voidaan muodostaa kuva uimahallin energiatohokkuudesta sekä lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta. Uimahallien toiminnan kannalta on keskeistä, että hallin lämpö- ja kosteustekninen käyttäytyminen ovat kunnossa. Nämä kaksi osa-aluetta liittyvät aina toisiinsa, joten niitä myös käsitellään ja mitataan yhdessä.

Uimahallien suurimpia lämpöenergiaa kuluttavia tekijöitä ovat allasveden haihdunta ja allastilan ilmanvaihto. Koska haihtunut allasvesi sitoutuu allastilan sisäilmaan ja täten poistoilmaan, keskitämme tarkastelumme allastilan ilmanvaihtoon. Allastilan ilmanvaihdon kautta saadaan arvokasta tietoa hallin toiminnasta ja noin puolet uimahallissa käytettävästä lämpöenergiasta on sitoutunut allastilan poistoilmaan, joten sen tarkastelu on keskeisessä asemassa koko rakennuksen energiatohokkuuden kannalta. Tähän osa-alueeseen liittyy keskeisesti uimahallin allastilan huuhteluperiaate, eli tapa, millä allastilan ilmaa kuivatetaan. Hallin toiminnan ymmärtämiseksi on ensin tiedettävä, huuhdellaanko allastilan ilmaa ulkoilmalla, vai onko kuivatus toteutettu kondenssikuivaimella.

Ilmanvaihtokoneeseen keskittyvillä mittauksilla selvitämme allasveden haihdunnan suuruuden (Kuva 3), ilmanvaihdon lämmitystehon tarpeen, ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhteen, allastilan sisäilman olosuhteet ja niiden hallittavuuden sekä haihdunnan ja ilmanvaihdon lämpöenergian kulutuksen osuuden kuukauden kokonaiskulutuksesta. Tiedot voidaan kerätä edellä esitetylle kaavakkeelle, jonka jälkeen voidaan siirtyä tehostamiskonseptien valintaan. Kaavake on tämän osion jälkeen valmis.



Kuva 3. Esimerkki haihdunnan mittaustulosten tuottamasta kuvaajasta ja keskiarvoista.

Tehostamiskonseptit

Kun uimahallin toiminnan lähtötaso tunnetaan hyvin, voidaan energiatehokkuuden parantamiseksi valita oikea tehostamiskonsepti. Tällöin valitulla ratkaisulla lähdetään korjaamaan konkreettisia ja todettuja ongelmia, eikä korjaustarve perustu mielipiteisiin. Kun energiatehokkuuden ja toiminnan lähtötaso tunnetaan hyvin, voidaan tehostustoimenpiteille asettaa myös selkeitä tavoitteita. Esimerkiksi lämmön talteenoton uusimisen tulee näkyä korkeampana mitattuna hyötysuhteena, jonka tulee heijastua myös energiankulutukseen.

Tehostamiskonseptien valinta tehdään aina yhdessä alan asiantuntijan kanssa. Tämän ohjeen tarkoitus on esitellä yleisimpiä mahdollisia energiatehokkuuden tehostamiskonsepteja ja niiden periaatteita, joilla energiatehokkuutta lähdetään parantamaan. Kohdekohtaisesti uimahallille valitun tehostamiskonseptin tulee aina perustua hallin energiatehokkuuden lähtötasossa havaittuihin puutteisiin ja sillä tulee olla selkeä tavoite.

Suunnittelu ja toteutus

Energiatehokkuuden parantaminen vaatii aina toimenpiteitä. Toimenpiteiden ja niihin liittyvien suunnitelmien laajuus saattaa vaihdella suuresti riippuen valitusta tehostamiskonseptista. Käytännössä sen jälkeen, kun hallinhenkilökunta ja asiantuntijat ovat yhteistyössä valinneet uimahallille sopivan tehostamiskonseptin, siirrytään suunnitteluvaiheeseen, jossa asiantuntijat tekevät toimenpiteen vaatimat suunnitelmat.

Suunnitelmien pohjalta tehdään hallissa tarvittavat toimenpiteet, joita voivat olla esimerkiksi automaatiojärjestelmän ohjausarvojen säätö tai ilmanvaihdon lämmön talteenoton uusiminen. Toteutuksen jälkeen koko prosessi on viety loppuun.

Kun tehostamistoimenpiteet on suoritettu, voidaan aloittaa hallin toiminnan seuraaminen "alusta". Toimenpiteiden toteutuksen jälkeen uimahallin elinkaari muuttuu, jonka jälkeen rakennuksen elinkaaren aikainen toiminta tulee arvioida uudelleen. Elinkaaren aikaisen toiminnan arviointiin voidaan käyttää

energiankulutuksen nykytilan ja energiatehokkuuden seurannan osioissa esitettyjä kulutustietoja ja mittaustuloksia.

Toteutuksen jälkeisellä hallin toiminnan seurannalla varmistetaan, että tehostustoimenpiteet ovat tuottaneet halutun tuloksen. Samalla varmistetaan, että hallin toiminta ei ole muilta osin muuttunut. Mittaamalla ja seuraamalla hallin toimintaa, voidaan todeta, onko tehostuskonseptin valinnan yhteydessä asetetut tavoitteet saavutettu. Seuranta on syytä jatkaa koko ajan ja arvioida jatkuvasti, onko hallin toiminnassa parantamisen varaa. Yksittäisten uimahallien energiatehokkuuden parannukset summautuvat suureksi vaikutukseksi valtakunnallisesti.

Energiankulutuksen nykytaso

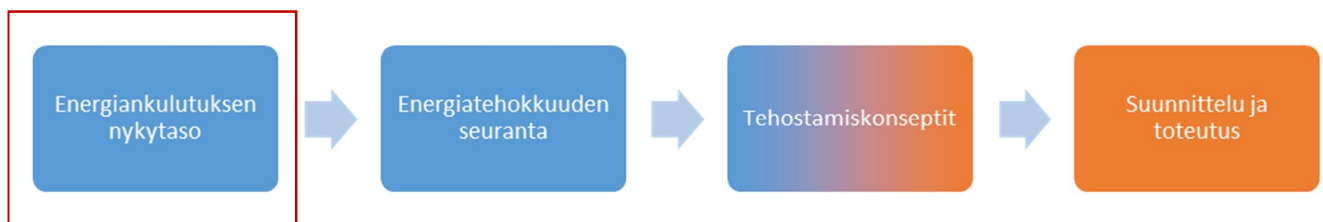
Kerää Excel-pohjalle uimahallin kaukolämmön, sähkön ja vedenkulutus sekä kävijämäärä kuukausittain

Uimahallin energiankulutuksen nykytason selvittäminen on ensimmäinen askel kohti oman uimahallin toiminnan tuntemista. Tämä osio aloittaa yksityiskohtaisesti ja vaiheittain selitettävän prosessin, jonka päämäärä on hallin energiatehokkuuden parantaminen.

Tässä osiossa lähdemme selvittämään uimahallin kaukolämmön, sähkön ja veden kulutusta. Tavoitteena on muodostaa yksilöllinen kuva tarkasteltavasta uimahallista ja sen energian kulutuksesta. Tarkastelun lähtökohta on kuukausitasolla tapahtuva kulutus. Keskitymme kaukolämmön kulutuksen seurantaan, sillä kaukolämpöä kulutetaan uimahalleissa yleensä enemmän kuin sähköä. Lämpöenergian kulutuksen pienentämiseen on myös tehokkaita keinoja, joita monissa halleissa ei vielä hyödynnetä.

Uimahallin kuukausittaisia kulutuksia verrataan ulkoilman ja sisäilman väliseen lämpötilaeroon sekä kävijämääriin. Tällöin voidaan muodostaa helposti ja nopeasti kuva uimahallin yleisestä energiatehokkuudesta ja lämpöhäviöistä. Tarkastelua varten on luotu ladattava taulukkolaskentapohja, johon käyttäjä syöttää tarvittavat tiedot. Ohje esittelee myös tulosten tulkintaa keskeisin osin. Tämä on tärkeä ensimmäinen askel oman uimahallin todellisen toiminnan tuntemisessa.

Kerättävät tiedot tulee ilmoittaa myös uimahalliportaalin tietokantaan.



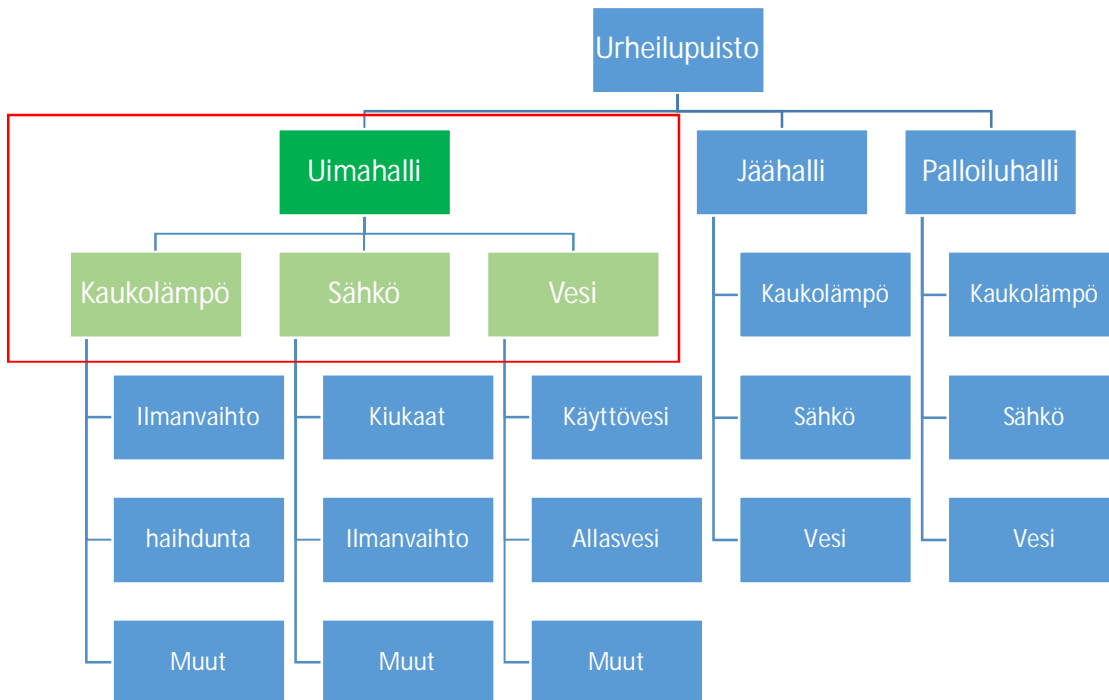
Keskipisteenä kuukausitason kulutus

Uimahallin energiatehokkuuden parantaminen lähtee aina oman hallin toiminnan tuntemisesta. Jotta jokin ongelma voidaan tehokkaasti poistaa, on se ensin tunnistettava. Tämän takia uimahallin nykyinen toiminta on kaikkien energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden lähtöpiste. Hallin toiminnan tunteminen mahdollistaa myös toteutettujen toimenpiteiden konkreettisten tulosten seurannan.

Rakennuksen vuositason sähkön, veden ja kaukolämmön kulutus muodostuu kuukausittaisten kulutusten summasta. Vuosikulutus ei kuitenkaan kerro rakennuksen toiminnasta tarpeeksi, jolloin meidän tulee seurata kulutusta kuukausitasolla. Kuukausitason kulutusta on verrattain helppoa seurata, sillä yleisesti myös kulutuksen laskutus on järjestetty kuukausitasolla, joten kuukausitason tiedot ovat usein hallihenkilökunnan saatavissa.

Energiankulutuksen seurannan edellytys uimahallikohtaisesti on se, että uimahallin kulutusta seurataan erillään muista rakennuksista. Tämä saattaa muodostua ongelmaksi paikkakunnilla, joissa uimahalli toimii osana urheilupuistoa tai yhdessä muiden (liikunta)rakennusten kanssa. Koska tavoitteena on selvittää pelkästään uimahallissa kulutettavan energian suuruutta, haluamme erotella uimahallin kaikista muista rakennuksista. Joidenkin uimahallien kohdalla tämä vaatii energian kulutuksen seurannan uudelleenjärjestämistä siten, että uimahallissa kulutettavan kaukolämmön, sähkön ja veden osuus voidaan mitata erillään muista rakennuksista.

Energiatarkastelua voidaan tehdä kaikissa kohteissa. Mikäli uimahallia ei voida erottaa muista rakennuksista energian kulutuksen tarkastelussa, emme voi olla varmoja siitä, mikä osa energiasta ja vedestä kulutetaan uimahallissa ja mikä muissa rakennuksissa. Tällöin tulosten tulkintaan on syytä kiinnittää tarkempaa huomiota, jotta voidaan löytää oikeita toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi. Kuvassa 1 on esitetty esimerkinomaisesti urheilupuiston eri rakennusten energian ja veden kulutuksien muodostumista. Tämän osion kannalta lähtökohta on, että kulutus tunnetaan pelkästään uimahallin osalta, joka on kuvassa esitetty punaisen laatikon sisällä.



Kuva 4. Esimerkki urheilupuiston rakennuksista ja niiden energian sekä veden kulutuksista

Tietojen kerääminen

Kuukausittaisten kulutustietojen kerääminen voidaan tehdä helposti ja nopeasti käyttämällä valmista taulukkolaskentapohjaa (kuva 2), jonka voit ladata tältä sivulta. Kaavake tekee tarvittavat laskutoimitukset automaattisesti, kun pyydetyt tiedot on syötetty. Laskennan tuloksia ei välttämättä tarvitse tulkita itse, vaan vaatimus on se, että tiedot on kerätty. Alan ammattilainen voi tehdä nopeasti johtopäätökset kerätyistä tiedoista. Sivusto kuitenkin antaa ohjeet myös tietojen tulkinnoille.

Voit ladata valmiin taulukkolaskentapohjan uimahalliportaalista.

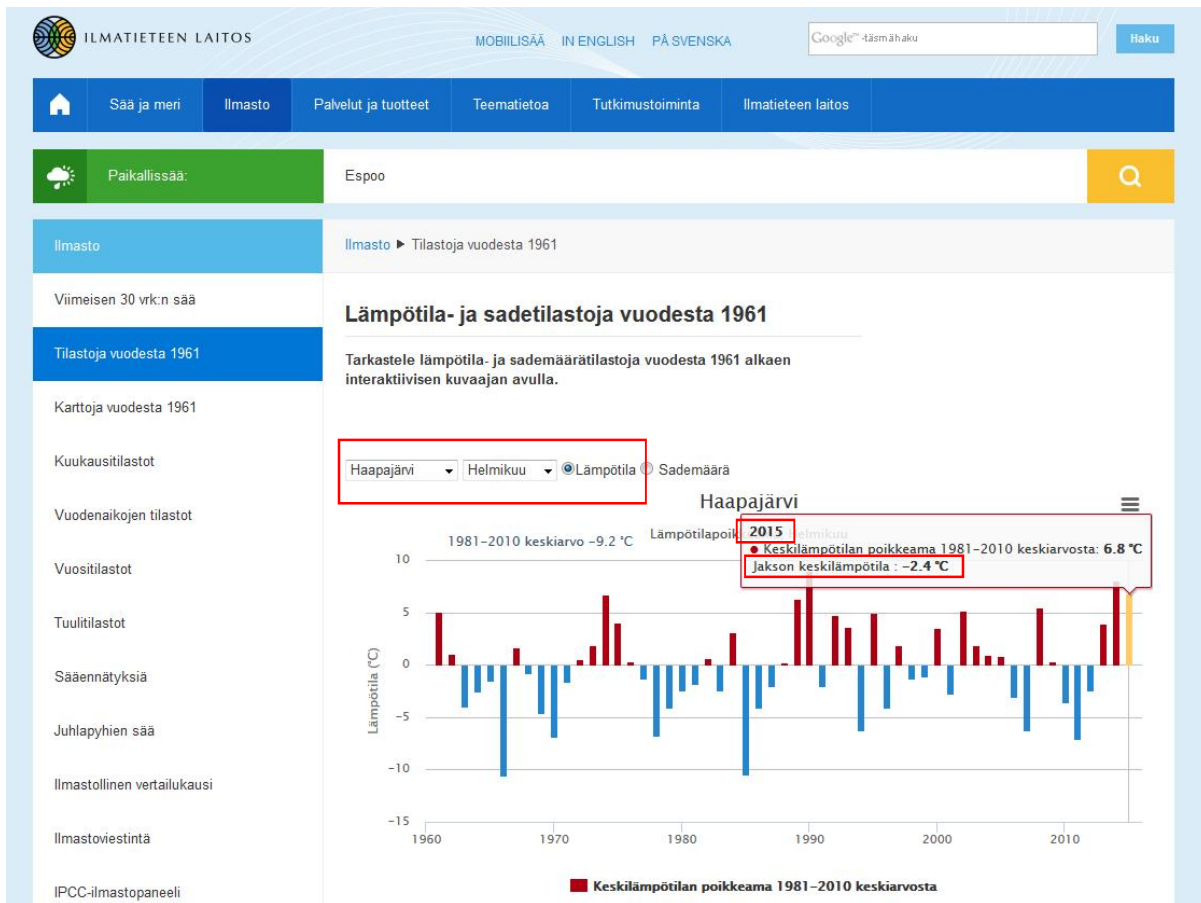


2015	Kaukolämmön kulutus [MWh]	Kaukolämmön kulutuksen keskiteho [kW]	Kuukauden ulkolämpötilan keskiarvo [°C]	Kuukauden kävijämäärä	Sisälämpötilan asetusarvo [°C]	Sisä- ja ulkolämpötilan välinen ero [°C]	Kaukolämmön kulutus per kävijä [kWh/hlö]
Tammikuu	390	524,2	-2	33000	28	30	11,82
Helmi	300	446,4	0	32000	28	28	9,38
Maaliskuu	280	376,3	1	30000	28	27	9,33
Huhtikuu	200	277,8	5	29000	28	23	6,90
Toukokuu	200	268,8	10	20000	28	18	10,00
Kesäkuu	200	277,8	13	18000	28	15	11,11
Heinäkuu	150	201,6	19	10000	28	9	15,00
Elokuu	200	268,8	17	15000	28	11	13,33
Syyskuu	200	277,8	12	25000	28	16	8,00
Lokakuu	250	336,0	6	28000	28	22	8,93
Marraskuu	300	416,7	2	30000	28	26	10,00
Joulukuu	350	470,4	-2	32000	28	30	10,94
Yhteensä	3020	MWh/vuosi		302000		kävijöitä yhteensä vuodessa	10,39

Kuva 5. Esimerkki täytetystä taulukkolaskentapohjasta, kaukolämmön kuukausikulutus

Kaukolämmön, sähkön ja veden kulutukset voit selvittää oman voimayhtiön tai kulutuksen seurantasivuston kautta (esimerkiksi EnerKey). Kuukausittaiset kulutukset ovat yleensä myös laskutuksen peruste, joten tiedot löytyvät todennäköisesti myös laskuista.

Kuukausien lämpötilakeskiarvon saa esimerkiksi ilmatieteen laitoksen sivuilta (<http://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>) valitsemalla omaa jäähallia lähinnä olevan paikkakunnan sekä kuukauden ja viemällä hiiren kuvaajan päälle, jolloin kuvaajaan ilmestyy lisäruutu, joka ilmoittaa kyseisen jakson (kuukauden) keskilämpötilan, esimerkkikuva alla (Kuva 3).

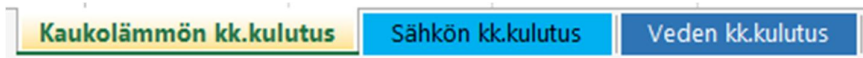


Kuva 6. Esimerkkikuva ilmatieteen laitoksen sivuilta löytyvästä kuukauden keskilämpötilasta. Kuvan tapauksessa kuukauden keskilämpötila on ollut Helmikuussa vuonna 2015 $-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kuukauden kävijämääränä käytetään koko kiinteistön kävijämäärää. Tiedot voidaan hakea esimerkiksi kulunvalvonnasta tai lipunmyynnistä. Tietojen ei tarvitse olla eksakteja, vaan esimerkiksi 100 henkilön tarkkuus kuukausittaisissa tiedoissa on riittävä.

Allastilan sisälämpötilana käytetään pääsääntöisesti pääallasosaston lämpötilaa. Arvon tavoite on kuvata sitä, miten lämmintä hallissa keskimäärin on, jolloin pääaltaan tila on tässä tärkein. On myös keskeistä, että lämpötilana käytetään kaikkina tarkasteluvuosina "samaa arvoa", eli saman paikan lämpötilaa tai samalla tavalla arvoitua lämpötilaa.

Sähkön ja veden kulutustiedot syötetään omille välilehdilleen. Edellä mainittujen kohdalla taulukkoon tulee syöttää vain kuukausittaiset kulutustiedot kun muut tiedot on jo syötetty kaukolämmön kulutuksen yhteydessä.



Yllä esitettyyn taulukkopohjaan kerätyt tiedot tulee ilmoittaa myös uimahalliportaaliin (uimahallit.vtt.fi). Kun taulukko on täytetty, on tiedot helppoa siirtää myös uimahalliportaaliin, jossa tiedoista kerätään kattava kuva Suomen uimahallien energiatehokkuudesta. Kun kaikki uimahallit osallistuvat aktiivisesti uimahalliportaalin ylläpitoon, saadaan kattava kuva uimahallien toiminnasta Suomessa. Ajan tasalla olevia tietoja voidaan myös vertailla keskenään ja tätä kautta edistää energiatehokkuutta.

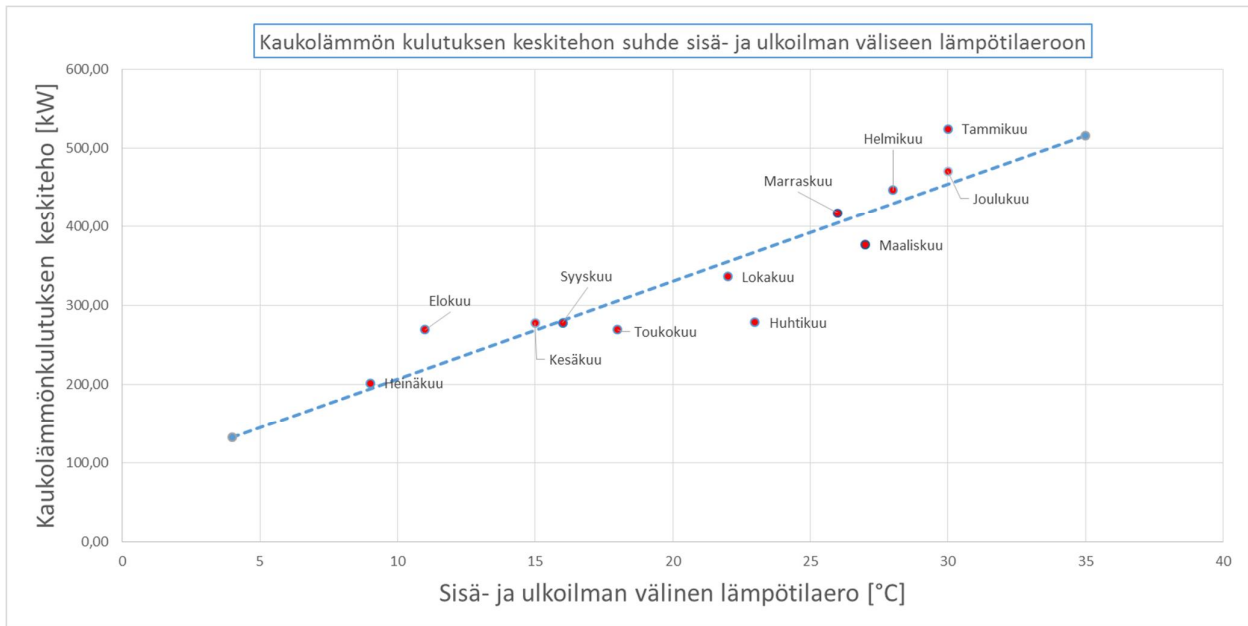
ps. Koska kuukaudet ovat eripituisia, ei ole mielekäästä vertailla kuukaudessa kulutettuja kaukolämmön määriä. Esimerkiksi tammikuu on helmikuuta kolme päivää pidempi, joka vaikuttaa luonnollisesti yhteenlaskettuun kaukolämmön kulutuksen määrään. Tästä syystä vertailemme kaukolämmön kulutuksen keskitehoa. Keskiteho (kilowatit [kW]) saadaan laskettua kaukolämmön kulutuksesta (megawattitunnit [MWh]) jakamalla kulutuksen arvo kuukauden tunneilla (h) ja kertomalla luku vielä 1000:lla yksikkömuunnoksen takia (megawatti [MW] → kilowatti [kW]).

Kulutuksen suhde ulkolämpötilaan

Tässä osiossa vertaamme toteutuneita kaukolämmön, sähkön ja veden kulutuksia sisä- ja ulkoilman väliseen lämpötilaeroon. Tarkastelussa kiinnitetään eniten huomiota kaukolämmön kulutukseen, sillä kaukolämmön kulutus on voimakkaasti riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Sähkön ja veden kulutukset ovat vähemmän riippuvaisia ulkoilman lämpötilasta, mutta niiden kulutuksen suhdetta sisä- ja ulkoilman väliseen lämpötilaeroon voidaan tarkastella samalla periaatteella kuin kaukolämmön kohdalla.

Suomen ilmastossa rakennus kuluttaa luonnollisesti enemmän energiaa talvella kuin kesällä. Rakennuksesta karkaa sitä enemmän lämpöä mitä kylmempi ulkoilma on. Rakennuksesta karkaava lämpö on tuotettava lämmityksen avulla, joten teoreettisesti rakennuksen lämmityksen tarpeen tulisi kasvaa samassa suhteessa kuin ulkoilma viilenee. Tätä suhdetta kutsutaan lämmitystarpeen lineaariseksi riippuvuudeksi ulkolämpötilasta. Käytännössä tämän pitäisi näkyä siinä, että kuukausien kaukolämmön kulutusten arvot järjestyvät niin, että kaukolämmön kulutus on suurimmillaan kylmimmän kuukauden aikana ja pienimmillään lämpimimmän kuukauden aikana. Muiden kuukausien kulutusten tulisi asettua näiden kahden pisteen väliselle suoralle.

Taulukkoon kerättyjen kuukausittaisten kulutustietojen sisältö voidaan havainnollistaa paremmin piirtämällä tiedoista kuvaaja. Ladattava laskentapohja tekee tämän automaattisesti. Kuvaaja muodostetaan siten, että vaaka-akselille (x-akseli) asetetaan sisä- ja ulkolämpötilojen erotus ja pystyakselille (y-akseli) lämpötilaeroa vastaavat kuukauden kaukolämmön kulutuksen keskitehot. Eri kuukausien kulutukset asettuvat kuvaajaan punaisina pisteinä ja pisteiden vierelle ilmestyy kyseessä olevan kuukauden nimi. Kuvaan piirtyvä sininen katkoviiva on keskiarvosuora. Keskiarvosuoran tehtävä on kuvata, kuinka suuri kulutuksen pitäisi keskimääräisesti olla kyseisenä vuonna (perustuen kaikkien kuukausien kulutuksiin ja lämpötiloihin). Jos kuukauden kulutuksen piste on keskiarvosuoran yläpuolella, on tässä kuussa käytetty ennakoitua enemmän energiaa ja jos piste on taas suoran alapuolella, on energiaa käytetty ennakoitua vähemmän. Parhaassa tapauksessa kaikkien kuukausien pisteet ovat hyvin lähellä keskiarvosuoraa. Esimerkkikuvaaja on esitetty alla (Kuva 4).



Kuva 7. Esimerkki taulukkolaskentapohjan tuottamasta kuvaajasta.

Kuvaajan avulla voidaan päätellä monia asioita, joista tärkeimpiä ovat energiantarpeen riippuvuus ulkoilman lämpötilasta, energiankulutuksen minimitaso sekä järjestelmän hallittavuus. Kuvaajista voi havaita myös poikkeamia esimerkiksi uimahallin käyttöjaksoista, suuremmista huoltotoista (esim. altaiden tyhjennykset) ja aiemmista energiainvestoinneista johtuen.

Kuvaajan tulkintaa on helpompi havainnollistaa, kun kuvan keskiarvosuora esitetään lukuina. Tätä varten käytämme suoran yhtälöä. Suoran yhtälö kertoo, kuinka jyrkästi keskiarvosuora nousee ja missä kohdassa on sen "perustaso". Suoran yhtälö on muotoa $Y=kX+b$. Käytännössä yhtälöstä tulee tuntea vain termit k ja b , jotka nekin laskentataulukko laskee automaattisesti. Alla on esitetty esimerkik kuva, jossa taulukko on laskenut suoralle yhtälön ja joka erottelee myös termit k ja b .

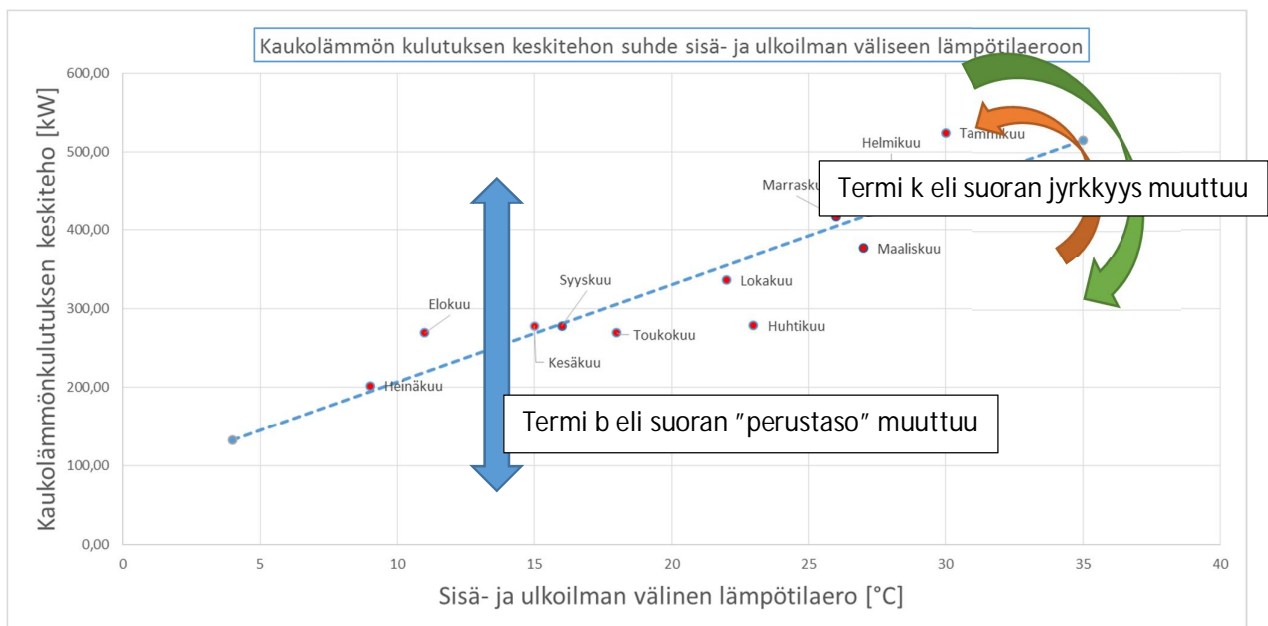
$Y=kX+b$	Lämpötilaeron ja kulutuksen välinen suhde
Laskentaparametrit kuvaajaan	
4	131,75
35	515,38
Suoran yhtälön kertoimet	
$k=$	12,38
$b=$	82,25
Suoran yhtälö	
$Y=12,38X+82,25$	

Termi k on suoran kulmakerroin. Se kuvaa sitä, miten jyrkästi suora nousee. Mitä tämä todellisuudessa kuvaa on se, kuinka voimakkaasti kaukolämmönlämmön kulutus on riippuvaista ulkoilman lämpötilasta. Jos kulmakerroin k on suuri luku (esim. 15), tarkoittaa se sitä, että kun ilmat viilenevät, lämpöenergiaa aletaan kuluttamaan huomattavasti enemmän kuin lämpiminä aikoina. Suuri kulmakerroin k voi olla merkki huonosta eristyksestä ja suurista lämpövuodoista tai esimerkiksi tehottomasta ilmanvaihdon lämmön

talteenotosta. Jos taas kulmakerroin k on maltillinen (esim. 7), lämpöenergian kulutus nousee maltillisesti silloin, kun ulkoilman lämpötila laskee, eikä energiaa mene hukkaan. Kulmakerrointa k seuraamalla voidaan muodostaa kuva uimahallin energiankulutuksen ja ulkoilman lämpötilan suhteesta.

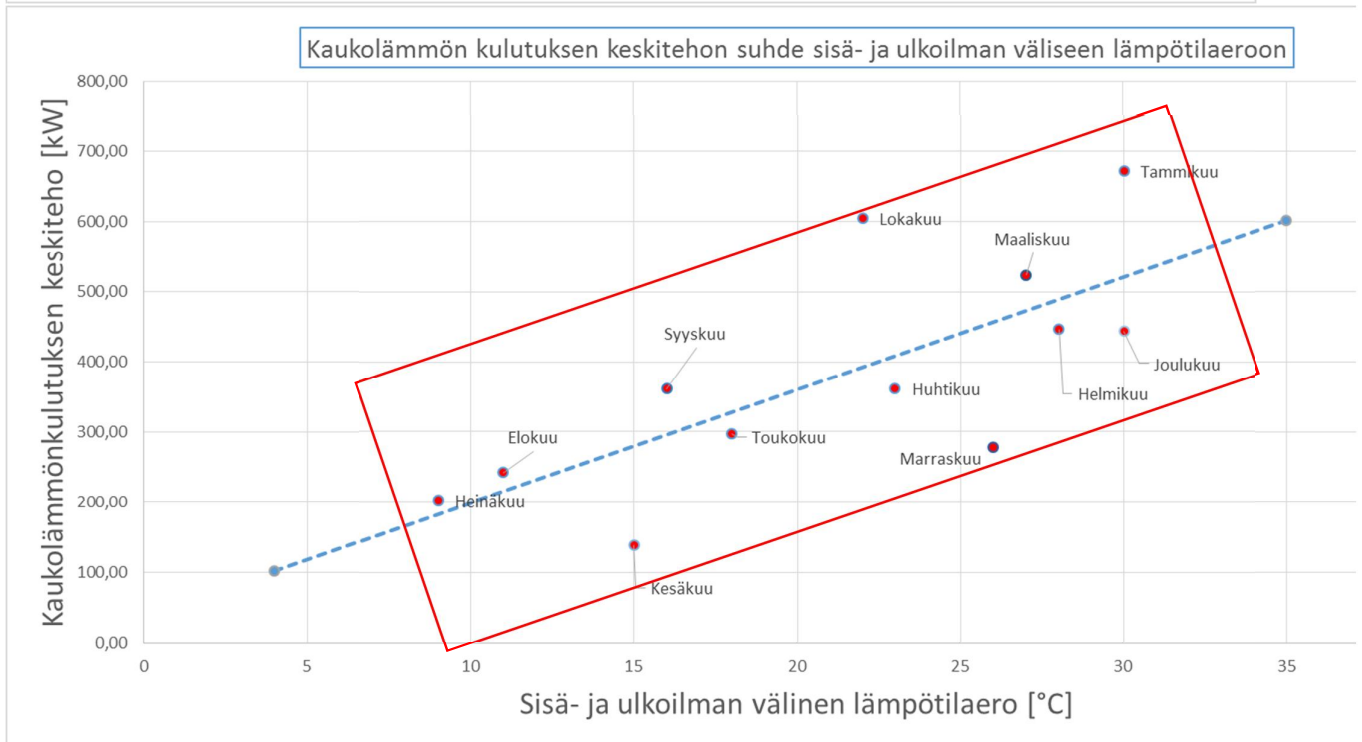
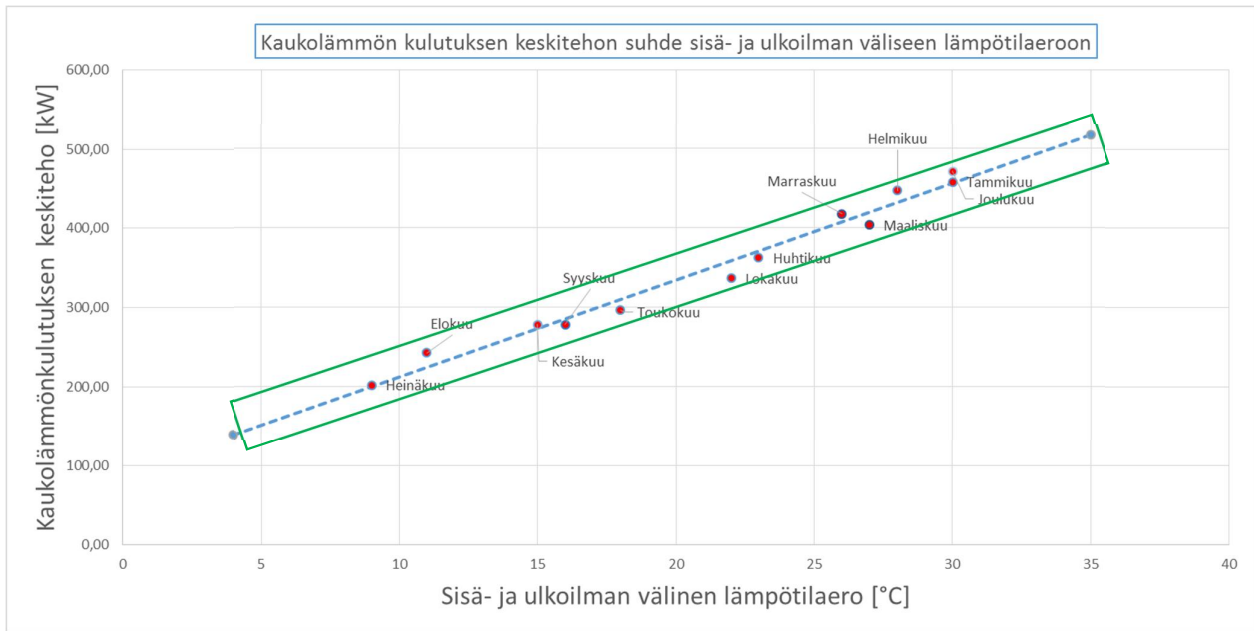
Suoran yhtälön termi b kuvaa kulutuksen "perustaso". Käytännössä termi b kuvaa kaukolämmön kulutuksen sitä osaa, mikä ei ole riippuvaista ulkoilman lämpötilasta. Tähän kulutukseen kuuluu esimerkiksi allasveden lämmitys, sillä allasveden lämpötila on pidettävä käytännössä samana vuodenajasta riippumatta. Myös pesuveden lämmitys kuuluu samaan kategoriaan. Uimahalleissa, joissa termin b arvo on korkea (esim. 200 kW), kulutetaan jatkuvasti suuri määrä lämpöenergiaa johonkin muuhun kuin tilan lämmitykseen. Tämä saattaa johtua esimerkiksi suuresta lämpimän käyttöveden kulutuksesta. Jos taas käyttö- ja allasveden lämmityksen tarve on kohtuullinen ja pieni suhteessa tilan lämmitystarpeeseen, voi termi b olla hyvinkin alhainen. Joissakin tapauksissa termi b voi olla jopa negatiivinen, joka osoittaa, että kulutuksen "perustaso" on kunnossa ja energiansäästöä tulisi etsiä muualta. (Termin b negatiivinen arvo on laskennallinen vääristymä eikä todellisuudessa kulutus voi mitenkään laskea alle nollan.)

Kuvaajan keskiarvosuoran muoto voi vaihdella niin sen kulmakertoimen kuin "perustason" osalta riippuen vuoden ulkoilman olosuhteista, kulutuksista ja mahdollisista toimenpiteistä sekä korjauksista. Asiaa on havainnollistettu kuvassa 5. Kuvaajassa näkyvät niin positiiviset kuin negatiivisetkin muutokset.



Kuva 8. Kulutustietojen pohjalta piirtyvän kuvaajan keskiarvosuora voi muuttua niin kulmakertoimen kuin "perustason" osalta.

Uimahallin energiankulutuksen hallittavuus kuvaa sitä, miten tehokkaasti kulutusta pystytään ohjaamaan. Kulutuksen hyvä hallittavuus näkyy siinä, että kuukausittaiset kulutusasteet asettuvat lähelle keskiarvosuoraa, joka on osoitus siitä, että energiaa kulutetaan loogisesti; kylminä aikoina enemmän ja lämpiminä vähemmän. Heikosti hallittavassa järjestelmässä energian kuukausittaiset arvot asettuvat sekavasti kuvaajaan. Jonakin kuukausina saatetaan kuluttaa energiaa selkeästi ennakoitua enemmän ja jonakin taas vähemmän. Ellei tälle löydy jotakin selkeää syytä (esim. altaiden tyhjennys ja täyttö) voidaan sanoa, että järjestelmää ei täysin hallita. Esimerkkikuvat hyvin ja heikosti hallittavista uimahalleista on esitetty alla.



Kerätyn tiedon pohjalta piirretty kuvaaja on omalla tavalla "raportti" uimahallin toiminnasta sinä vuonna. Keräämällä tiedot ja kuvaajat useammalta vuodelta, voidaan hallin toimintaa analysoida eri vuosina. Vaikuttaako esimerkiksi kylmä talvi radikaalisti hallin toimintaan? Käytetäänkö jonakin kuukausina kohtuuttomasti energiaa? Näkyvätkö kuvaajassa joidenkin kuukausien isommat huoltotoimet ja korjaukset? Miten energiatehokkuuden parantamisen toimenpiteet näkyvät kuvaajassa? jne.

Sähkön kulutuksen osalta tarkastelu voidaan tehdä samalla tavalla kuin kaukolämmön kohdalla. Sähkön kulutus on kuitenkin yleisesti hyvin tasaista ympäri vuoden, eikä siihen vaikuta niin vahvasti sisä- ja ulkolämpötilan välinen ero. Tämä johtuu siitä, että suuri osa kulutetusta sähköstä käytetään esimerkiksi saunoissa ja valaistuksessa, joita käytetään samalla tavalla ympäri vuoden. Lisäksi ilmanvaihdon puhaltimien sähkön kulutus on varsin tasaista, sillä ilmaa tulee jatkuvasti vaihtaa (kuivattaa) tilassa vuodenajasta riippumatta. Myös lämmityspumppujen ja vesielementtien pumppujen sähkön kulutus on varsin tasaista ympäri vuoden ja enemmän riippuvaista käyttäjämäärästä.

Veden kulutus on joissain määrin riippuvainen sisä- ja ulkoilman välisestä lämpötilaerosta, mutta huomattavasti kuvaavampi tekijä veden kulutuksen osalta on sen suhde kävijämääriin, jota käsitellään seuraavassa osiossa. Laskentataulukko piirtää kuvaajat automaattisesti ja sähkön sekä veden osalta kannatta kiinnittää huomiota lähinnä selkeisiin poikkeamiin kuvaajissa.

Kulutustietojen seurantataulukon jokaisella välilehdellä myös kohta, johon on koottu tiedot, joita kysytään uimahallin seurantalomakkeella. Tästä tarvittavien tietojen kopioiminen käy helposti.

Kaavakkeelle kerättävät tiedot:		
Kaukolämmön kulutus vuodessa	3340	MWh
Kaukolämmön kulutus per kävijä	15,18	W/hlö
Kaukolämmön kulutuksen suhde sisä- ja ulkoilman väliseen lämpötilaeroon	$Y=16,13X+38,05$	
Kaukolämmön kulutuksen vakio-osa	38,05	kW
Kaukolämmön kulutuksen riippuvuus ulkolämpötilasta	16,13	

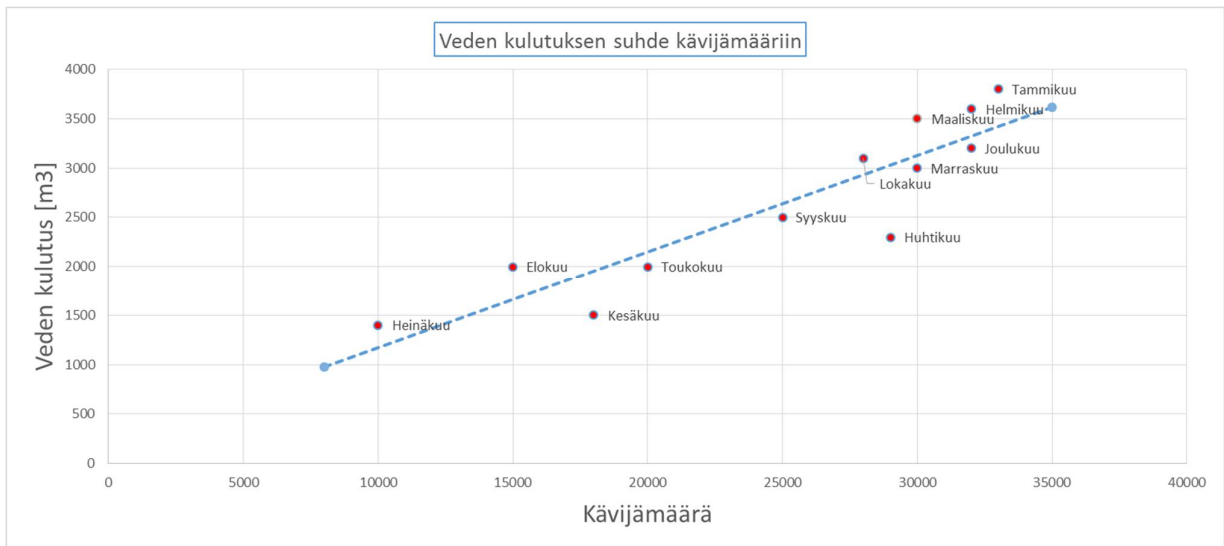
Kulutuksien suhde kävijämääriin

Uimahallien kaukolämmön, sähkön ja veden kulutuksia voidaan verrata myös kävijämääriin. Kuten edellisessä osiossa, vertaamme kulutuksien suuruutta, mutta tässä tapauksessa kävijämääriin eikä sisä- ja ulkoilman väliseen lämpötilaeroon. Kulutustietojen ja kävijämäärien pohjalta voimme laskea keskimääräiset kaukolämmön, sähkön ja veden kulutuksen kävijää kohden. Näistä tunnusluvuista voidaan yleisellä tasolla seurata uimahallin tehokkuuden kehitystä ja hallin skaalautuvuutta muuttuville kävijämäärille. Vuosikeskiarvo on esitetty kerättävän taulukon oikeassa alanurkassa (Kuva 6).

2015	Veden kulutus [m ³]	Kuukauden ulkolämpötilan keskiarvo [°C]	Kuukauden kävijämäärä	Sisälämpötilan asetusrvo [°C]	Sisä- ja ulkolämpötilan välinen ero [°C]	Veden kulutus per kävijä [l/hlö]
Tammikuu	3800	-2	33000	28	30	115,15
Helmikuu	3600	0	32000	28	28	112,50
Maaliskuu	3500	1	30000	28	27	116,67
Huhtikuu	2300	5	29000	28	23	79,31
Toukokuu	2000	10	20000	28	18	100,00
Kesäkuu	1500	13	18000	28	15	83,33
Heinäkuu	1400	19	10000	28	9	140,00
Elokuu	2000	17	15000	28	11	133,33
Syyskuu	2500	12	25000	28	16	100,00
Lokakuu	3100	6	28000	28	22	110,71
Marraskuu	3000	2	30000	28	26	100,00
Joulukuu	3200	-2	32000	28	30	100,00
Yhteensä	31900	m³/vuosi	302000	kävijöitä yhteensä vuodessa		107,58

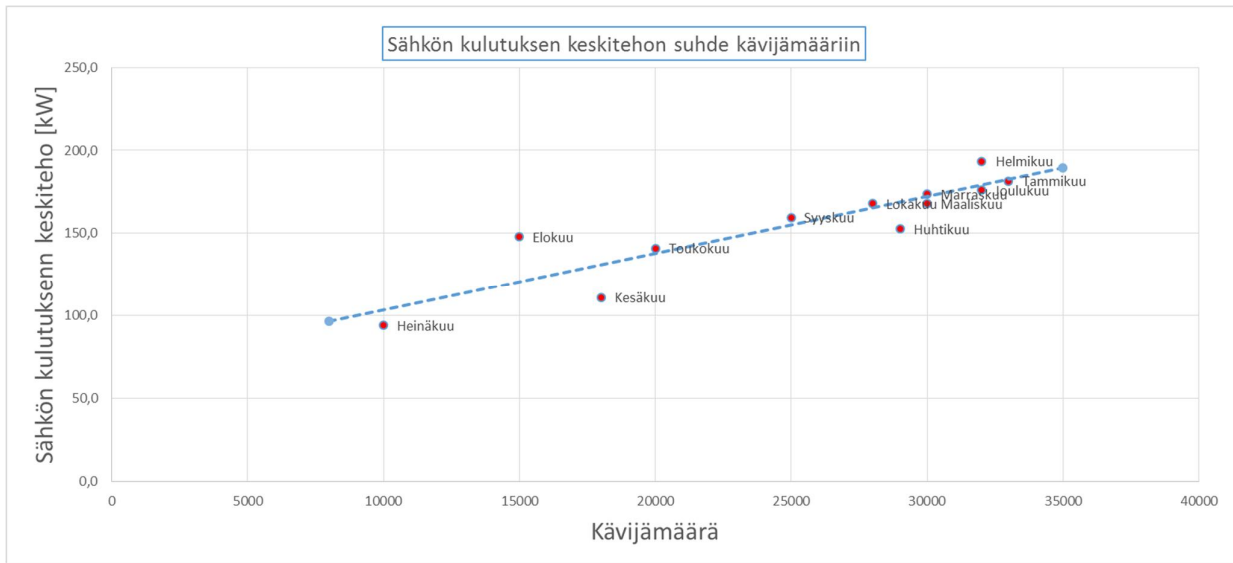
Kuva 9. Esimerkki veden kulutuksen keskiarvosta kävijää kohden vuodessa.

Keskeisimpänä tekijänä tässä osiossa on veden kulutus, jonka vertaaminen kävijämääriin antaa kuvan siitä, kuinka tehokkaasti uimahalli käyttää vettä. Uimahalleissa lämpimän veden kulutus on suurta ja kävijämäärät suuria, joten alhainen veden kulutus kävijää kohden on yleensä osoitus hyvästä energiatehokkuudesta veden käytön osalta. Veden käyttöä tehostettaessa on kuitenkin aina pidettävä mielessä asiakkaiden tyytyväisyys, joka kärsii jos veden käyttöä rajoitetaan liikaa. Esimerkki uimahallin veden kulutuksesta suhteessa kävijämäärään on esitetty kuvassa 7.

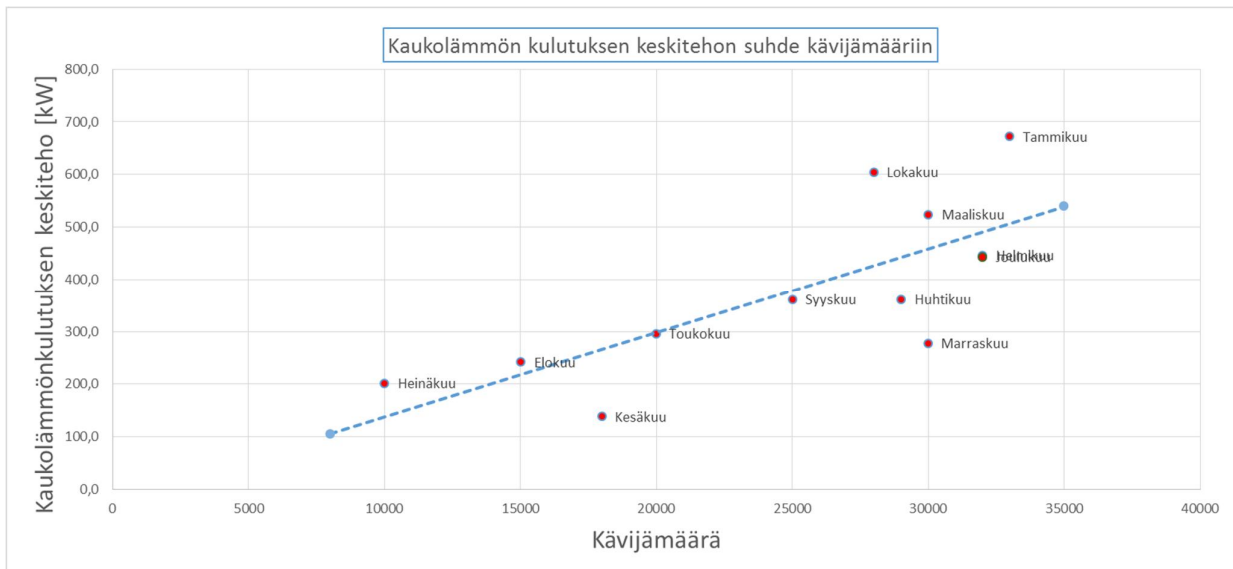


Kuva 10. Esimerkki uimahallin veden kulutuksen suhteesta kävijämääriin kuukausitasolla

Sähkön tai etenkin kaukolämmön kulutuksien suhde kävijämääriin ei ole yhtä selkeä kuin veden kohdalla. Tämä johtuu siitä, että suuri osa sähköä ja kaukolämpöä kulutetaan riippumatta uimahallin kävijämäärästä. Esimerkiksi rakennuksen lämmitys ja kuivaus eivät ole riippuvaisia hallin kävijämäärästä. Kulutuksien suhteesta kävijämääriin voidaan piirtää samanlaiset kuvaajat kuin veden kulutuksen kohdalla, jotka on esitetty kuvissa 8 & 9.



Kuva 11. Esimerkki uimahallin sähkön kulutuksen ja kävijämäärien yhteydestä



Kuva 12. Esimerkki uimahallin kaukolämmön kulutuksen ja kävijämäärien yhteydestä

Vertailtaessa kulutuksia sisä- ja ulkoilman väliseen lämpötilaeroon ja kävijämääriin on pidettävä mielessä, että myös kävijämäärien ja lämpötilaeron välillä on yhteys. Kylminä vuodenaikoina uimahallissa on yleensä enemmän käyttäjiä kuin esimerkiksi kesällä. Tämä synnyttää esimerkiksi yhteyden kaukolämmön kulutuksen ja kävijämäärien välille, joka ei välttämättä johdu suoranaisesti kävijämäärien noususta. Kävijämäärän nousu kuitenkin nostaa myös veden kulutusta ja tätä kautta veden lämmityksen tarvitsemaa energiaa, joten yhteys kaukolämmön ja kävijämäärien suhteen on kuitenkin olemassa. Näiden tekijöiden tulkinta ja osoittaminen kuuluu asiantuntijan tehtäviin.

Keräämällä tietoja omasta uimahallista ja muodostamalla yllä esitettyjä kuvaajia, halliorganisaatio oppii oman uimahallinsa toiminnasta. Mitä pidemmältä ajalta tietoja on, sitä laajemmin niitä voidaan vertailla keskenään. Muodostetut kuvaajat voivat vaihdella suuresti uimahallista riippuen, eikä kahden eri hallin kuvaajia voi sellaisenaan vertailla keskenään. Huomiota kannattaa kiinnittää erityisesti hallin lämpötilasta riippumattoman osan tasoon ja lämpötilasta riippuvan osan jyrkkyyteen. Jos lämmitystehon lämpötilasta

riippumaton osa on korkea, tarkoittaa se sitä, että kaukolämpöä kulutetaan jatkuvasti paljon. Tämä saattaa viitata siihen, että allasveden ja lämpimän käyttöveden lämmitystä voidaan tehostaa. Jos lämpötilasta riippuvan osuuden viiva on suuressa kulmassa suhteessa vaakatasoon, tarkoittaa se sitä, että rakennuksen lämmitystehon tarve kasvaa voimakkaasti ulkoilman viilentyessä, jolloin rakennuksen lämpöhäviöiden pienentämisen mahdollisuutta on harkittava.

Uimahallien energiatehokkuuden kannalta on keskeistä, että hallissa käytettävät järjestelmät toimivat tarkoituksenmukaisesti. Tähän liittyy keskeisesti järjestelmien ohjauksen toiminta. Järjestelmien ohjauksesta vastaa nykyään yleisesti rakennuksen automaatiojärjestelmä. Toimiva ohjaus tuo tilaan tarvittavat tekijät tehokkaasti kuluttamatta ylimääräistä energiaa. Esimerkiksi tuloilmaa tuodaan tilaan tarpeeksi ja se on riittävän lämmintä. Heikosti toimivan ohjauksen piirteitä ovat energiatehottomuus ja tilan viihtyvyyden heikentyminen. Esimerkiksi huonosti ohjatussa tilassa tuloilmaa tuodaan liikaa tai liian vähän ja sen lämpötila ei ole hallinnassa. Järjestelmien ohjattavuus vaikuttaa suoraan uimahallin kaukolämmön kulutukseen.

Seuranta on myös mielekästä tehdä uudistusten ja energiatehokkuuden tehostamistoimenpiteiden ympärillä. Tulokset kertovat, onko konseptilla saavutettu halutut tavoitteet. Energiatehokkuuden parantamiskonseptien valinnan yhteydessä on huomattava, minne muutoksen tulisi syntyä. Esimerkiksi lämpimän käyttöveden kulutuksen pienentämiseen tähtäävät toimenpiteet näkyvät ulkoilman lämpötilasta riippumattomaan osioon kun taas esimerkiksi ilmanvaihdon lämmön talteenoton tehokkuuden tulisi näkyä lämpötilasta riippuvaisessa osassa.

Energiatehokkuuden seuranta

Kerää laskentapohjalle pyydytyt mittaustulokset allastilan ilmanvaihdosta

Tässä osiossa selvitämme keskeisiä tekijöitä uimahallin energiatehokkuudesta sekä lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta. Samalla muodostamme kuvan siitä, miten uimahallissa käytettävä kaukolämpö jakautuu rakennuksen sisällä. Kun uimahallista on selvitetty tässä osiossa esitetyt asiat, voidaan kyseessä olevalle uimahallille valita oikeanlainen energiatehokkuuden tehostamiskonsepti. Voit tutustua tähän osioon, vaikka et syystä tai toisesta voisikaan toteuttaa ilmanvaihtokoneen mittauksia. Ohje esittelee mittaustulosten tulkinnan avaintekijät. Mittaus voidaan tilata myös ulkopuoliselta yritykseltä.

Voit ladata mittaustulosten keräämiseen tarkoitettun valmiin pohjan uimahalliportaalista.



Uimahallien energiatehokkuuteen vaikuttaa keskeisesti allastilan huuhteluperiaate (kuivaustapa). Hallin allastilan kosteudenhallinta on yleisesti toteutettu joko huuhtelemalla allastilan ilmaa ulkoilmalla tai kondenssikuivaimella. Hallin huuhteluperiaatteen tunteminen on keskinen osa oman uimahallin toiminnan tuntemista.

Toinen energiatehokkuuteen ja sen parantamiseen keskeisesti vaikuttava tekijä on uimahallin käyttöaste. Yleinen tilanne on se, että järjestelmät toimivat liian suurella teholla todelliseen käyttäjämäärään nähden. Energiatehokas uimahalli tuottaa sen tarjoamat palvelut käyttämällä mahdollisimman vähän energiaa.

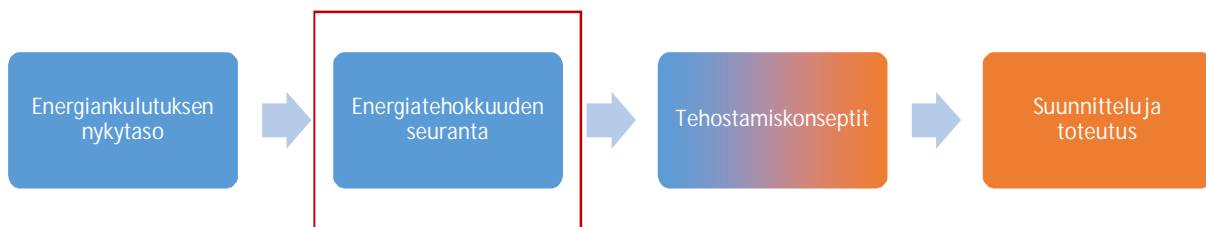
Uimahallin toiminnan selvittämiseksi tarvitsemme mittaustuloksia. Mittauspisteet sijoittuvat uimahallin allastilan ilmanvaihtoon, sillä ilmanvaihdon kautta poistuu erittäin merkittävä osa koko hallissa käytetystä kaukolämmöstä. Allasveden haihdunta ja allastilan ilmanvaihto ovat merkittävimpiä kaukolämmön kuluttajia uimahalleissa.

Tässä osiossa selvitettävien mittaustulosten saaminen vaatii resursseja varsinkin silloin, kun mittausta tehdään ensimmäisiä kertoja, eikä mittaustapa ole rutiininomainen. Paras mittausajankohta määräytyy sen mukaan, mitä tietoja uimahallista haetaan. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että mittaukset suoritetaan ainakin kahdesti vuodessa; helmikuussa ja elokuussa. Lisätietoja mittausajankohtien valinnasta voit kysyä alan asiantuntijoilta.

Mikäli uimahallin henkilökunta ei pysty itse mittaamaan tässä osiossa esitettyjä tekijöitä, voidaan mittauspalvelu tilata myös ulkopuolisilta yrityksiltä. Mittausten toteutustavasta riippumatta on aina varmistettava, että mittaukset tehdään oikein ja tämän ohjeen mukaisesti. Mittaustulosten on oltava laadukkaita, jotta niiden pohjalta voidaan tehdä johtopäätöksiä. Epäselvissä tapauksissa (esim. erilainen ilmanvaihdon toteutustapa) mittausten toteuttamisen suhteen kannattaa käyttää asiantuntijoiden apua.

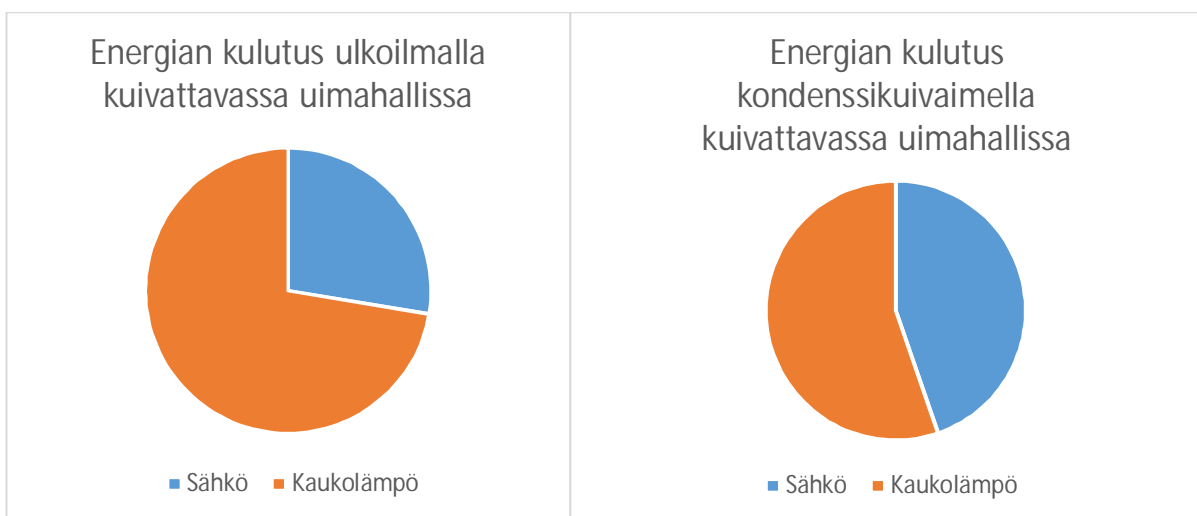
Tässä osiossa esitettyjen mittauspisteiden tuloksia varten on luotu ladattava taulukkolaskentapohja, jolla mittaustuloksista saadaan helposti laskettua selvitettävät tekijät. Mittaustulosten perusteella selvitetään useita keskeisiä uimahallin toimintaa kuvaavia tekijöitä. Selvitetäviä tekijöitä ovat:

- Allasveden haihdunnan suuruus
- Allasosaston sisäilman tila ja olosuhteiden hallittavuus
- Ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhde
- Ilmanvaihdon lämmitystehon tarve
- Haihdunnan ja ilmanvaihdon kaukolämmön kulutus kuukaudessa ja niiden osuus kokonaiskaukolämmönkulutuksesta



Kuukausikulutuksen muodostuminen

Uimahallin kokonaisenergiankulutus muodostuu kaukolämmön ja sähkö kulutuksista. Yleisesti suurin osa uimahallin energiankulutuksesta muodostuu kaukolämmöstä ja toiseksi suurin osa sähköstä. Veden kulutuksen määrä on sidoksissa kaukolämmön kulutukseen, sillä osa kulutetusta vedestä lämmitetään lämpimäksi käyttövedeksi tai lisätään lämmitettynä uima-altaisiin. Tarkastelemme siis käytännössä vain kaukolämmön ja sähkön kulutustietoja. Suuntaa antavia uimahallien energian kulutuksen jakautumia on esitetty kuvissa 1 & 2. Emme kuitenkaan vielä tiedä, millaisista osista nämä kuukauden kokonaiskulutukset muodostuvat.

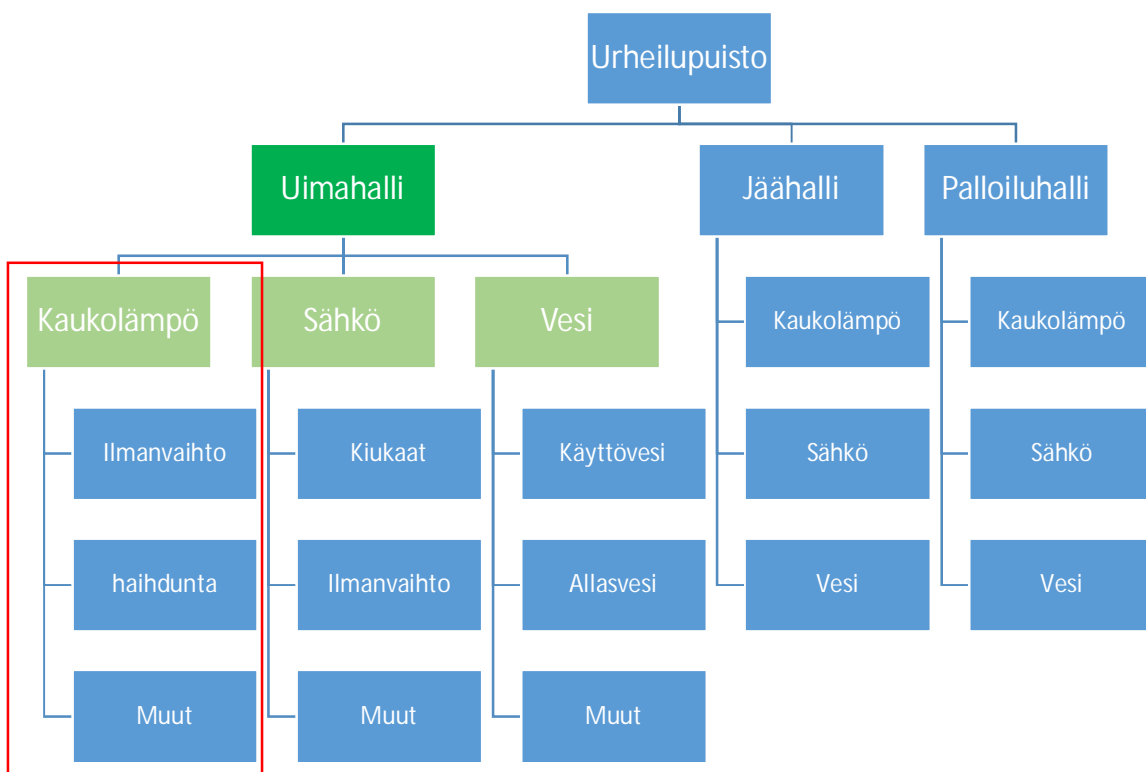


Kuva 13.(vasemmalla) Kaukolämmön kulutuksen jakautuminen ulkoilmalla kuivattavassa uimahallissa.

Kuva 14.(oikealla) Kaukolämmön kulutuksen jakautuminen kondenssikuivatussa uimahallissa

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että suurimpaan energian kulutuksen osaan kohdistuu myös suurin energiansäästöpotentiaali. Suurimpaan energian kulutuksen osaan kohdistuvilla toimenpiteillä on kokonaisuuden kannalta suurin vaikutus koko rakennuksen energiatehokkuuteen. Käytännössä uimahallien suurin energiansäästöpotentiaali kohdistuu kaukolämmön kulutuksen pienentämiseen. Esimerkiksi 10 % tehostus kaukolämmön kulutuksessa tuo suuremmat säästöt kuin 10 % tehostus sähkön kulutuksessa, jos sähköä kulutetaan vähemmän kuin kaukolämpöä. Kaukolämmön kulutuksen pienentäminen on myös todennäköisesti helpompaa kuin sähkön kulutuksen, sillä kaukolämmön kulutuksen pienentämiseen on tehokkaita toimenpiteitä, joita ei vielä monissa uimahalleissa käytetä.

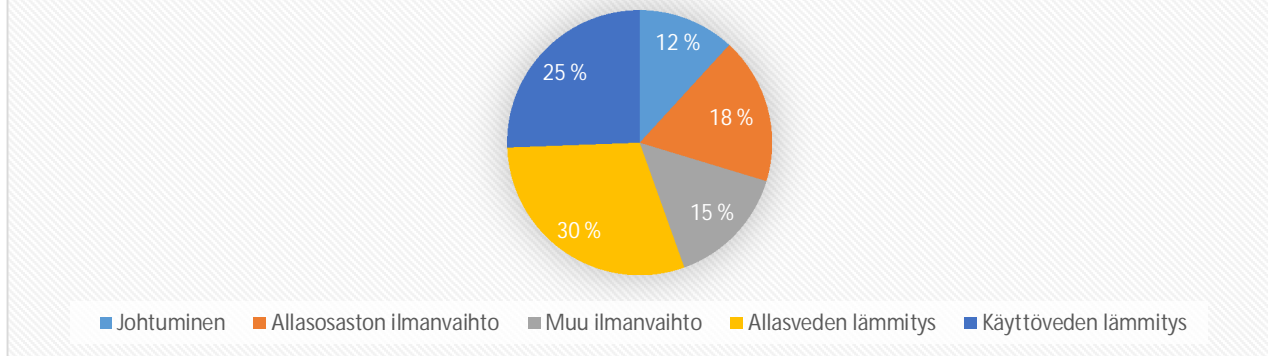
Uimahallin kaukolämmön, sähkön ja veden kuukausittaiset kulutukset muodostuvat kaikki omista pienemmistä osa-alueistaan, joita on esitetty kuvassa 3. Tämä osio keskittyy kaukolämmön kulutuksen jakautumisen selvittämiseen, joka on kuvassa 3 ympyröity punaisella laatikolla.



Kuva 15. Esimerkki uimahallin energian ja veden kulutuksien muodostumisesta.

Esimerkki kaukolämmön kulutuksien jakautumisesta uimahallissa on esitetty kuvassa 4. Lämmönkulutuksen suurin tekijä on allasveden lämmitys, joka vie noin 30 % kulutetusta kaukolämmöstä. Esimerkkikuvan kohdalla on myös huomioitava, että allasveden lämmityksen osuus on arvioitu vain allasveden haihdunnan aiheuttamaksi. Allasveden haihdunta on siis keskeinen tekijä koko uimahallin energiatehokkuuden kannalta. Altaan korvausveden lämmityksen osuus on laskettu käyttöveden osuuteen. Jokaisen hallin kaukolämmön kulutuksen osa-alueet ovat kuitenkin aina erilaisia. Uimahallikohtaisten kaukolämmön kulutuksien osa-alueiden osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri uimahallien välillä, joten esimerkitapauksen kuvaajan tietoja ei voi sellaisenaan soveltaa kaikkiin uimahalleihin. Kohdekohtaisten osa-alueiden suuruuksien selvittäminen vaatii aina mittaustuloksia. Lisäksi osuuksien suuruudet vaihtelevat aina myös kuukausitasolla.

Kaukolämmön kulutuksen jakautuminen uimahallissa



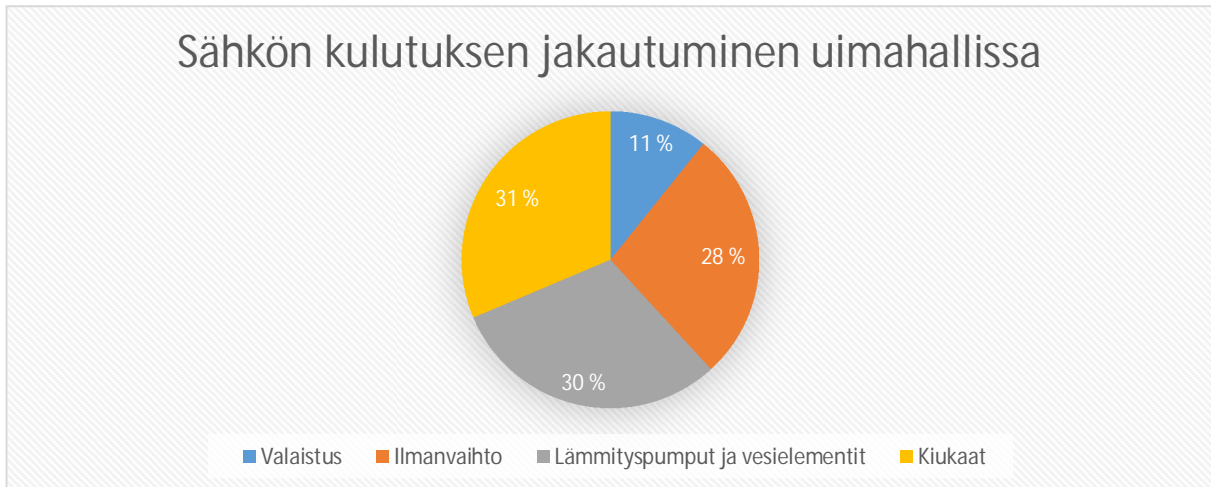
Kuva 16. Esimerkki kaukolämmön kulutuksen jakautumisesta uimahallissa

Lähde: Uimahallin ympäristökuormitukset, (Vaahterus, Saari, 2001) Kirkkonummen uimahalli. Laskennallinen tarkastelu.

Yksi keskeinen tekijä kaukolämmön kulutuksessa on myös allasosaston ilmanvaihto. Haihdunnan aiheuttaman allasveden lämmityksen ja allasosaston ilmanvaihdon välillä on myös yhteys energiatehokkuuden parantamisen kannalta. Allasvedestä haihtuva vesi sitoo itseensä erittäin paljon energiaa, joka on peräisin allasvedestä itsestään. Täten haihdunta viilentää allasvettä ja aiheuttaa lämmitystarpeen. Haihtunut vesi siirtyy allastilan ilmaan ja sitä kautta haihtunut vesi poistuu tilasta poistoilman mukana. Allasvedestä peräisin oleva energia siis poistuu rakennuksesta ilmanvaihdon kautta. Täten tämä haihdunnan sitoma energia on mahdollista hyödyntää ja kierrättää vain ilmanvaihdon kautta. Ilmanvaihdon lämmön talteenotto ja mahdollinen lämpöpumppu voivat viilentää poistoilman niin kylmäksi, että siinä oleva kosteus (vesihöyry) alkaa tiivistyä. Tällöin haihdunnassa ilmaan sitoutunut vesihöyry tiivistyy ja vapauttaa suuren määrän energiaa, joka on peräisin allasvedestä. Haihdunnan sitoma energia saadaan hyötykäyttöön vain, jos haihtunut vesi (vesihöyry) tiivistyy takaisin vedeksi lämmön talteenotossa. Rakennuksessa käytetystä kaukolämmöstä voi poistua täten lähes puolet (48 %) ilmanvaihdon kautta. Ilmanvaihdon ja etenkin poistoilman tilan tunteminen ja lämmön talteenotto ovat täten keskeisiä tekijöitä koko rakennuksen energiatehokkuudessa.

Esimerkki uimahallin sähköenergian kulutuksesta on esitetty kuvassa 5. Sähkön kulutuksen suurimpia tekijöitä ovat saunojen kiukaat, lämmityspumput ja vesielementit sekä ilmanvaihto. Muiden kuin kuvassa esitettyjen laitteiden sähkönkulutus on marginaalista. Sähkön kulutukseen vaikuttaa laitteiden teho ja käyttöaika. Täten sähkön kulutukseen voidaan tehokkaimmin vaikuttaa käyttämällä energiatehokkaita laitteita ja minimoimalla niiden käyttöaika. Laitteiden uusiminen saattaa kuitenkin olla suuri investointi. Jokaisen uimahallin sähkön kulutuksen osa-alueet ovat aina erilaisia. Tässä ohjeessa keskitymme enemmän kaukolämmön kulutuksen selvittämiseen ja pienentämiseen, sillä sähkön kulutus uimahalleissa on yleisesti vähäisempää kuin kaukolämmön kulutus, ja kaukolämmön kulutuksen pienentäminen on yleisesti helpompaa kuin sähkön kulutuksen pienentäminen. Kohtuuttoman suureen sähkön kulutukseen tulee kuitenkin aina puuttua, sillä jos lämmitysenergian kulutuksen osalta uimahalli toimii halutulla tavalla, voi sähkön kulutuksen pienentäminen nousta tehokkaimmaksi tavaksi parantaa uimahallin energiatehokkuutta.

Sähkön kulutuksen jakautuminen uimahallissa



Kuva 17. Esimerkki sähkön kulutuksen jakautumisesta uimahallissa. Lähde: Uimahallin ympäristökuormitukset, (Vaahterus, Saari, 2001) Kirkkonummen uimahalli. Laskennallinen tarkastelu.

Kaukolämmön ja sähkön kulutuksien osa-alueiden suuruuksien selvittämisellä saadaan tarpeeksi tarkka kuva siitä, mihin kulutettu energia todellisuudessa kuluu. Tällöin voidaan myös muodostaa kuva siitä, mihin osa-alueisiin kannattaa puuttua.

Oman uimahallin energiankulutuksen osa-alueiden selvittäminen tapahtuu käytännössä mittaamalla. Tarvittaviin mittauksiin perehdytään seuraavaksi. Mittausten pääpaino on allasveden haihdunnan ja ilmanvaihdon kaukolämmön kulutuksessa.

Kulutustiedot alakeskuksista

Helppoin tapa selvittää rakennuksen kuukausittaisen sähkön ja kaukolämmön kulutuksen osa-alueiden suuruudet on seurata niitä alakeskusten kautta. Kiinteistössä sähkön ja kaukolämmön kulutusta seurataan vähintään kuukauden kokonaiskulutuksen muodossa, sillä se on yleensä energiayhtiöiden laskutuksen peruste. Kiinteistön sisällä kaukolämmön ja sähkön kulutuksen jakautumista voidaan mitata alakeskuksilla. Esimerkiksi allasveden lämmityksen kuluttama kaukolämmön määrä ja teho voidaan mitata erillisellä alakeskuksella, jolloin saadaan kiistatonta tietoa siitä, kuinka paljon energiaa tämä prosessi kuluttaa. Samalla periaatteella voidaan mitata sekä sähkön että kaukolämmön osa-alueiden kulutusta. Alakeskuksen tietojen ja kokonaiskulutuksen avulla voidaan selkeästi esittää, kuinka suuri osa kulutuksesta tulee alakeskuksen mittaamasta järjestelmästä ja kuinka suuri osa sen ulkopuolelta. Alakeskuksia voi olla useampia, ja optimaalisessa tapauksessa koko energian kulutuksen jakautuminen voidaan selvittää tarkasti alakeskusten avulla.

Yleinen ongelma on kuitenkin se, ettei alakeskuksia ole. Kiinteistössä saattaa olla asennettuna yksi alakeskus esimerkiksi allasveden lämmityksen mittaamiseksi, mutta muuten kulutustiedot ovat kokonaiskulutustietoja. Mikäli järjestelmään ei ole asennettu alakeskuksia, voidaan energian kulutusta seurata vain kokonaiskulutuksen tasolla. Tällöin ollaan juuri sen ongelman äärellä, ettei kuukausikulutuksen osa-alueita tunneta. Tällöin myöskään tehostamiskonsepteja ei voida tehokkaasti kohdentaa oikeisiin osa-alueisiin. Esimerkiksi kaukolämmön kuukausittaisten kokonaiskulutusten ollessa korkeat, ei voida tietää, onko kulutus peräisin allasveden tai ilmanvaihdon lämmityksestä vai jostakin muualta. Tällöin ei voida johdonmukaisesti valita halliin sopivaa tehostamiskonseptia.

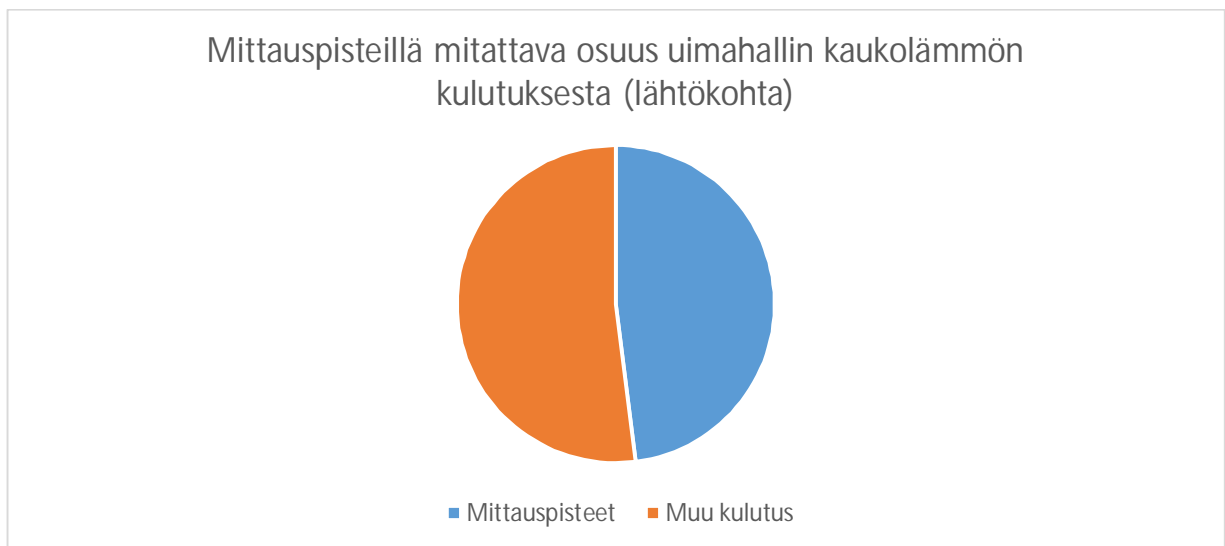
Alakeskusten puuttuessa joudumme selvittämään energiankulutuksen osa-alueiden tekijät mittaamalla. Tällöin keskitymme juuri suurimpien kulutuksen tekijöiden mittaamiseen, eli pyrimme selvittämään mahdollisimman laajasti, mistä rakennuksen kaukolämmön kulutus muodostuu.

Mittauspisteet

Energiatohokkuuden parantamisen lähtökohta on oman uimahallin tunteminen, mutta toiminnan mittaaminen ja seuranta vaativat myös resursseja. Tästä syystä emme voi mitata ja seurata aivan kaikkea, vaan seurannan tulee kohdistua vain kulutuksen keskeisimpiin tekijöihin. Seurannan tavoite on saada mahdollisimman paljon tietoa energian kulutuksesta mahdollisimman vähäisten mittauspisteiden avulla. Täten keskitymme ensisijaisesti mittaamaan kaukolämmön kulutusta.

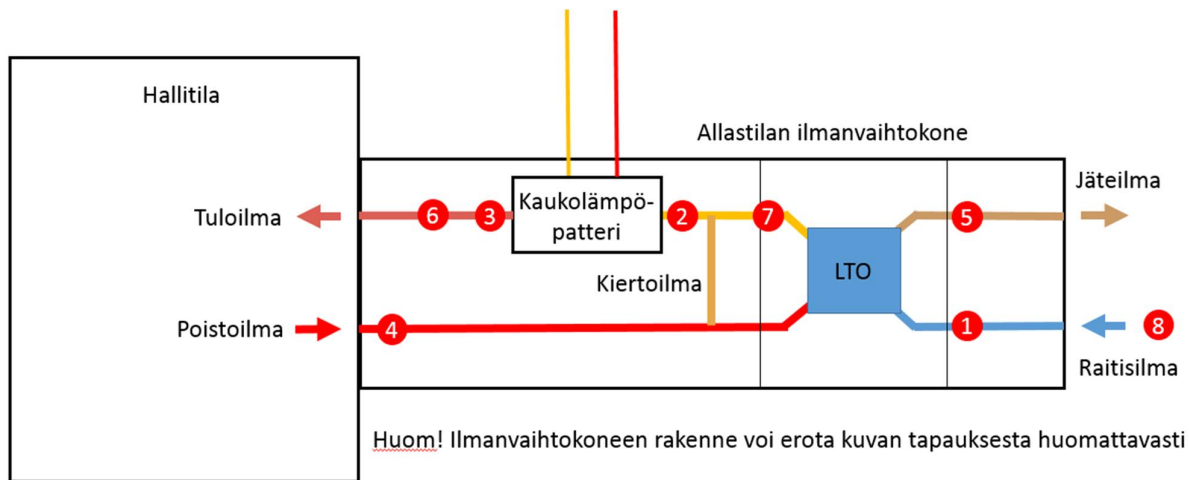
Edellä esitetyn kaukolämmön kulutuksen jakautumisen perusteella todettiin, että jopa 48 % uimahallissa kulutetusta kaukolämmöstä voi poistua allastilan ilmanvaihdon kautta. Tästä syystä keskitymme mittaamaan nimenomaan allastilan ilmanvaihdon toimintaa, jolloin saamme suhteellisen vähäisillä mittauspisteillä paljon tietoa uimahallin energiateknisestä toiminnasta. Esitettävillä mittauspisteillä saatava tieto uimahallin kaukolämmön kulutuksesta on esitetty kuvassa 6. Tietoja voidaan vielä täydentää muilla mittauksilla ja/tai alakeskusten tiedoilla.

Uimahallin allastilan ilmanvaihdon poistoilmassa on valtava määrä lämpöenergiaa, jota voidaan käyttää uudelleen lämmön talteenotolla ja täten parantaa koko uimahallin energiatehokkuutta. Uimahallien suuri ongelma onkin nykyisin se, että poistoilman lämpösisältöä ei käytetä tehokkaasti hyväksi.



Kuva 18. Mittauspisteillä selvittävä osuus uimahallin kaukolämmön kulutuksesta.

Alla (Kuva 19) esitetyt mittauspisteet keskittyvät siis rakennuksen ilmanvaihtoon. Pisteiden avulla saadaan muodostettua hyvä kuva uimahallin allastilan sisäilmasta, tuloilmasta ja poistoilmasta. Lisäksi mitataan myös ilmanvaihdon jäteilman ja raitisilman tila sekä tuloilman ilmavirta. Näiden mittauspisteiden avulla saadaan muodostettua kokonaiskuva allastilassa tapahtuvasta haihdunnasta sekä ilmanvaihdon tuloilman lämmitystarpeesta, jotka muodostavat noin puolet koko uimahallin kaukolämmön kulutuksesta. Mittauspisteiden avulla voidaan myös seurata monia muita tekijöitä, joihin perehdytään seuraavissa osioissa.



Kuva 19. Uimahallin energiatehokkuuden seurannan mittauspisteet

Mittauspiste	Mitattavat suureet	Mittauspisteiden käyttökohteet
1 Raitisilma	Lämpötila (T), suhteellinen kosteus (φ)	LTO hyötysuhde
2 Kiertopellin jälkeen, ennen lämmityspatteria	Lämpötila (T)	Lämmitystehon tarve
3 Tuloilma	Lämpötila (T), suhteellinen kosteus (φ)	Lämmitystehon tarve, Haihdunta
4 Poistoilma	Lämpötila (T), suhteellinen kosteus (φ)	Sisäilman olosuhteet, Haihdunta, LTO hyötysuhde
5 Jäteilma	Lämpötila (T), suhteellinen kosteus (φ)	LTO hyötysuhde
6 Ilmanvaihdon ilmavirta (Tuloilma)	Ilmamäärä (m^3/s)	Lämmitystehon tarve, Haihdunta
7 Ilman tila LTO jälkeen	Lämpötila (T), suhteellinen kosteus (φ)	Suunnittelijoiden mittauspiste tarkempia tarkasteluja varten. Esim. kiertoilman ja LTO tuloilmahyötysuhteen laskenta.
8 Ulkoilma	Lämpötila (T), suhteellinen kosteus (φ)	Ensisijaisesti suunnittelijoille. Ulkoilman tarkat paikalliset olosuhteet mittausjakson ajalta. Ulkoilman olosuhteina voidaan tarvittaessa käyttää raitisilman olosuhteita (tapauskohtaisesti).

Esitettyjen pisteiden mittaustiedot voidaan saada käytännössä kahdella eri tavalla. Ensimmäinen vaihtoehto on hakea pisteiden tiedot rakennuksen automaatiojärjestelmästä. Nykyisiin automaatiojärjestelmiin kuuluu usein kymmeniä tai jopa satoja mittaus ja seurantapistettä, joita automaatio käyttää järjestelmien ohjaukseen. Mittauspisteet voivat olla joko pelkässä hetkellisessä seurannassa tai niiden tietoja voidaan seurata ja tallentaa. Usein osa pisteistä on pelkän seurannan alla, eikä mitattuja arvoja tallenneta mihinkään. Yllä esitettyjen pisteiden tiedot tulee kuitenkin olla

tallennettavia, jotta niistä voidaan saada laskennassa enemmän hyötyä. Hetkellisetkin arvot kertovat hallin toiminnasta, mutta mitä pidemmän mittausjakson tiedot laskennassa on käytössä, sitä paremmin laskenta kuvaa rakennuksen pitkäaikaista toimintaa. Esimerkiksi lämmön talteenoton hyötysuhde voi olla hetkittäin erittäin hyvä, mutta pidemmän ajan keskiarvona heikko. Mittauspisteiden tietojen saaminen automaatiosta saattaa vaatia automaatioasentajan apua. Pelkän seurannan alla olevan pisteen muuttaminen tallennettaviksi pisteiksi vaatii yleensä laitteen toimittajan tai muun asiantuntijan apua.

Toinen vaihtoehto on lisätä ilmanvaihtokoneen haluttuun pisteeseen erillinen mittalaite, jonka avulla saadaan mitattavat olosuhteet helposti juuri halutusta pisteestä. Tämä vaihtoehto on helppo tapa saada mittaustulokset hallista, jossa automaatio ei anna kaikkia tarvittavia tietoja. Mittalaitteen lisääminen voi myös olla edullisempaa, kuin uuden mittauspisteen tuominen automaatiojärjestelmään. Lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mittaavat laitteet ovat nykyisin varsin edullisia, helppokäyttöisiä ja pieniä, eivätkä ne haittaa ilmanvaihtokoneen toimintaa oikein asennettuna. Esimerkki tällaisesta mittarista on esitetty kuvassa 8. Ilmanvaihdon ilmamäärän mittaaminen sen sijaan on vaativampi tehtävä, joten siinä olisi eduksi, jos tiedot saataisiin suoraan automaatiosta, eikä erillisiä mittareita tarvittaisi. Mittalaitteiden tarve tulee aina arvioida kohdekohtaisesti.



Kuva 20. Esimerkki helppokäyttöisestä mittalaitteesta, joka mittaa lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.

Mittausten toteuttaminen tulee dokumentoida. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mittausraportissa esitetään (periaate)kuva allastilan ilmanvaihdosta ja kyseiseen ilmanvaihtoon sijoitetuista mittauspisteistä. Tällöin varmistutaan siitä, että mittauspisteet on kyseisessä uimahallissa sijoitettu oikeaan paikkaan. Periaatekuvan lisäksi raporttiin voidaan lisätä valokuvia mittalaitteiden sijoittelusta. Sijoituspaikkojen lisäksi mittausraportissa tulee kertoa, mitä mittalaitteita mittauksissa käytetään/käytettiin. Raportin tulee esittää selvästi, ovatko mittauspisteiden tiedot peräisin rakennuksen automaatiosta vai erillisistä mittalaitteista. Etenkin erillisten mittalaitteiden kohdalla tulee esittää laitteen valmistaja ja malli. Mittausraportin tulee olla niin selkeä, että henkilö, joka ei ole ollut mukana mittauksissa voi raportin perusteella saada selkeän kuvan siitä, miten mittaus on suoritettu ja millaisilla laitteilla. Raportti tehdään vapaamuotoisesti.

Mittaustulosten muuttaminen käyttökelpoiseksi tiedoksi

Mittauspisteiden tarkoitus on selvittää ensisijaisesti kaukolämmön kulutuksen suuruutta uimahallissa. Erityisesti olemme kiinnostuneita haihdunnan ja allastilan ilmanvaihdon kuluttaman kaukolämmön määrästä. Mittauspisteiden avulla saadaan myös muuta arvokasta tietoa uimahallin toiminnasta ja siitä, mikä voisi olla kyseessä olevan uimahallin kohdalla järkevin ratkaisu energiatehokkuuden parantamiseksi. Mutta mittaustulokset eivät ole itsessään käyttökelpoisia, vaan ne tulee muuttaa käyttökelpoiseen muotoon.

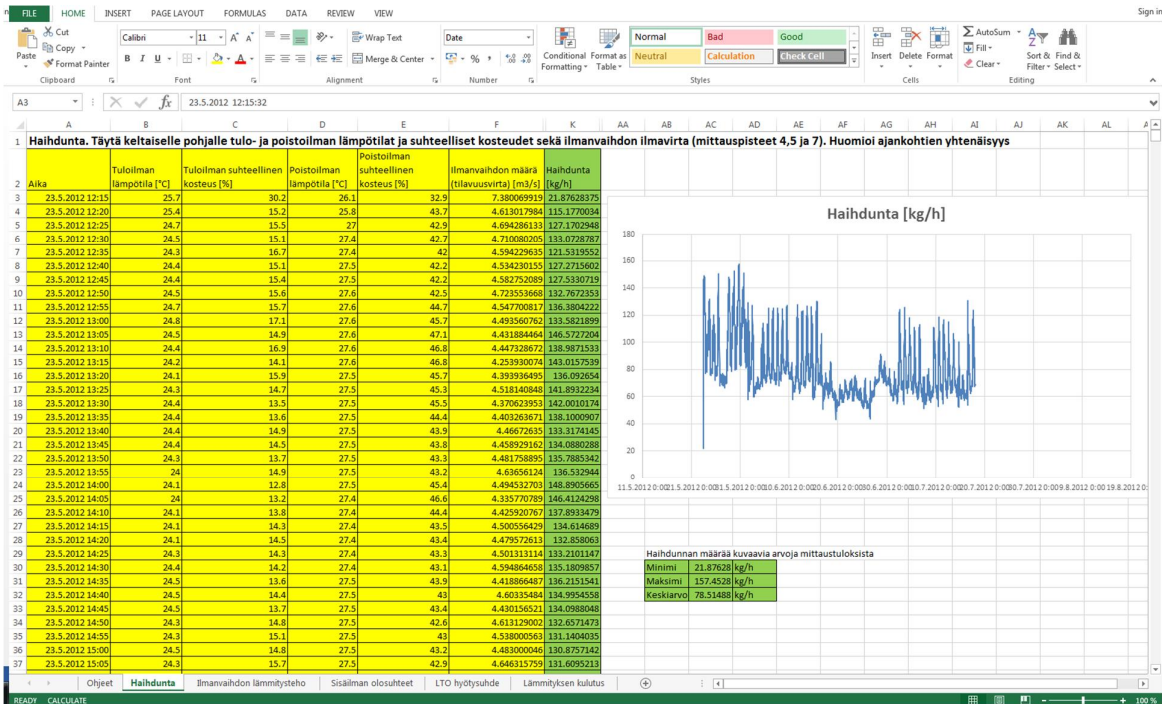
Mittaustulokset itsessään pitävät sisällään vain tiedon ajasta ja kyseistä aikaa vastaavasta mitatusta arvosta. Esimerkiksi yksi mittaustuloksen "rivi" voi olla aika: 17.2.2015 klo 10:15 ja tätä vastaava tuloilman lämpötila tällä hetkellä: 32 °C. Seuraava mitattava arvo voi olla esimerkiksi 5 minuuttia myöhemmin tallennettu arvo, jolloin kellonaika on 10:20 jne. Yksittäisen mittauspisteen tulokset muodostuvat siis joukosta ajankohtia ja näitä ajankohtia vastaavista mitatuista arvoista. Ajankohtien välinen ero voi olla vaihtelevaa järjestelmistä ja mittalaitteista riippuen, esimerkiksi 5 minuuttia, 10 minuuttia tai 1 tunti. Yleisesti mittausväli on käyttäjän valittavissa.

Tästä syystä saadut mittaustulokset on siirrettävä käyttökelpoiseen ympäristöön, joka on käytännössä taulukkolaskentaohjelma (esimerkiksi Microsoft Excel). Yksittäisten mittaustulosten kerääminen yhteen tiedostoon mahdollistaa tulosten tulkinnan.

Mittaustulosten kerääminen ja tulkinta ei kuitenkaan ole vaikeaa, sillä siihen voidaan käyttää valmista pohjaa, johon mittaustulokset vain kopioidaan. Pohja tekee tarvittavat laskelmat ja piirtää halutut kuvat automaattisesti. Käyttäjän tulee vain syöttää mittaustulokset oikeisiin sarakkeisiin. Lisäksi käyttäjän tulee varmistaa, että kohdissa, jossa pohjaan syötetään useamman mittaustuloksen tiedot, mittaustulokset ovat samalta ajalta. Esimerkiksi virheellisessä syötössä ilman lämpötilan arvo vastaa kellonaikaa 10:00, mutta ilmapirran mittaustulos kellonaikaa 18:00, jolloin myös laskenta antaa tietojen perusteella väärän tuloksen ja kuvan. Mittaustulosten syöttäminen taulukkolaskentapohjaan vaatii tarkkaavaisuutta.

Mittaustulosten ajankohtien eroavaisuuksien minimoimiseksi kannattaa kaikissa mahdollisissa tilanteissa käyttää laitteiden synkronisointia. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että mittaus tapahtuu kaikissa laitteissa samanaikaisesti. Tällöin laitteet tallentavat mittauslukemat aina samaan aikaan, joka helpottaa mittaustulosten tulkintaa. Synkronointi tapahtuu erillisillä mittalaitteilla aloittamalla kaikki mittaukset samaan aikaan eri mittalaitteissa. Automaation synkronisointi tulee selvittää kohdekohtaisesti.

Mikäli vain mahdollista, taulukkoon kannattaa syöttää mittaustulokset joltakin selkeältä ajalta. Paras mahdollinen vaihtoehto mittausjakson pituudelle on kokonainen kuukausi tai sen kerrannainen. Eli sellainen mittausjakso, joka alkaa kuun ensimmäisenä päivänä ja päättyy (saman tai jonkun muun) kuun viimeisenä päivänä. Tällöin saadaan selkeämpi kuva kuukauden aikana tapahtuvista muutoksista ja esimerkiksi kuukauden aikana haihdunnan ja ilmanvaihdon kuluttamasta lämpöenergiasta. Ideaalinen tilanne olisi se, että taulukkoon syötetään tiedot koko vuodelta kaikkien tietojen osalta. Jos koko vuoden tiedot ovat käytettävissä, saadaan erittäin kattava kuva uimahallin toiminnalta niin kesällä kuin talvella. Mitä enemmän mittaustietoja on käytettävissä, sitä parempi kuva saadaan uimahallin energiatehokkuudesta ja siitä, mikä olisi paras vaihtoehto hallin energiatehokkuuden parantamiseksi. Esimerkkikuva ladattavasta mittaustietojen taulukkolaskentapohjasta on esitetty kuvassa 9.



Kuva 21. Esimerkkikuva taulukkolaskentapohjan näkömängöstä

Ladattava taulukkolaskentapohja sisältää myös lyhyet ohjeet siitä, miten se toimii. Käytännössä käyttäjän tulee syöttää pyydetyt mittauspisteiden tiedot oikeisiin sarakkeisiin ja varmistaa, että ne ovat jokaisen rivin kohdalla samalta ajalta. Kaikki muu tapahtuu automaattisesti.

Voit ladata mittaustulosten keräämiseen tarkoitettua valmiin pohjan uimahalliportaalista. Portaalista löytyy myös valmiiksi täytetty esimerkkitaulukko, josta voi katsoa mallia omaa taulukkoa täyttäessä.



Laskentapohjalla on omat välilehdet tarkasteltaville asioille, joita ovat haihdunta, sisäilman olosuhteet, LTO hyötysuhde, ilmanvaihdon lämmitysteho sekä lämmitysenergian kulutus. Välilehdillä käyttäjän tulee syöttää maalatlulle taustalle pyydetyt mittaustulokset, jonka pohjalta laskentataulukko tekee tarvittavat laskelmat ja piirtää halutut kuvaajat. Haihdunnan ja ilmanvaihdon lämmitystehon kohdalla lasketaan myös näiden osioiden kuluttama lämmitysenergian määrä.

Seuraavaksi esitellään kaikki keskeiset tiedot, jotka tämän ohjeen mukaisten mittauspisteiden tulosten ja laskentapohjan laskelmien avulla voidaan tarkasteltavasta uimahallista saada.

Kaukolämmön kulutuksen jakautuminen kuukausitasolla

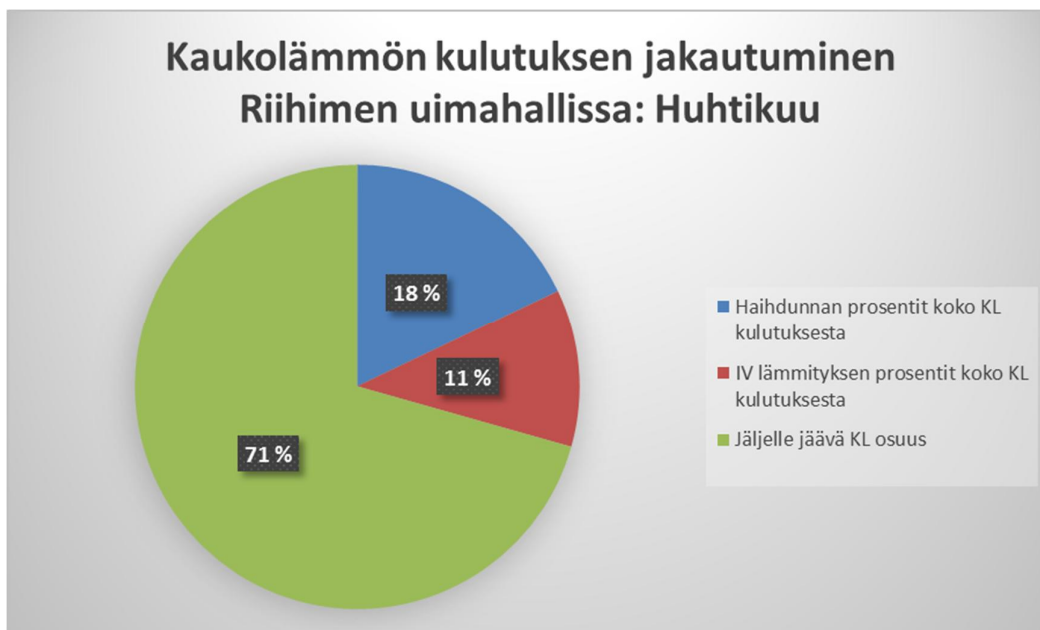
Kuten edellä todettiin, uimahallien kaukolämmön kuukausikulutuksen kokonaistaso on hyvin henkilökunnan tiedossa, sillä se on yleensä energia-yhtiöiden laskutuksen peruste. Sitä, miten kaukolämmön kulutus jakautuu uimahallissa eri prosessien välille, ei kuitenkaan tiedetä kovinkaan tarkasti.

Esitettyjen mittauspisteiden tulosten ja laskentapohjan avulla tätä kulutuksen jakautumisen kuvaa voidaan tarkentaa sen verran, että tiedetään, kuinka suuri osa kaukolämmöstä käytetään ilmanvaihdon

lämmitykseen ja kuinka suuri osa sitoutuu vesihöyryyn allasveden haihdunnassa. Nämä kaksi tekijää ovat lähtökohtaisesti erittäin paljon energiaa vaativia tekijöitä, jolloin niiden osuuksien tunteminen on kulutuksen jakautumien kannalta keskeistä.

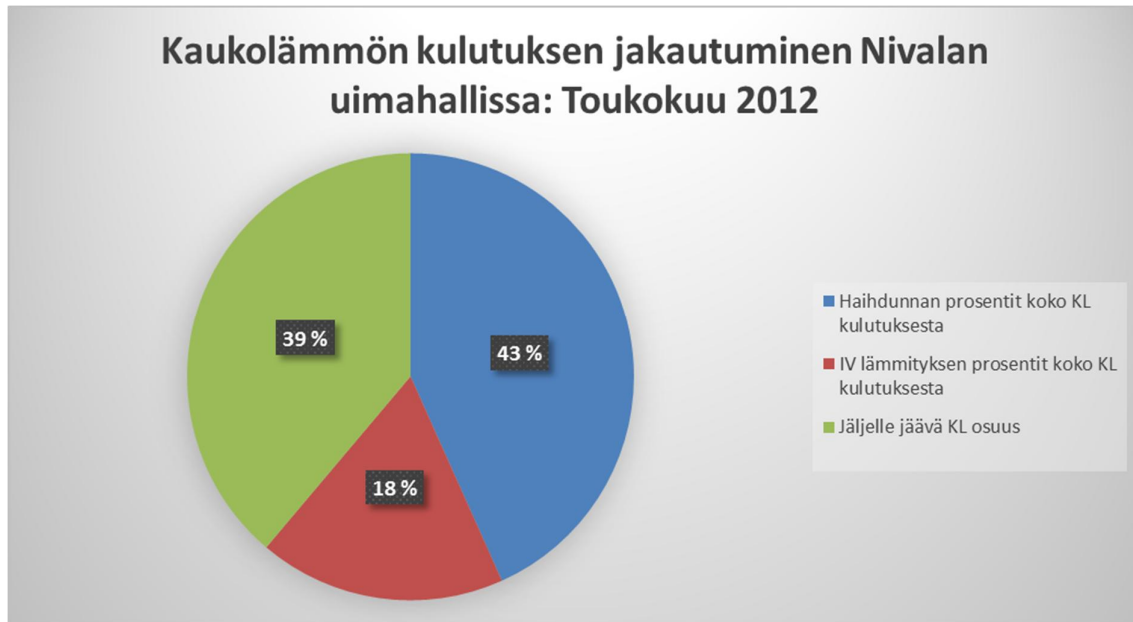
Laskentapohjalla lämmitysenergian kulutuksen tiedot kerätään omalle välilehdelle, johon syötetään myös kuukausien kokonaiskaukolämmönkulutus (kuten kuukausikulutuksen ja ulkolämpötilan välisen suhteen tarkastelussa). Laskentapohja ilmoittaa haihdunnan ja ilmanvaihdon kuluttaman kaukolämmön määrän kuukausittain ja vertaa sitä kaukolämmön kuukauden kokonaiskulutukseen. Taulukosta nähdään suoraan, kuinka suuri osa kuukaudessa kulutetusta kaukolämmöstä on kulutettu haihdunnassa ja ilmanvaihdon lämmityksessä.

Esimerkki laskentapohjan tuloksista siitä, miten kaukolämmön kulutus jakautuu mittaustulosten perusteella, on esitetty Kuva 22 10. Kuvasta nähdään, ettei ilmanvaihdon ja haihdunnan yhteenlaskettu osuus ole tässä tilanteessa lähellä 50 %:ia kaukolämmön kulutuksesta vaan noin 30 %. Ero lähtökohtaiseen arvioon on merkittävä, joka saattaa johtua esimerkiksi siitä, että ilmanvaihto ja haihdunta toimivat energiatehokkaasti ja kuluttavat täten oletettua vähemmän energiaa. Toisaalta ero saattaa johtua myös siitä, että muihin prosesseihin kulutetaan oletettua enemmän kaukolämpöä, jolloin haihdunnan ja ilmanvaihdon osuudet ovat kokonaiskuvassa pienempiä. Tulos antaa kuitenkin konkreettisen kuvan siitä, miten kaukolämmön kulutus on jakautunut tarkasteltavassa uimahallissa huhtikuussa 2012.



Kuva 22. Taulukkolaskentapohjan tulos Riihimäen uimahallista

Toinen esimerkki haihdunnan ja ilmanvaihdon kaukolämmön kulutuksesta on esitetty kuvassa 11. Tämän uimahallin kohdalla haihdunta ja ilmanvaihto ovat dominoivassa asemassa kaukolämmön kulutuksessa toukokuussa 2012, sillä niiden yhteenlaskettu osuus kuukauden kokonaiskulutuksesta on 61 %. Kaksi erilaista esimerkkiä osoittavat sen, että kaukolämmön kulutuksen jakautuminen voi olla hyvin erilaista eri uimahalleissa eri kuukausina. Kun tällaisia kuvia saadaan muodostettua esimerkiksi koko vuodelta, päästään jo toden teolla kiinni siihen, mihin rakennuksessa käytettävä kaukolämpö kuluu.

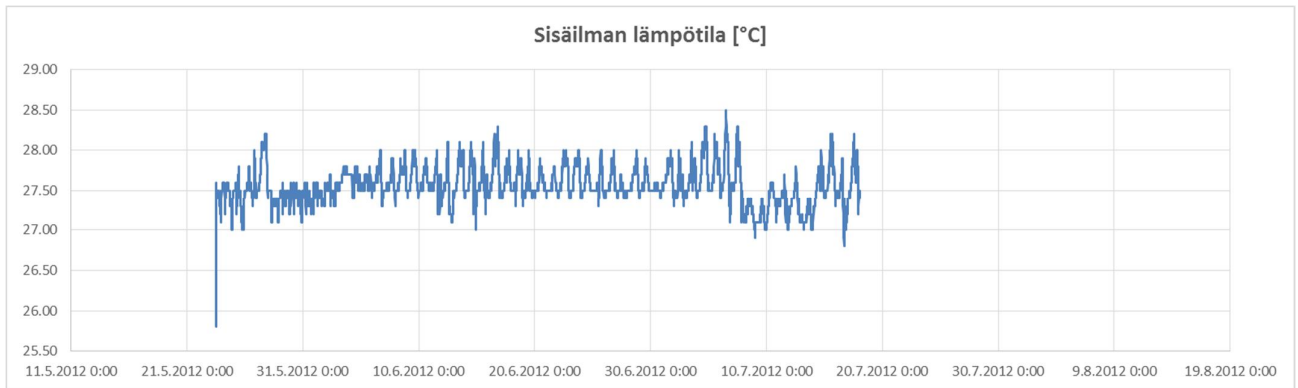


Kuva 23. Taulukkolaskentapohjan tulos Nivalan uimahallista

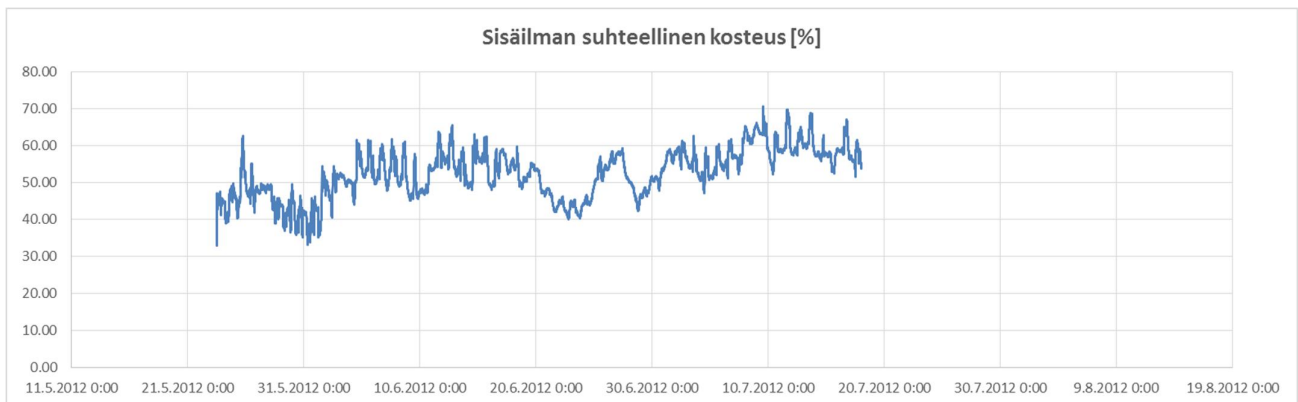
Sisäilman olosuhteiden seuranta

Uimahallin allasosaston sisäilman olosuhteet ovat keskeisessä asemassa hallin energiatehokkuuden tarkastelun kannalta. Sisäilman olosuhteiden tulee olla hallin käyttäjille mieluisat, sillä palveluita tarjoavana paikkana asiakkaiden tyytyväisyys on uimahalleissa aina etusijalla. Sisäilman olosuhteet vaikuttavat käyttäjien viihtyvyyden lisäksi moniin muihin tekijöihin, joista energian kulutuksen kannalta keskeisin on allasveden haihdunta. Sisäilman olosuhteet ja ilman laadun hallittavuus ovat ilmanvaihdon toiminnan keskipisteessä.

Seuraamalla hallin poistoilman (piste 4) olosuhteita, voidaan muodostaa kuva siitä, millaista ilmaa allasosastolla on ja miten sen ominaisuudet vaihtelevat eri aikoina. Lisäksi saadaan käsitys siitä, kuinka tehokkaasti ja tarkasti järjestelmän ohjaus toimii. Ohjausjärjestelmässä on lukuisia asetusarvoja eri pisteille, mutta niihin ei välttämättä päästä, jos ohjaus ei ole tarpeeksi tehokas. Seuraamalla hallin poistoilman tilaa, pystytään löytämään mahdolliset ongelmatilanteet ohjauksessa. Tyypillisiä ongelmia heikosti ohjattavan ilmanvaihdon kohdalla ovat liian korkeat tai matalat lämpötilat riippuen ulkoilman olosuhteista sekä suuret vaihtelut hallin kosteuspitoisuuksissa. Hyvin toimiva ja ohjattava järjestelmä pystyy luomaan halutunlaiset sisäilman olosuhteet kaikkina vuodenaikoina. Esimerkkejä hallitilan mitatuista lämpötiloista ja suhteellisista kosteuksista on esitetty kuvissa 12 ja 13.



Kuva 24. Esimerkki uimahallin mitatusta allastilan sisäilman lämpötilasta



Kuva 25. Esimerkki uimahallin allastilan sisäilman suhteellisesta kosteudesta

Esimerkkikuvien uimahallissa poistoilman lämpötila pysyy varsin vakiona koko mittausjakson ajan. Lämpötilan vaihteluväli on noin 27 °C:sta 28 °C:seen. Voidaan siis todeta, että esimerkkihallin lämpötilan ohjaus toimii halutulla tavalla. Hallin poistoilman suhteellisen kosteuden pitoisuus vaihtelee mittausjakson aikana huomattavasti. Suhteellisen kosteuden taso vaihtelee reilusta 30 %:sta jopa 70 %:iin. Täten voidaan todeta, ettei suhteellisen kosteuden arvo ole tarpeeksi tasainen ja ohjauksessa on tehostamisen varaa.

Edellä esitetystä kohteesta ei voida tehokkaasti säätää sisäilman suhteellista kosteutta, sillä järjestelmän ohjaus ei ole kykeneväinen ylläpitämään asetusravon mukaista suhteellista kosteutta. Tämä sulkee pois esimerkiksi haihdunnan rajoittamisen suhteellisen kosteuden korotuksen avulla (esitetty alempana kohdassa Haihdunta).

Yksi keskeisiä rakennuksen energiatehokkuuden tekijöitä on juuri ilmanvaihdon ja automaatiojärjestelmän optimaalinen toiminta. Jotta järjestelmät toimisivat niiden käyttötarkoituksen mukaisesti, on rakennuksen ohjauksen oltava toimiva ja puhutaan järjestelmän hallittavuudesta.

Olosuhteiden hallittavuus on aina ensimmäinen edellytys energiankäytön tehostamiselle. Mittaustulosten perusteella suunnittelija arvioi, mitä toimenpiteitä järjestelmän hallittavuuden parantaminen mahdollisesti edellyttää ja mikä on tarkoituksenmukainen tehostamiskonsepti.

Haihdunta

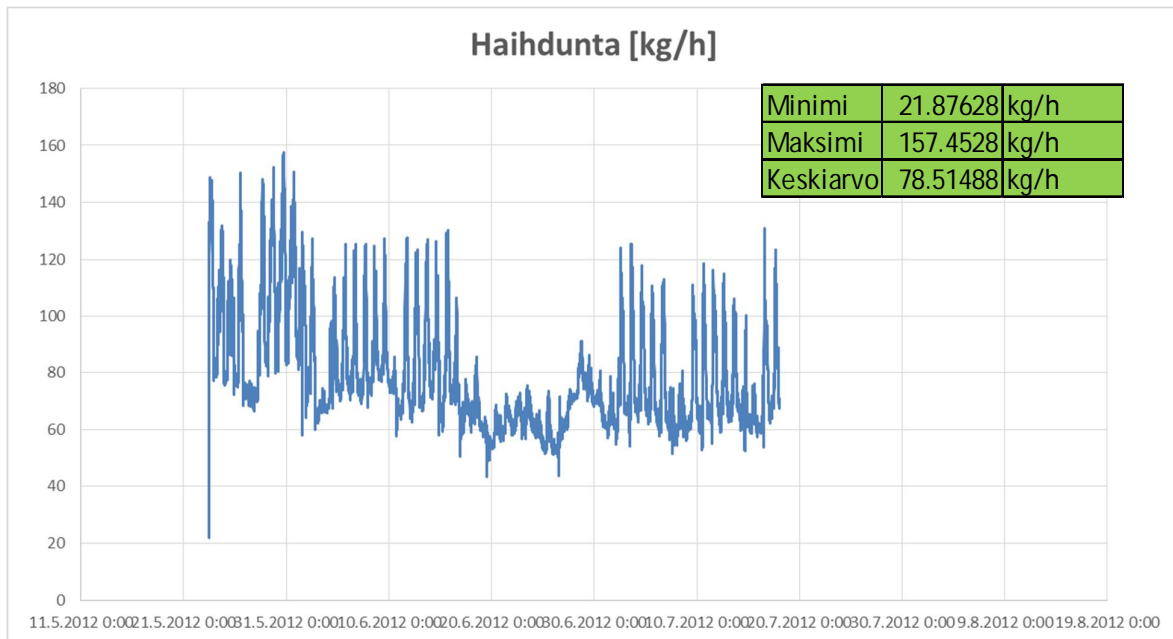
Uimahallien energiatehokkuuden kannalta keskeisessä roolissa on allastilassa tapahtuva haihdunta. Laskennallisesti haihdunnan osuus kaukolämmön kokonaiskulutuksesta on noin 30 %, mutta sen osuus saattaa vaihdella merkittävästi tästä arvosta. Haihdunnan osuus kaukolämmön kulutuksesta voi olla noin 10 %:sta aina 50 %:iin riippuen haihdunnan suuruudesta.

Veden haihtuminen sitoo valtavan määrän energiaa. Tästä syystä onkin erittäin keskeistä pitää haihtuvan veden määrä uimahallissa hallinnassa ja mahdollisimman pienellä tasolla viihtyvyyden kärsimättä. Mitä vähemmän vettä haihtuu, sitä vähemmän siihen kuluu myös energiaa.

Uimahallin allasosastolla tapahtuvan haihdunnan suuruutta voidaan seurata mittaamalla allasosaston tulo- ja poistoilman ominaisuuksia. Tuloilma on aina allastilan ilmaa kuivempaa, jolloin se kuivattaa hallin sisäilmaa, eikä anna kosteuspitoisuuden nousta liian korkeaksi. Poistoilma on taas tuloilmaa merkittävästi kosteampaa ja tämän kosteuden voidaan olettaa olevan peräisin allasveden haihdunnasta.

Ladattava laskentapohja laskee tulo- ja poistoilman olosuhteiden sekä ilmanvaihdon määrän perusteella tilassa tapahtuvan haihdunnan hetkellisen suuruuden ja myös mittausjakson keskiarvon. Tarvittavien mittauspisteiden numerot ovat 3, 4 ja 6. Suuri haihdunnan määrä tarkoittaa aina myös suurta kaukolämmön kulutusta, joka esitetään kaukolämmön kulutuksen jakautumisessa.

Esimerkki mittaustulosten perusteella lasketusta haihdunnasta on esitetty kuvassa 14.



Kuva 26. Esimerkki mittaustuloksiin perustuvasta haihdunnasta sekä sen minimi, maksimi ja keskiarvo

Kuvan tapauksessa uimahallin allasveden haihdunnan keskiarvo on noin 80 kg/h. Kyseisessä tapauksessa haihdunta muodosti 43 % hallin kaukolämmön kulutuksesta mitatun kuukauden aikana. Haihdunnan pienentämisellä olisi siis suuri vaikutus koko uimahallin kaukolämmön kulutukseen.

Haihdunnan suuruus uimahallissa riippuu allasveden lämpötilasta ja sisäilman sisältämästä kosteudesta. Mitä kuivempaa ilma on tai mitä lämpimämpää allasvesi on, sitä voimakkaampaa haihtuminen on. Lisäksi haihduntaan vaikuttaa luonnollisesti märkien pintojen pinta-ala. Suuremmat uima-altaat haihduttavat luonnollisesti enemmän vettä kuin pienet, sillä niissä vapaan veden pinta-ala on suurempi. Lisäksi päivisin

allasosaston haihdunnan suuruus kasvaa, sillä märät uimarit kastelevat myös lattiapinnat, jolloin haihtuvan vesimäärän pinta-ala kasvaa. Hallin käyttäjien vaikutusta emme voi tehokkaasti pienentää, mutta sisäilman ja allasveden ominaisuuksia voimme muuttaa. Viihtyvyyssyistä allasveden lämpötilaa ei voi laskea dramaattisesti, mutta allastilan sisäilman kosteuspitoisuutta voidaan useimmissa uimahalleissa kohottaa, joka vaikuttaa suoraan haihdunnan suuruuteen. Haihdunnan pienentämistä käsitellään tarkemmin tehostamiskonseptien yhteydessä.

Ilmanvaihdon lämmön talteenoton (LTO) hyötysuhde

Edellä esitettyjen tietojen mukaan uimahallin ilmanvaihdon kautta poistuu merkittävä osa rakennuksessa käytettävästä kaukolämmöstä. Haihtuneeseen allasveteen ja ilmanvaihdon lämmitykseen kulutetaan laskennallisesti noin puolet koko rakennuksessa käytettävästä kaukolämmöstä. Tämä lämpö poistuu rakennuksesta poistoilman mukana. Esimerkinomaisten mittaustulosten perusteella kyseisten osa-alueiden yhteenlasketut osuudet vaihtelivat noin 30 % ja 60 % välillä. Joka tapauksessa uimahallin allasosaston poistoilmassa on valtava määrä lämpöenergiaa, jota voidaan käyttää uudelleen rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi.

Uimahallit ovat paljon lämmitysenergiaa kuluttavia laitoksia, sillä niiden tarjoamat palvelut vaativat korkeita lämpötiloja ja runsasta lämpimän käyttöveden kulutusta. Uimahallin allasosaston sisäilman lämpötila onkin käytännössä ympäri vuoden ulkoilmaa lämpimämpää, joten hallin tuloilmaa on lämmitettävä jatkuvasti enemmän tai vähemmän. Toinen uimahallille ominainen piirre on suuri veden kulutus. Vettä kuluu niin allasveden vaihtoon kuin lämpimään käyttöveteen. Keskeistä on kuitenkin se, että valtaosaa käytetystä vedestä lämmitetään huomattavasti. Uimahalleissa on siis jatkuva lämmitysenergian tarve ympäri vuoden.

Uimahallin allasosaston poistoilmassa oleva valtava energiamäärä voidaan hyödyntää käyttämällä lämmön talteenottoa. Sen tarkoitus on käyttää poistoilmassa olevaa lämpösäilytystä muihin lämmityksiin vaativiin prosesseihin. Poistoilman lämmön talteenoton yleisimmin käytetty ja luonnollisin kohde on siirtää lämmitysenergiaa ilmanvaihdon tuloilmaan, joka on esitetty kuvassa 15. Uimahallien ilmanvaihtomäärät ovat suuria, jolloin tuloilman lämmittäminen haluttuun lämpötilaan vaatii huomattavan määrän energiaa. Tätä tarvittavan energian osuutta voidaan pienentää esilämmittämällä ilma lämmön talteenotolla ja vasta sitten lämmittää jäljelle jäävä osuus muulla tavalla (lämmityspatterilla). Parhaassa tapauksessa tuloilmaa ei tarvitse lämmittää ollenkaan muilla tavoilla, vaan koko tarvittava energia saadaan otettua talteen poistoilmasta.



Kuva 27. Lämmön talteenoton perusperiaate. Lähde <http://www.easicooling.co.uk/images/other/Heat%20Recovery%20Diagram.jpg>

Toisaalta saattaa esiintyä myös tilanteita, jossa poistoilmasta saadaan otettua talteen enemmän energiaa kuin tuloilman lämmitys vaatii. Tällaisessa tilanteessa kaiken tarjolla olevan lämmön syöttäminen

tuloilmaan aiheuttaisi liian korkean sisälämpötilan ja tätä kautta epäviihtyvyyttä käyttäjissä. Ei ole kuitenkaan suotavaa madaltaa tästä syystä poistoilmasta talteen otettavan lämmön määrää, vaan se tulisi käyttää muissa prosesseissa. Esimerkiksi poistoilmasta talteen otettua lämpöä voitaisiin käyttää lämpimän käyttöveden valmistukseen tai allasveden lämmitykseen. Lämmön talteenotolla uudelleenkäytettävälle energialle on aina hyvä olla useampi mahdollinen käyttökohde. Poistoilmasta kannattaa siis ottaa talteen mahdollisimman paljon energiaa, sillä se voidaan tehdä keskitetysti yhdestä paikasta, jonka lisäksi se on myös erittäin tehokasta poistoilman korkean lämpötilan ansiosta.

Lämmön talteenotto voidaan toteuttaa usealla eri menetelmällä. Uimahalleissa on yleisesti käytössä perinteiset ristivirtalevyllämmönsiirtimet sekä vesi-glykolikiertoiset lämmönsiirtimet. Uimahallien kohdalla lämmön talteenoton haasteena on se, ettei poistoilmassa olevaa kosteutta ja epäpuhtauksia haluta siirtää takaisin tuloilmaan. Tästä syystä regeneratiivinen lämmönsiirrin, eli tulo ja poistoilmakanavien välillä pyörivä massa/kiekko, ei ole yleisesti uimahalleissa käytetty ratkaisu. Nykyisin on olemassa myös erityisesti uimahalleihin suunniteltuja lämmön talteenottolaitteita, joilla päästään erittäin korkeaan hyötysuhteeseen poistoilman lämmön talteenotossa. Levylämmönsiirtimien ja vesi-glykolikiertoisen lämmön talteenoton ongelmana on kuitenkin se, ettei kaikkea poistoilmassa olevaa energiaa pystytä hyödyntämään. Kylminä vuodenaikoina ongelmaksi voi muodostua se, että lämmön talteenotossa poistoilman kosteus alkaa tiivistyä ja tämä vesi jäätyy lämmönvaihtimien pinnalle ulkoilman ollessa pakkasella. Jäätynyt vesi madaltaa voimakkaasti lämmön talteenoton hyötysuhdetta, eikä poistoilman lämpöä voida hyödyntää tehokkaasti.

Poistoilmasta voidaan ottaa lämpöä talteen myös lämpöpumpulla. Ratkaisu vaatii sähkön käyttöä, mutta se tuottaa huomattavan määrän energiaa korkean hyötysuhteen ansiosta. Käytännössä syötetyn sähkön määrä voidaan saada jopa nelinkertaisena hyötykäyttöön lämpöenergiana. Täten esimerkiksi 10 kilowatin lämpöpumpulla voidaan saada lämpöenergiaa jopa 40 kilowatin teholla. Lämpöpumpun käytöllä voidaan laskea poistoilman lämpötila jopa ulkoilman lämpötilaan, jolloin sen lämpösisältö saadaan hyödynnettyä kokonaisuudessaan.

Lämpöpumpun käytöllä saadaan hyödynnettyä myös haihdunnassa poistoilmaan vesihöyrynä sitoutunut energia. Tämän poistoilmassa olevan vesihöyryn tulee tiivistyä takaisin vedeksi, jotta siihen sitoutunut energia vapautuu. Lämpöpumpulla tämä onnistuu viilentämällä ilma alle sen kastepisteen. Prosessissa kondensoitua vesi voidaan johtaa viemäriin, jolloin se ei aiheuta ongelmia. Poistoilman hallittu ja tehokas viilentäminen onnistuu vain lämpöpumpulla, eikä siihen voida käyttää tavallisia lämmön talteenottopattereita.

Lämpöpumpun käyttö lämmön talteenotossa mahdollistaa myös ilman kuivatuksen lämpöpumpun avulla. Tällaisesta järjestelystä käytetään myös nimitystä kondenssikuivain. Kondenssikuivaimen käyttöä tarkastellaan tarkemmin tehostamiskonseptien osuudessa.

Lämmön talteenoton tehokkuutta voidaan kuvata sen hyötysuhteella. Hyötysuhde kuvaa prosentuaalisesti sitä osuutta, mikä käytettävissä olevasta lämmöstä hyödynnetään. Teoreettisesti kaikki poistoilmassa oleva energia voidaan siirtää takaisin tuloilmaan, mutta tällaiseen tilanteeseen ei käytännössä koskaan päästä. Poikkeuksen tähän muodostavat lämpöpumput, joilla hyötysuhde voi olla jopa yli 100 %, mutta tämä johtuu siitä, että prosessissa käytetään ulkopuolista sähkötehoa. Tavanomaisilla lämmön talteenottolaitteilla (levylämmönsiirtimet ja vesi-glykolijärjestelmät) ei voida päästä 100 % hyötysuhteeseen.

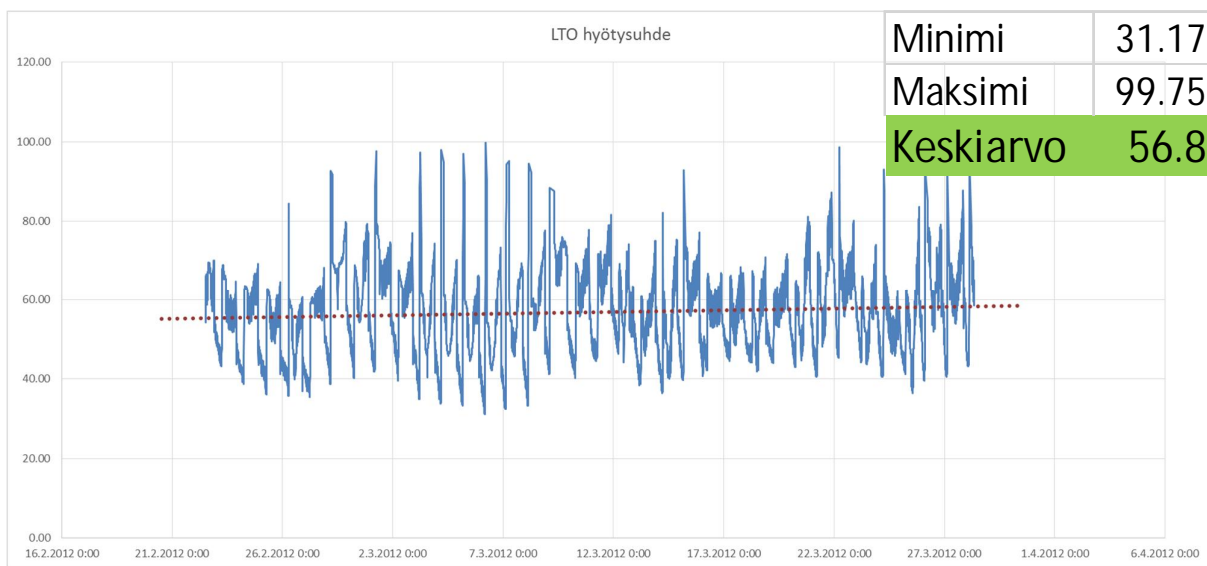
Lämmön talteenoton hyötysuhde voidaan laskea monella eri tavalla riippuen tarkastelutavasta. Tässä ohjeessa keskitymme määrittämään lämmön talteenoton poistoilman lämpötilahyötysuhdetta, mikä kuvaa hyvin poistoilman energiasisältöä. Poistoilmahyötysuhteen laskentakaava on esitetty alla. Muita laskentatapoja ei esitellä.

$$\eta_{LTO,poisto} = \frac{T_4 - T_5}{T_4 - T_1} = \frac{T_{poistoilma} - T_{jäteilma}}{T_{poistoilma} - T_{raitisilma}}$$

Kaavassa T viittaa mittauspisteen lämpötilaan (temperature) ja alaindeksi mittauspisteeseen ja sitä vastaavaan numeroon. Kaavan laskennassa tarvitaan siis mittaustuloksia poistoilman, jäteilman ja raitisilman lämpötiloista. Ladattava laskentapohja tekee syötettyjen mittaustulosten perusteella laskennan automaattisesti ja ilmoittaa keskiarvon koko mittausjakson aikaisesta lämmön talteenoton hyötysuhteesta.

Luonnollisesti haluamme lämmön talteenoton hyötysuhteen olevan mahdollisimman korkea. Tästä syystä on hyvä seurata talteenoton todellista, mitattua hyötysuhdetta. Pidemmän ajan keskiarvo kertoo lämmön talteenoton toiminnasta huomattavasti enemmän kuin hetkellinen arvo tai laitetoimittajan esittämä suunnitteluarvo. Mittaamalla hyötysuhde voidaan havaita myös mahdolliset vikatilanteet.

Esimerkki uimahallin mittaustuloksiin perustuvasta lämmön talteenoton hyötysuhteesta on esitetty kuvassa 16.



Kuva 28. Esimerkki mitatusta lämmön talteenoton hyötysuhteesta sekä sen minimi, maksimi ja keskiarvo

Ilmanvaihdon lämmitysteho

Ilmanvaihdon tuloilman lämmitys vaatii laskennallisesti noin 18 % rakennuksessa käytettävästä kaukolämmöstä. Tarvittavan lämmitysenergian määrään vaikuttaa voimakkaasti edellä esitetyn lämmön talteenoton tehokkuus ja hyötysuhde.

Uimahallien ollessa yleisesti ilmalämmitteisiä, tuloilman lämpötilan tulee olla erittäin korkea (jopa yli 10 °C allastilan sisälämpötilaa korkeampi). Lämmön talteenotolla esilämmitetty tuloilma lämmitetään haluttuun lämpötilaan viimeistään lämmityspatterilla, joka käyttää yleisesti kaukolämpöä. Tämä lämmityspatterilta lämmitettävä osuus pyritään pitämään mahdollisimman pienenä, mutta käytännössä se on kuitenkin aina olemassa. Seuraamalla lämmityspatterin kuluttamaa kaukolämmön määrää mittaustulosten perusteella, voidaan muodostaa kuva siitä, kuinka suuri osa kulutetusta kaukolämmöstä käytetään tuloilman lämmitykseen.

Lämmityspatterilta vaadittava lämmitysteho [kW] lasketaan seuraavalla kaavalla. Tehon laskennassa tarvitaan tuloilman lämpötilojen mittaustiedot ennen ja jälkeen lämmityspatterin sekä tuloilmavirran suuruus. Kyseessä ovat siis mittauspisteiden 2, 3 ja 6 tulokset.

$$Q_{patteri} = \rho_{ilma} * c_{pilma} * q_{ilmavirta} * (T_3 - T_2)$$

jossa

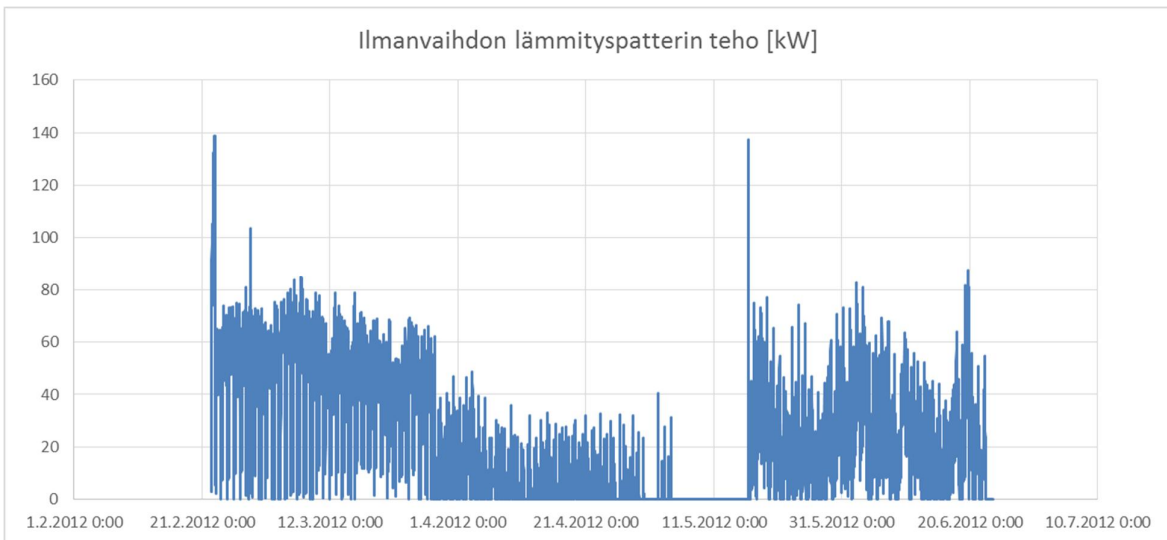
ρ_{ilma} voidaan käyttää arvoa $1,2 \text{ kg/m}^3$

c_{pilma} voidaan käyttää arvoa $1,005 \text{ kJ/(kg*K)}$

$q_{ilmavirta}$ yksikössä $[\text{m}^3/\text{s}]$

$$Q_{patteri} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} * q_{ilmavirta} * (T_3 - T_2), \text{jos käytetään yllä esitettyjä oletuksia}$$

Lämpöpatterin tehon perusteella voidaan laskea patterin kuluttama kaukolämmön määrä kertomalla hetkellinen lämmityspatterin teho mittausjakson pituudella eli kuluneella ajalla. Summaamalla näitä kulutuksia yhteen saadaan tulos kuukaudessa ilmanvaihdon kuluttamasta lämpöenergiasta. Sama tieto voidaan saada myös alakeskuksen kautta, mikäli sellainen on asennettu. Esimerkki ilmanvaihdon lämmityksen tehosta on esitetty kuvassa 17.



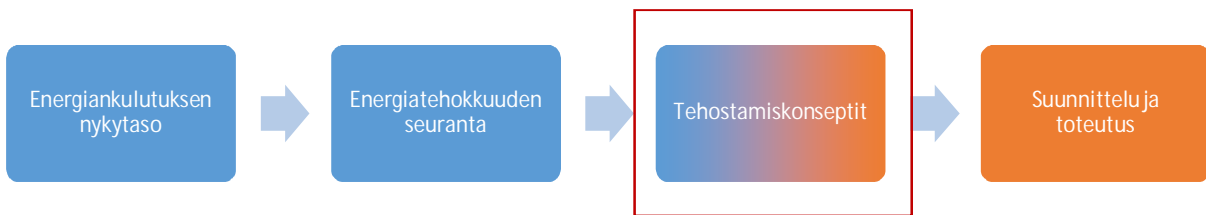
Kuva 29. Esimerkki mitatusta ilmanvaihdon vaatimasta lämmitystehosta

Tehostamiskonseptit

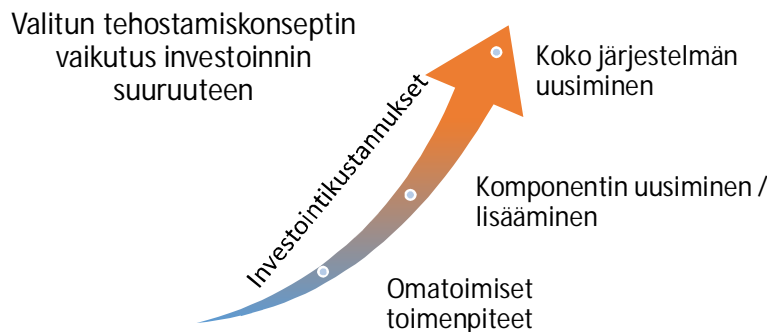
Yleistä

Uimahallin energiankulutuksen nykytilan ja energiatehokkuuden seurannan osioissa selvitettiin uimahallin energian kulutuksen jakautumista. Tämä osio esittelee uimahalleissa yleisesti käyttökelpoisia energiatehokkuuden parantamisen toimenpiteitä. Tieto siitä, miten ja mihin rakennuksessa käytettävä energia jakautuu luo pohjan oikeanlaisen tehostamiskonseptin valinnalle. Ilman oman uimahallin toiminnan tuntemista tehostamiskonseptin valinta on haastavaa ja riskialtista.

Tehostamiskonseptin valinta tehdään aina kohdekohtaisesti yhdessä alan ammattilaisen kanssa perustuen kerättyihin mittaustuloksiin. Toimenpiteitä ei saa toteuttaa omin päin ilman alan asiantuntijan lausuntoa toimenpiteen kaikista vaikutuksista uimahallin toimintaan.



Uimahallin energiankulutuksen ja varsinkin kaukolämmön kulutuksen jakautumisen tunteminen antavat erittäin arvokasta tietoa hallin toiminnasta sekä hallin henkilökunnalle että asiantuntijoille. Konkreettiset, mitatut tiedot kertovat yksiselitteisesti uimahallin energian kulutuksen nykytilan. Hallin energian kulutuksen nykytilasta voidaan etsiä ongelmakohtia, joihin voidaan puuttua. Jokaisen uimahallin kohdalla energian kulutus ja siihen liittyvät haasteet ovat erilaisia, joten jokaista hallin tulee tarkastella tapauskohtaisesti. Uimahalleissa käytetyt ratkaisut ja laitteet vaikuttavat voimakkaasti siihen, mitä tehostamiskonsepteja kyseessä olevan uimahallin kohdalla voidaan käyttää. Tehostamiskonseptin valintaan voi vaikuttaa myös niinkin yksinkertainen asia kuin fyysinen tilan puute. Energiatehokkuuden parantaminen on aina myös investointikysymys. Investointikustannukset riippuvat luonnollisesti tehostustoimenpiteen laajuudesta, joka on esitetty kuvassa 1.



Kuva 30. Periaatekuva tehostamiskonseptin valinnan vaikutuksista investointikustannuksiin

Tässä osiossa esitellään keskeisiä energiatehokkuuden tehostamiskonsepteja, joita voidaan useimmissa uimahalleissa käyttää. Erilaisten tehostamiskonseptien alla esitellään periaate, millä energian kulutusta pyritään vähentämään. Konseptin soveltuvuutta ja sen mahdollisten investointien kannattavuutta tulee kuitenkin aina miettiä tapauskohtaisesti yhdessä alan asiantuntijan kanssa.

Ilmanvaihdon toiminnan ja ohjauksen tarkistus ja päivitys

Ilmanvaihto on keskeisessä roolissa koko uimahallin toiminnan ja energiatehokkuuden kannalta. Täten ilmanvaihdon oikeanlainen ja hallittu toiminta on lähtökohta kaikkien uimahallien tehokkaalle toiminnalle. Uimahallin allastilan sisäilman olosuhteiden hallinta näkyy niin käyttäjien tyytyväisyydessä kuin energiankulutuksessakin.

Sisäilman hallittavuutta voidaan arvioida energiatehokkuuden seurannan osion mittaustulosten perusteella. Allastilan sisäilman olosuhteita seuraamalla voidaan muodostaa kuva siitä, miten hyvin sisäilman olosuhteet pysyvät asetusarvoissaan. Mikäli sisäilman olosuhteet eivät vastaa asetusarvoja ja vaihtelevat suuresti, on todennäköistä, ettei järjestelmä toimi halutulla tavalla. Hallinnassa oleva sisäilma on myös edellytys haihdunnan rajoittamiseen allastilassa.

Ilmanvaihdon toimintaa tarkasteltaessa on ensisijaisesti perehdyttävä siihen, miten ilmanvaihdon toiminta on alun perin suunniteltu. Ilmanvaihdon toimintaselostus on asiakirja, jossa sen toiminta ja ohjauserusteet on esitetty. Keskeinen tehtävä ilmanvaihdon toiminnan tehostamisessa on tarkistaa ilmanvaihdon suunnitelmat ja varmistaa, että ilmanvaihto toimii todellisuudessa niiden mukaisesti. Ilmanvaihdon tehoton toiminta voi johtua myös siitä, että suunnitelmia sen ohjauksesta ei ole toteutettu oikein. Ilmanvaihdon toiminnan lähtötilanteen tunteminen helpottaa sen toiminnan tehostamisen suunnittelua.

Tavoite ilmanvaihdon hallinnassa on muodostaa allastilaan halutunlainen sisäilma kaikissa ulkoilman olosuhteissa. Tästä syystä allastilan sisäilman hallittavuutta on tarkasteltava kokonaisuutena eri vuodenaikoina. Mitoitettavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi talven aikainen viileys ja matala kosteuspitoisuus tai kesän aikainen yllälämpeneminen.

Usein allastilan ilmanvaihdon toiminnan ja ohjauksen tarkistus sekä päivitys voidaan suorittaa ilman laiteasennuksia. Olemassa olevien laitteiden ohjauserusteet tarkistetaan ja päivitetään havaitut ongelmat silmällä pitäen.

Tarkistuksen yhteydessä on syytä tarkistaa myös automaation/järjestelmän mittalaitteiden kalibrointi. Yleisesti automaatio säätää järjestelmiä yhden mittauspisteen tulosten perusteella, jolloin tämän mittalaitteen virheellinen toiminta saattaa vaikuttaa uimahallin toimintaan merkittävästi. Tästä syystä on aina varmistettava, että järjestelmän mittalaitteet toimivat oikein ja laitteiden toiminta tarkistetaan määräajoin.

Haihdunnan rajoittaminen sisäilman olosuhteilla

Allasveden haihdunta kuluttaa huomattavan määrän kaukolämpöä uimahalleissa. Veden haihtuessa altaasta tai märiltä pinnoilta se sitoo itseensä valtavan määrän energiaa. Tämä energia on suurilta osin peräisin allasvedestä, jolloin poistuva energia on tuotava takaisin altaaseen kaukolämmöllä, jotta allas ei jäähtyisi. Tästä syystä haihdunnan suuruutta halutaan pienentää.

Haihdunnan sitoma energia on sitoutunut veden tilan muutokseen, eli faasimuutokseen. Altaassa (nestemäisenä) vetenä oleva vesi muuttuu faasiaan (olomuotoaan) ja höyrystyy vesihöyryksi. Tämä prosessi

sitoo syntyvään vesihöyryyn valtavan määrän energiaa*. Sitoutunut energia vapautuu vasta silloin, kun vesihöyry tiivistyy takaisin nestemäiseksi vedeksi. Tästä syystä haihdunnan sitoman energian talteenotto on vaativaa ja ilmiö tulee ottaa huomioon lämmön talteenotossa. Tämä tehostamiskonsepti keskittyy haihdunnan määrän vähentämiseen.

*Haihdunnassa on kyse samasta ilmiöstä kuin ihmisen hikoilussa. Ihminen hikoilee, jotta iho kastuisi. Iholla oleva kosteus haihtuu ilmaan, joka sitoo energiaa, eli käytännössä viilentää ihoa. Samalla tavalla allasveden haihdunta viilentää allasvettä.

Allasveden haihdunnan vaatimaa lämpöenergiaa voidaan havainnollistaa paremmin kuvaajalla, joka on esitetty kuvassa 2. Haihdunnan suuruus vaihtelee voimakkaasti eri uimahallien välillä, mutta sen vaatima lämpöteho on suoraan riippuvainen haihdunnan suuruudesta. Kuvassa esitetyssä tilanteessa haihtuva vesimäärä lämmitetään ensin raakavedestä (6 °C) allasveden lämpötilaan (n. 28 °C), jonka jälkeen vesi haihtuu altaasta sisäilmaan. Kuvasta nähdään, että veden lämmityksen osuus on erittäin pieni verrattuna haihdunnan sitomaan energiaan. Tämä veden lämmityksen ja haihdunnan lämmönkulutuksen suhde pysyy samana riippumatta haihdunnan suuruudesta.



Kuva 31. Allasveden haihdunnan ja haihtuvan vesimäärän lämmityksen lämmitysenergian kulutus

Konkreettisen lukuarvojen esittämiseksi valitaan haihdunnan perusarvoksi 10 kiloa haihtuvaa vettä tunnissa (kg/h). Tällöin veden haihdunnan teho on noin 6750 wattia (W) ja veden lämmityksen teho noin 250 W. Kuukaudessa 10 kg/h haihdunta kuluttaa lämpöenergiaa yhteensä noin 5 MWh. Todellinen haihdunta uimahalleissa on noin 50 – 100 kg/h välillä. Haihdunnan vaatima energia on suoraan riippuvainen haihdunnan suuruudesta, joten 50 kg/h haihdunta vaatii noin 25 MWh ja 100 kg/h noin 50 MWh lämpöenergiaa kuukaudessa. Kaukolämmön hinnan ollessa noin 66 euroa per MWh 100 kg/h haihdunta tarkoittaisi sitä, että kuukaudessa ilmaan sitoutuu haihtuneen veden mukana 3300 euron edestä lämpöenergiaa. Tämän lämpömäärän talteenotto ja hyötykäyttö ovat keskeisiä tekijöitä uimahallin energiatehokkaassa toiminnassa.

Haihdunnan suuruuteen vaikuttavat allasveden lämpötila, sisäilman kosteuspitoisuus sekä altaan pinta-ala. Koska allasveden lämpötilaa ei voida laskea kovinkaan paljoa käyttäjien viihtyvyyden kärsimättä, emme pyri rajoittamaan haihduntaa allasveden lämpötilaa laskemalla. Myöskään altaan ja tätä kautta vapaan veden pinta-alaan emme voi tehokkaasti vaikuttaa. Mitä suurempi uimahalli on, sitä suurempi on yleensä myös sen allas ja altaan pinta-ala. Vapaan veden pinta-ala on toisaalta myös uimahallin tasausaltaissa. Veden haihduntaa teknisissä tiloissa voidaan pienentää peittämällä tasausaltaat, mutta tämä vaikuttaa vain murto-osaan haihdunnan suuruudesta. Suurin osa haihdunnasta tapahtuu allasosastolla.

Allasosaston haihdunnan rajoittaminen on helpointa toteuttaa sisäilman kosteussisältöä kasvattamalla, sillä haihdunta on suoraan riippuvainen sisäilman kosteuspitoisuudesta. Mitä kosteampaa sisäilma on, sitä vähemmän haihduntaa tapahtuu. Käytännössä pyrimme pitämään sisäilman mahdollisimman kosteana asiakkaiden ja henkilökunnan viihtyvyyden kärsimättä. Lisäksi on huomioitava rakenteiden kylmät pinnat, joille kostea sisäilma voi tiivistyä. Asetelma on täten sellainen, että sisäilman kosteuspitoisuus pyritään pitämään mahdollisimman korkealla, mutta ylärajan kosteuspitoisuudelle asettavat asiakkaiden viihtyvyys sekä rakenteiden pinnoille/sisälle kondensoituva kosteus.

Yleinen ongelma uimahalleissa on se, että sisäilman kosteuspitoisuus pidetään liian alhaisena. Mikäli kosteuspitoisuuden asetusarvo on turhan alhainen, ilmanvaihto pyrkii jatkuvasti kuivattamaan ilmaa liikaa. Koska ilma on turhan kuivaa, myös haihdunta on voimakkaampaa. Turhan alhainen kosteuspitoisuuden asetusarvo siis johtaa kierteseen, jossa ilmanvaihto kuivattaa allastilan ilmaa, joka nostaa haihdunnan suuruutta, joka taas lisää ilmanvaihdon tarvetta. Ilmanvaihdon kuivatustehon ja haihdunnan välille muodostuu aina tasapainotilanne, mutta tämä tila saattaa olla paljon energiaa kuluttavaa.

Uimahallin sisäilman matala kosteuspitoisuus korostuu erityisesti kylminä vuodenaikoina. Tällöin ulkoilman lämpötila ja kosteuspitoisuus ovat hyvin alhaiset, joka vaikuttaa hallin ilmanvaihdon kuivatustehoon. Suhteessa allastilan sisäilmaan, ulkoilma on erittäin kuivaa, jolloin se kuivattaa allastilan ilmaa hyvin tehokkaasti. Kuivatusteho saattaa olla jopa liian suuri, jolloin allastilan sisäilman kosteuspitoisuus on matala. Matala kosteuspitoisuus sisäilmassa johtaa suurempaan haihduntaan.

Lämpiminä vuodenaikoina myös ulkoilmassa on enemmän kosteutta, joka näkyy myös uimahallien sisäilman kohonneena kosteuspitoisuutena. Tällöin ulkoilman kuivatusteho allastilassa ei ole yhtä voimakas, mutta toisaalta kuivatustarve on myös pienempi kesän olosuhteissa.

Ylärajan uimahallin allastilan sisäilman kosteuspitoisuudelle asettavat käyttäjien ja henkilökunnan viihtyvyys sekä rakenteiden kylmät pinnat. Käytännössä sisäilman kosteuspitoisuus kannattaa pitää energiatehokkuuden kannalta mahdollisimman korkeana haihdunnan rajoittamiseksi, mutta samalla on aina pidettävä mielessä rakennuksen kosteustekninen toiminta.

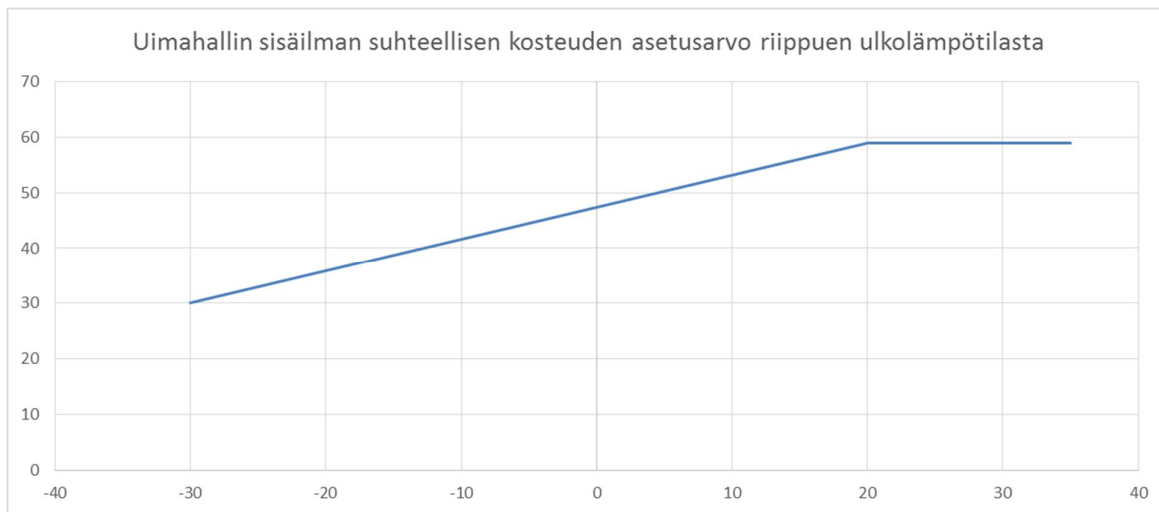
Ihmisten viihtyvyyden asettama yläraja sisäilman kosteudelle on häilyvä. Korkea suhteellinen kosteus tuntuu uimareiden kannalta mukavalta, sillä tällöin myös haihdunta ihon pinnalta on vähäisempää ja ilma tuntuu lämpimämmältä. Toisaalta uimavalvojat ja henkilökunta voivat kärsiä sisäilman liian korkeasta kosteuspitoisuudesta, sillä he käyttävät normaaleja kevyitä vaatteita työssään. Ihmisten kannalta yläraja sisäilman absoluuttiselle kosteuspitoisuudelle on 14.3 g/m^3 . Tämä vaikuttaa kesällä sisäilman suositeltaviin kosteuspitoisuuksiin.

Rakenteiden kylmien pintojen vaikutus määrää ylärajan sisäilman kosteuspitoisuudelle kylminä vuodenaikoina. Sisäilman kosteuspitoisuus ei saa olla niin korkea, että sisäilman kosteutta alkaisi tiivistyä rakenteiden kylmille pinnoille. Yleisimpiä rakenteiden kylmiä pintoja ovat ikkunapinnat, kulmat ja saumat. Nämä muodostavat hallitilassa kriittiset pisteet, joiden pohjalta voidaan päätellä, kuinka korkeaksi sisäilman kosteuspitoisuus voidaan nostaa talvisin. Joidenkin rakenteiden kohdalla kriittinen kosteuspitoisuus rakenteen pinnalla saattaa olla myös matalampi, esimerkiksi 80 %. Tällainen rakenne voi olla esimerkiksi puu, jolloin se tulee ottaa huomioon sisäilman kosteuspitoisuuden arvoja mitoittaessa.

Allastilan kriittisten kylmien pintojen löytäminen voidaan suorittaa helposti ja tehokkaasti lämpökuvauksella. Lämpökameran avulla tilasta löydetään nopeasti kylmimmät pinnat/pisteet, joita voidaan tarvittaessa lähteä tarkastelemaan tarkemmin. Lämpökuvauksella tulee suorittaa kylmänä vuodenaikana, jolloin kylmät pinnat erottuvat selkeämmin. Tällöin saadaan myös parempi arvio siitä, miten alas kylmimpien pintojen lämpötila allastilassa laskee.

Uimahallin sisätilojen kylmien pintojen lisäksi tulee tarkastella myös rakenteiden sisäistä toimintaa. Allastilan sisäilman kosteuspitoisuutta ei saa nostaa niin korkeaksi, että se muodostuisi riskiksi rakenteiden toiminnalle. Rakenteiden sisäisen toiminnan tarkastelu ja riskien arviointi vaatii aina asiantuntijan lausunnon.

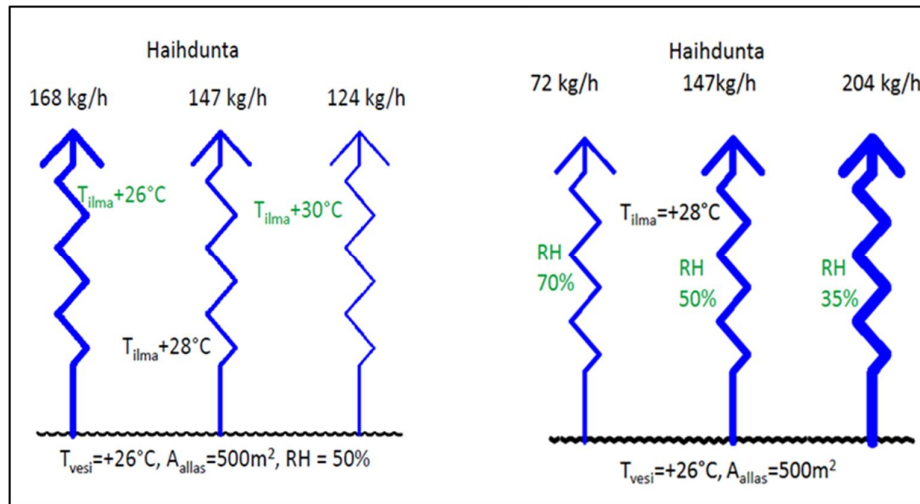
Käytännössä tilanne on sellainen, että uimahallin sisäilman kosteuspitoisuutta tulisi muuttaa ulkoilman lämpötilan mukaan. Mitä lämpimämpää ulkoilma on, sitä korkeammaksi sisäilman kosteuspitoisuus nostetaan haihdunnan rajoittamiseksi. Jokaisen uimahallin kohdalla varsinkin talven aikaisen sisäilman kosteuspitoisuuden asetusarvo tulee selvittää tapauskohtaisesti, sillä hallien rakenteet ja ratkaisut ovat hyvin erilaisia. Esimerkki uimahallin sisäilman kosteuspitoisuuden asetusarvosta suhteessa ulkoilman lämpötilaan, kun sisälämpötila on vakio 28 °C, on esitetty kuvassa 3.



Kuva 32. Esimerkki ulkoilman lämpötilan mukaan ohjautuvasta sisäilman suhteellisen kosteuden asetusarvosta

Uimahallin sisäilman kosteuspitoisuuden muuttaminen vaatii käytännössä ilmanvaihtokoneen toiminnan säätöä. Yleisesti ottaen uimahallien sisäilma on liian kuivaa, jolloin ilmanvaihdon määrää voidaan pienentää. Tämä tuo säästöjä myös sillä, etteivät ilmanvaihtokoneiden puhaltimet käytä niin paljon sähköä. Ilmanvaihdon asetusarvojen muuttaminen yllä esitetyn mukaiseksi pitäisi heijastua myös ilmanvaihdon ilmamääriin.

Kuvassa 4 on esitetty esimerkinomaisia tilanteita uimahallin allasosaston laskennallisista haihdunnan määristä. Kuvassa vasemmalla on esitetty tilanne, jossa ilman suhteellinen kosteus pysyy vakiona ja ilman lämpötilaa nostetaan. Lämpimämmän ilman kokonaiskosteussisältö on matalampilämpöistä ilmaa suurempi, jolloin haihdunta pienenee. Oikeanpuoleisessa tilanteessa tarkastellaan taas tilannetta, jossa lämpötila on vakio ja ilman suhteellinen kosteus muuttuu. Mitä korkeampi ilman suhteellinen kosteus ja täten kokonaiskosteuspitoisuus on, sitä vähemmän haihduntaa tapahtuu. Vastaavasti matala kosteuspitoisuus aiheuttaa suuremman haihdunnan.



Kuva 33. Esimerkkitalanteita uimahallin allasveden haihdunnasta erilaisissa sisäilman olosuhteissa

Haihdunnan rajoittaminen sisäilman kosteuspitoisuutta nostamalla onnistuu vain silloin, kun sisäilman olosuhteet ovat hallittavissa. Tehostamiskonseptia ei voida käyttää uimahalleissa, joissa sisäilman hallittavuus on heikko.

Palvelualueiden osastointi

Uimahalleissa esiintyy lukuisia erilaisia tiloja, joiden toiminta ja tilavaatimukset eroavat toisistaan huomattavasti. Tavanomaisiin sisätiloihin voidaan laskea uimahallirakennuksessa sijaitsevat toimistot, kahvilat ja muut tilat, joissa sisäilman olosuhdevaatimukset ovat tavanomaisen lämmitetyn rakennuksen kaltaisia. Toisaalta uimahallirakennuksessa esiintyy erittäin lämpimiä ja kosteita tiloja, joita ovat esimerkiksi saunat ja terapia-alasosastot. Tilojen viihtyvyyden ja energiatehokkuuden takia eri tilat tulee erottaa toisistaan mahdollisimman tehokkaasti.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että jos tilojen sisäilman olosuhteet eroavat merkittävästi toisistaan, ne tulisi erottaa toisistaan. Käytännössä tämä näkyy esimerkiksi siinä, että uimahallin allasosasto, terapia-allasosasto ja muut tilat on erotettu toisistaan väliseinän ja ovin.

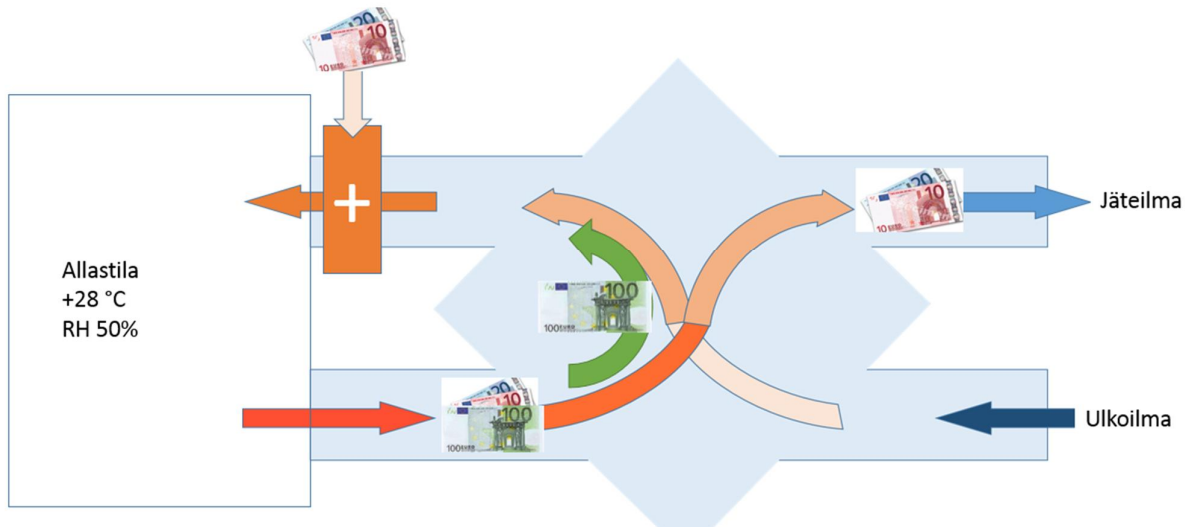
Tilojen jakaminen mahdollistaa selkeän palvelualuejaon myös ilmanvaihdossa. Kun ilmanvaihto voidaan kohdistaa vain yhteen, selkeään tilaan sen hallittavuus paranee ja vältytään hallitsemattomilta ilmavirtauksilta eri tilojen välillä. Yleinen ongelma uimahalleissa on se, että eri tiloja ei ole tarpeeksi tehokkaasti erotettu toisistaan, jolloin hallitsemattomat ilmavirrat huonontavat molempien tilojen viihtyvyyttä ja nostavat energiankulutusta.

Uimahalleissa keskeisimpiä toisistaan erotettavia tiloja ovat allasosasto, terapia-allasosasto, pesuhuoneet, saunat, pukuhuoneet sekä oheistilat, joihin kuuluvat esimerkiksi kahviot ja toimistot. Tällöin mahdollistetaan kaikkien tilojen halutunlainen toiminta energiatehokkaasti.

Tilojen erottaminen toisistaan rakenteellisesti ei välttämättä tarkoita väliseinän rakentamista tilojen välille. Uimahalleissa voidaan helposti käyttää lasirakenteita erottamaan tiloja toisistaan, joka edesauttaa tilojen avoimuuden ja viihtyvyyden tuntua.

Ilmanvaihdon lämmön talteenoton uusiminen tai tehostaminen

Uimahallien allasosaston poistoilmassa on aina valtava määrä energiaa, jota voidaan hyödyntää. Energiatehokkuuden seurannan osiossa esitetyillä mittauspisteillä selvitettiin myös uimahallin ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhde. Poistoilman suuren lämpösisällön hyödyntäminen on keskeisessä roolissa uimahallien energiatehokkaassa toiminnassa, joten lämmön talteenoton hyötysuhteen tulee olla korkea. Lämmön talteenoton toimintaa voidaan ajatella suorana säästönä, jonka periaate on esitetty kuvassa 5.



Kuva 34. Ilmanvaihdon lämmön talteenoton pääperiaate esitettynä rahavirtoina

Mikäli uimahallin lämmön talteenoton hyötysuhde on mittaustulosten perusteella alhainen, voidaan harkita järjestelmän uusimista. Järjestelmän uusiminen on usein varsin suuri projekti, mutta järjestelmän nykyaikaistaminen tuo myös huomattavia säästöjä oikein toteutettuna. Lämmön talteenoton uusimisen mahdollisuutta tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti.

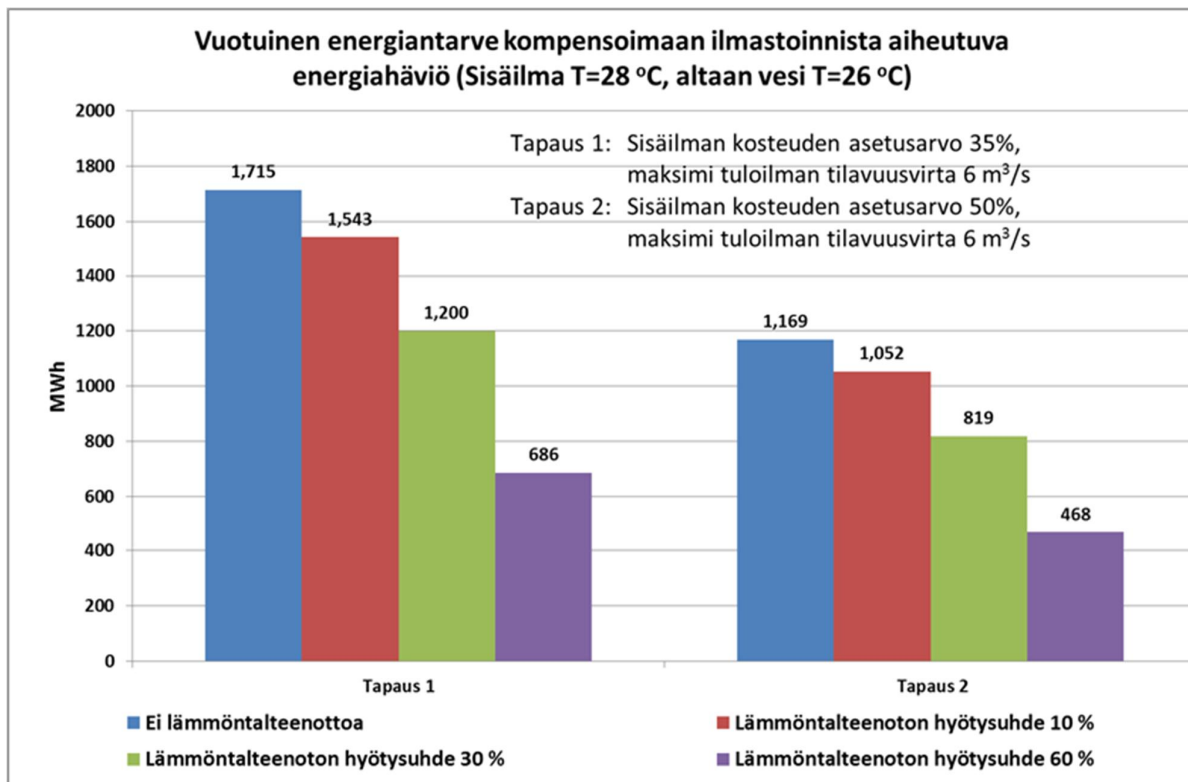
Nykyiset lämmön talteenoton järjestelmät ovat hyvin tehokkaita, mutta niiden soveltuvuus korjauskohteisiin on aina tarkistettava tapauskohtaisesti. Ongelmana saattaa olla niin erilainen järjestelmän toimintaperiaate kuin fyysinen tilan puute. Nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin pitää, että lämmön talteenoton tehokkuutta voidaan parantaa melkein kaikissa uimahalleissa.

Lämmön talteenotto poistoilmasta voidaan toteuttaa lämmönsiirtimillä tai lämpöpumpuilla. Ensimmäisen tärkeää olisi käyttää tehokasta lämmönsiirintä, joka johtaa passiivisesti poistoilman lämmön takaisin tuloilmaan. Esimerkiksi ristivirtalevyllämmönsiirtimet ovat hyviä tähän tarkoitukseen, eivätkä kuluta sähköä. Järjestelmässä voidaan käyttää myös useampia lämmönsiirtimiä tehokkuuden parantamiseksi. Passiiviset lämmönsiirtimet parantavat myös lämpöpumppujen tehokkuutta.

Toinen tapa hyödyntää poistoilman lämpösisältöä on lämpöpumpun käyttäminen. Lämpöpumpulla poistoilma voidaan viilentää tehokkaasti myös kastepisteeseen, jolloin ilman sisältämä vesihöyry alkaa tiivistymään ja luovuttaa sen sitoman energian. Tässä on kyse siitä energiasta, mikä on sitoutunut sisäilman vesihöyryyn allasveden haihtuessa. Vesihöyryn kondensoiminen voidaan toteuttaa tehokkaasti ja hallitusti vain lämpöpumpulla. Veden kondensoituminen perinteisissä ristivirta- tai vesi-glykollilämmönsiirtimissä voi aiheuttaa veden jäätymistä lämmönsiirtopinnoille, joka madaltaa lämmön talteenoton hyötysuhdetta merkittävästi. Veden kondensoituminen lämmön talteenotossa vaatii viemärointiä, joka tulee huomioida suunnittelussa.

Tehokkaimmillaan ilmanvaihdon lämmön talteenotto toimii siten, että järjestelmässä käytetään sekä lämmönsiirrintä että lämpöpumppua. Järjestelmän toiminta perustuu siihen, että lämmin ja kostea poistoilma ohjataan ensin esimerkiksi ristivirtalevylämmönsiirtimen läpi, jolloin ilma luovuttaa suuren osan lämpösisällöstään ja viilenee lähelle ilman kastepistettä. Tämän jälkeen ilma siirtyy lämpöpumpun jäähdytyspatterille, jossa ilmassa oleva vesihöyry alkaa kondensoitua ja luovuttaa sen sisältämän energian. Ilma viilenetään tässä pisteessä kastepisteeseen tai sen alle. Tämä järjestely tuottaa erittäin korkean hyötysuhteen lämmön talteenottoon ja mahdollistaa myös lämpöpumpun tehokkaan toiminnan. Lämpöpumpun jälkeen rakennuksessa poistuvassa ilmassa on enää hyvin vähän energiaa. Ilmanvaihtoon voidaan lisätä lämpöpumppu myös jälkiasennuksena.

Lämmön talteenoton toteutusmuotoja on monia ja oikean ratkaisun valinta tehdään aina kohdekohtaisesti yhteistyössä alan ammattilaisen kanssa. Pääperiaate on kuitenkin se, että rakennuksesta poistuu jäteilman mukana mahdollisimman vähän lämpöä. Kulutettu energia pyritään siis pitämään rakennuksen sisällä kierrättämällä. Esimerkki lämmön talteenoton hyötysuhteen vaikutuksesta rakennuksen energiankulutukseen on esitetty kuvassa 6.



Kuva 35. Esimerkki lämmön talteenoton hyötysuhteen vaikutuksesta uimahallin energiankulutukseen

Käytettäessä lämpöpumppua ilmanvaihdon lämmön talteenotossa, on huolehdittava myös tuotetun lämmön käyttökohteista. Ilmanvaihdon poistoilmaan sijoitettu lämpöpumppu tuottaa tehokkaasti lämpöenergiaa, jolle tulee aina löytyä sopiva käyttökohde kun lämpöpumppu on käytössä. Yleisimmin ongelmana on se, että lämpöpumpun tuottamaa lämpöä voidaan käyttää vain tuloilman lämmittämiseen. Kuitenkin lämpiminä vuodenaikoina tuloilman lämmitystarve on niin alhainen, ettei kaikkea tuotettua lämpöä voida käyttää tuloilmaan. Tällöin lämpöpumppu joudutaan kytkemään pois päältä. Ongelma saattaa esiintyä jo varsin alhaisilla lämpötiloilla, esimerkiksi kun ulkoilman lämpötila nousee yli +10 °C.

Tästä syystä lämpöpumpun tuottama energia tulisi pystyä jakamaan tehokkaasti etenkin lämpiminä vuodenaikoina. Esimerkiksi allasveden lämmitys on sopiva käyttökohde lämpöpumpun tuottamalle

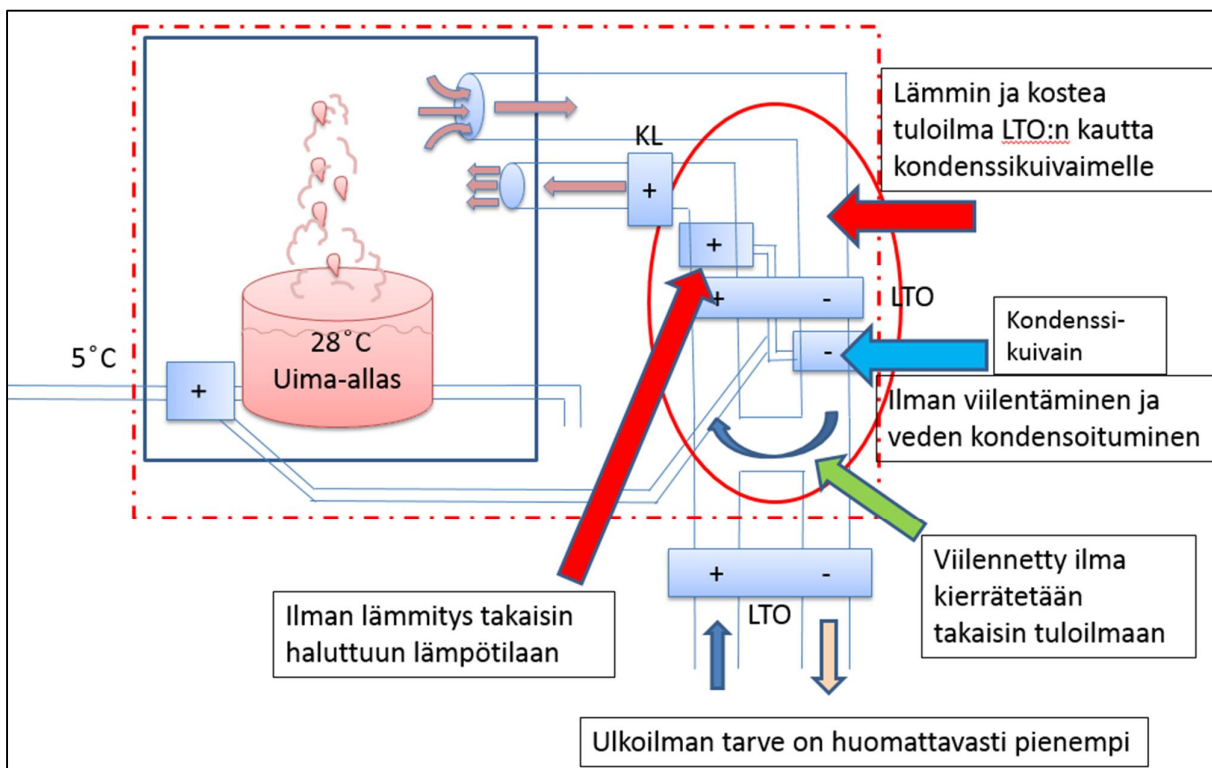
energialle, jota ei pystytä hyödyntämään tuloilman lämmityksessä. Tällöin lämpöpumppua voidaan käyttää tehokkaasti ympäri vuoden. Lämpöpumpun tuottaman energian jakaminen vaatii ohjausta, jonka suunnittelee aina alan ammattilainen.

Kondenssikuivaus

Uimahallien sisäilman kuivatus on yleensä toteutettu huuhtelemalla sisäilmaa ulkoilmalla. Ulkoilman kosteussisältö on allastilan sisäilmaa huomattavasti alhaisempi, jolloin se soveltuu ympäri vuoden allastilan kosteuden poistoon. Käytännössä lämmitettyä, kuivaa ulkoilmaa tuodaan allastilaan niin paljon, ettei sisäilman kosteuspitoisuus nouse yli asetusarvon.

Allastilan kuivattaminen ulkoilmalla vaatii kuitenkin hyvin paljon energiaa, sillä ilmanvaihtomäärät ovat suuria ja allastilan sisäilman lämpötila korkea. Täten ulkoilmaa (tuloilmaa) pitää lämmittää huomattavasti ennen kuin se voidaan puhaltaa allastiloihin. Tätä energian tarvetta voidaan pienentää tehokkaalla lämmön talteenotolla. Hallitilan kuivatus voidaan toteuttaa myös toisella periaatteella.

Allastilan ilman kuivatukseen voidaan käyttää myös kiertoilmaan yhdistettyä kondenssikuivainta. Kondenssikuivain on lämpöpumppu, joka viilentää poistoilman alle sen kastepisteen, jolloin ilman sisältämä vesihöyry tiivistyy ja ilmasta poistuu kosteutta. Tämä sama ilma voidaan käsittelyn jälkeen palauttaa takaisin tuloilmaan, jossa se lämmitetään lämpöpumpulta saatavalla energialla. Sama ilma siis käytetään matalassa lämpötilassa, jossa siitä poistuu kosteutta, jonka jälkeen se lämmitetään takaisin haluttuun lämpötilaan ja palautetaan allastilaan. Tästä syntyy suljettu kierto, jossa käytetään kiertoilmaa allastilan kuivatukseen. Kondenssikuivaimen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 7Kuva 36.



Kuva 36. Kondenssikuivaimen toimintaperiaate uimahallin ilmanvaihdossa

Allasosastolla on kuitenkin aina myös raitisilman (ulkoilman) tarve. Tästä syystä ilmanvaihto ei voi toimia pelkästään kondenssikuivaimen kiertoilmalla, vaan hallitilaan on tuotava myös riittävä määrä ulkoilmaa. Tarvittavan ulkoilman määrä tilassa on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin ulkoilmalla kuivatettavissa halleissa. Täten ulkoilmavirtaa voidaan säätää myös tarpeenmukaisesti, esimerkiksi hiilidioksidipitoisuuden mukaan. Ilmanvaihdossa on aina oltava mukana tarvittava määrä ulkoilmaa, mutta kondenssikuivaimen käyttö vähentää ulkoilman tarvetta merkittävästi.

Kondenssikuivaimen energiaa voidaan käyttää myös pelkästään raitisilman lämmittämiseen, mikäli jostakin syystä kiertoilmaa ei haluta käyttää. Tällöin kondenssikuivaimen lämpöpumppu toimii lämmön talteenottolaitteena, kuten edellisessä kohdassa.

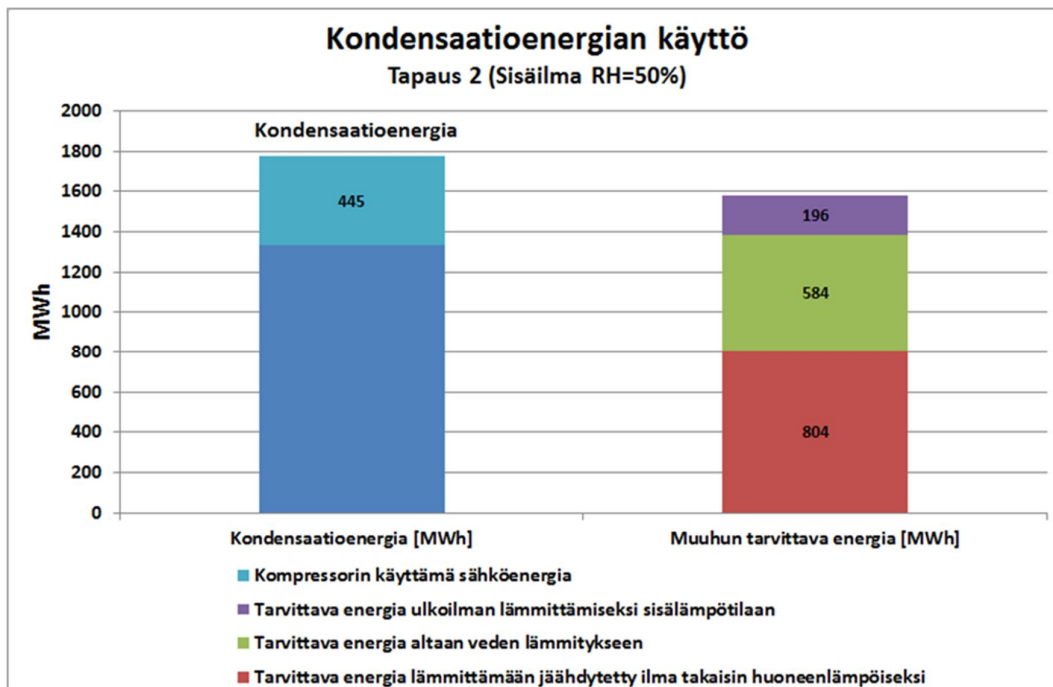
Kondenssikuivaimen lämpöenergiaa voidaan hyödyntää myös muissa järjestelmissä, esimerkiksi allasveden tai lämpimän käyttöveden lämmityksessä. Kondenssikuivain liittyy erittäin vahvasti myös ilmanvaihdon lämmön talteenottoon, sillä kondenssikuivaimen lämpöpumppu käyttää tehokkaasti hyödyksi poistoilman suuren energiasisällön. Kondenssikuivaimen käytöllä voidaan täten parantaa uimahallin energiatehokkuutta monella tasolla.

Kondenssikuivaimen lämpöpumpun vaatima sähköteho saadaan moninkertaisesti takaisin lämmitystehona. Vaikka lämpöpumppu kuluttaa aina sähköä, sen tuottama lämpöenergia on aina moninkertainen sähkön kulutukseen verrattuna. Parhaimmillaan sähköteho voidaan saada hyötykäyttöön jopa nelinkertaisena lämmitystehona. Tämä tekee kondenssikuivaimesta kokonaisuudessaan erittäin energiatehokkaan ratkaisun.

Kondenssikuivaimella tuotettu lämpöenergia voidaan jakaa useampaan eri käyttökohteeseen. Kondenssikuivaimen suunnittelussa onkin otettava huomioon kaikki prosessit, joissa kondenssikuivaimen tuottamaa lämpöä voidaan hyödyntää. Käyttökohteita on hyvä olla useampia ja erityistä huomiota kannattaa kiinnittää kesän aikaisiin kulutuksiin, sillä kondenssikuivaimen käyttö vaatii aina myös kohteen tuotetulle lämmölle.

Kondenssikuivaimen lämpöpumpun tuottaman energian jakaminen tulee huomioida samalla tavalla kuin edeltävässä lämmön talteenoton osiossa.

Esimerkki kondenssikuivaimen käyttämästä sähköstä, tuotetusta lämpöenergiasta ja mahdollisista lämmön käyttökohteista on esitetty kuvassa 8. Kuvan tapauksessa kondenssikuivaimen laskennalliseksi hyötysuhteeksi on oletettu 4.

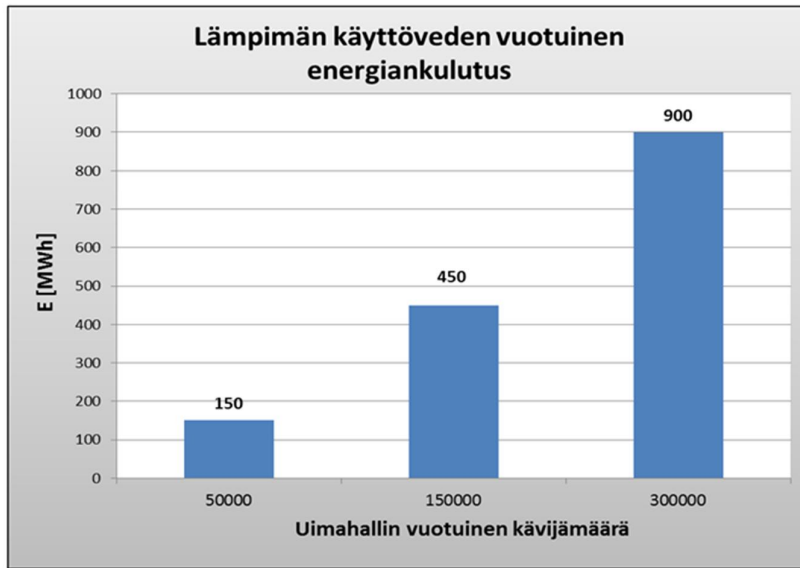


Kuva 37. Kondenssikuivaimen kuluttama sähköteho ja sen tuottama lämpöenergia sekä tuotetun lämmön mahdolliset käyttökohteet

Harmaiden vesien lämmön talteenotto

Harmaalla vedellä tarkoitetaan jätevettä, jota syntyy esimerkiksi peseytymisen yhteydessä. Vettä on yleensä paljon, mutta se sisältää vain vähän saastuttavia aineita.

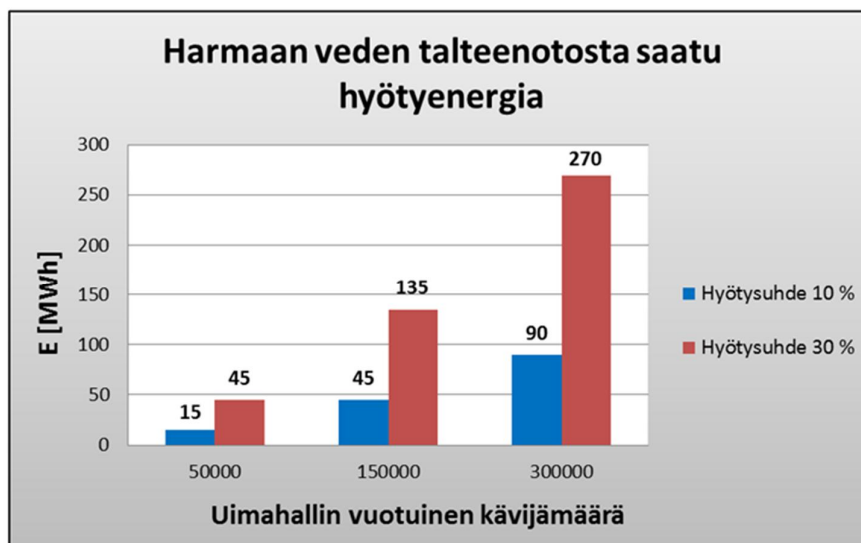
Uimahalleissa kulutetaan valtava määrä lämmintä vettä, jonka lämpösisältöä voidaan ottaa talteen. Lämpimän käyttöveden kulutus uimahalleissa on käytännössä suoraan riippuvainen hallin kävijämäärästä. Oletuksena voidaan pitää, että jokaista kävijää kohden kulutetaan 80 litraa vettä, joka lämmitetään noin 6 °C:sta 38 °C:een. Tällöin kävijää kohden veden lämmitys kuluttaa 3 kWh energiaa. Esimerkki uimahallin lämpimän käyttöveden vuotuisesta energiakulutuksesta on esitetty kuvassa 9.



Kuva 38. Esimerkki lämpimän käyttöveden vuotuisesta energiankulutuksesta uimahallissa

Lämpimän käyttöveden kuluttaman energian määrää voidaan pienentää vähentämällä veden kulutusta tai ottamalla vedestä lämpöä talteen. Vesikalusteiden vaihdolla voidaan saavuttaa noin 10 % säästö lämpimän käyttöveden kulutuksessa. Vettä säästävien kalusteiden käytössä on kuitenkin huomioitava, ettei uimahallin käyttäjien viihtyvyys kärsi pienempien vesikalusteiden virtaamien takia.

Tehokkaampi tapa lämpimän käyttöveden energiankulutuksen pienentämiseksi on ottaa käytetystä lämpimästä vedestä lämpöä talteen. Nykyaikaisilla harmaiden vesien lämmön talteenotolla voidaan päästä helposti 30 % hyötysuhteeseen. Harmaiden vesien lämmön talteenotolla voidaan esilämmittää puhdasta käyttövettä, mutta lämpöä voidaan käyttää myös muualla. Esimerkki vesikalusteiden vaihdolla ja harmaiden vesien lämmön talteenotolla saavutetusta energia säästöstä on esitetty kuvassa 10.



Kuva 39. Esimerkki vesikalusteiden vaihdolla ja harmaiden vesien lämmön talteenotolla saavutettavista energiansäästöistä

Uimahallin veden kulutus ei kuulu kosteudenhallinnan mittaustuloksilla selvitettäviin tekijöihin. Hallin veden kulutus on kuitenkin melko vakio kävijää kohden, jolloin hallin lämpimän veden kulutuksen suuruutta ja sen aiheuttamaa energian kulutusta voidaan arvioida melko luotettavasti kävijämäärän perusteella.

Esimerkkikuva harmaiden vesien lämmön talteenottolaitteesta on esitetty kuvassa 11. Lämmön talteenotto likaisesta vedestä luo haasteita, jotka on huomioitu nykyaikaisissa laitteissa.



Kuva 40. Esimerkki lämpimän käyttöveden lämmöntalteenottolaitteesta. Kuvan lähde: <http://files.kotisivukone.com/termihaukka.kotisivukone.com/kuvat/txkansijpeg>

Rakenteiden lisäeristys

Uimahallit ovat ympäri vuoden ulkoilmaa selvästi lämpimämpiä, jolloin luonnollisesti lämpöä karkaa jatkuvasti rakenteiden läpi sisältä ulos. Tämä rakenteiden läpi johtuvan lämmön osuus on uimahalleissa usein varsin pieni verrattuna muihin energian kulutuksen osa-alueisiin. Mikäli rakenteet ovat vanhoja ja/tai heikosti eristettyjä, saattaa tämä osuus kuitenkin nousta turhan suureksi.

Rakenteiden ollessa selvästi liian heikosti eristettyjä, voidaan harkita rakenteiden uusimista tai lisäeristämistä. Toimenpide on kuitenkin aina varsin suuri ja täten myös sen aiheuttama investointi. Heikosti eristetyn rakenteen lisäeristäminen voi kuitenkin tuoda merkittäviä säästäjä rakennuksen energiankulutukseen. Uimahallin rakenteiden kunto tulee aina arvioida kohdekohtaisesti alan ammattilaisen toimesta.

Uimahallin rakenteiden riittävä eristys edesauttaa myös haihdunnan hallintaa. Hyvin eristettyjen rakenteiden sisäpinnat ovat lämpimämpiä, mikä mahdollistaa korkeampien sisäilman kosteuspitoisuuksien käytön kylminä vuodenaikoina.

Muut tehostamiskonseptit

Tässä ohjeessa esitetyt tehostamiskonseptit ovat vain osa kaikista mahdollisista uimahalleissa käytettävissä olevista energiatehokkuuden tehostustoimenpiteistä. Tällä sivustolla esitetyt tehostamiskonseptit ovat tutkimustuloksiin perustuen tehokkaimpia ja helpoiten toteutettavissa olevia toimenpiteitä, joita voidaan käyttää melkein kaikissa uimahalleissa.

Uimahalliin parhaiten soveltuvan tehostamiskonseptin valinta on prosessi, jossa punnitaan erilaisten vaihtoehtojen etuja, kustannuksia ja vaikutusta viihtyvyyteen. Prosessin lähtökohta ovat mitatut

energiankulutuksen tiedot uimahallista, mutta oikeanlaisen tehostamiskonseptin löytäminen tulee tehdä aina yhdessä alan asiantuntijan kanssa.

Muita mahdollisia uimahalleissa käytettäviä tehostamiskonsepteja

- Altaan peittäminen yön ajaksi haihdunnan minimoimiseksi
- Sähkön kulutuksen pienentäminen saunan kiukaiden tehokkuutta parantamalla
- Sähkön kulutuksen pienentäminen muiden sähkölaitteiden tehokkuutta parantamalla, esim. ilmanvaihdon puhaltimet, vedenkäsittelyn pumpput jne.
- Rakennuksen muiden tilojen (ei allastilan) ilmanvaihdon tehostaminen esim. lämmön talteenottoa parantamalla

Suunnittelu ja toteutus

Yleistä

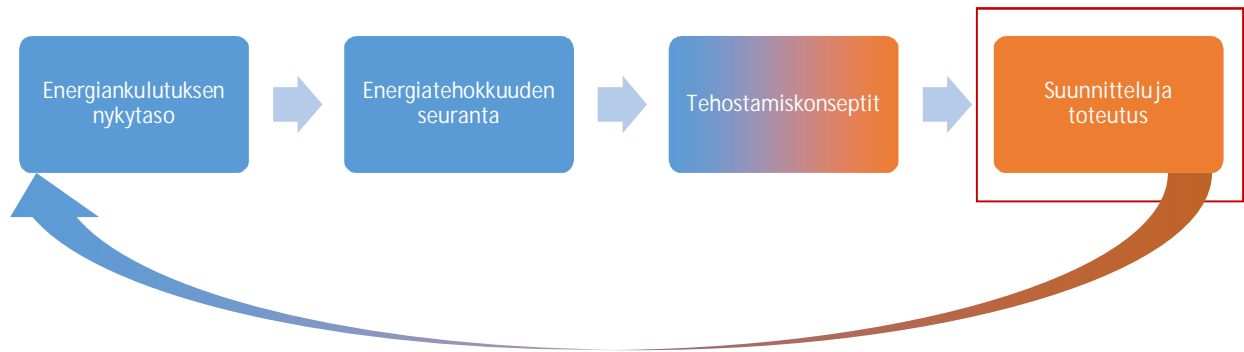
Valitun tehostamiskonseptin toteutuksen jälkeen seuranta jatketaan

Tässä ohjeessa esitetty uimahallien energiatehokkuuden parantamisen prosessi huipentuu suunnitelmien toteuttamiseen. Kun uimahallin kuukausikulutuksen taso ja kulutuksen osa-alueet on selvitetty, voidaan valita uimahallille kohdekohtaisesti paras energiatehokkuuden tehostamiskonsepti. Konseptin valinnan jälkeen työ pitää suunnitella ja toteuttaa.

Suunnittelun ja toteutuksen osuus kuuluu kokonaisuudessaan alan ammattilaisille, mutta siihen tarvitaan usein myös hallihenkilökunnan apua. Työn suunnittelu vaatii yleensä rakennuksen piirustusten ja teknisten asiakirjojen toimittamista suunnittelijoille. Tarvittavien tietojen luovutus suunnittelijoille varmistaa halutunlaisen lopputuloksen.

Suunniteltu työ toteutetaan uimahallissa, jossa se saattaa aiheuttaa käyttökatoja. Työn on siis hyvä ajoittaa hiljaisemmalle jaksolle, esimerkiksi kesälle, jolloin työn ohella voidaan tehdä myös muut huolto ja ylläpitotyöt.

Energiatehokkuuden seuranta ei tulisi lopettaa yhden tehostamiskonseptin toteutuksen jälkeen. Uimahallin toiminnan seurannan jatkaminen on keskeisessä roolissa korjausten vastaanottotarkastuksessa, jossa voidaan samoilla ohjeessa esitetyillä mittareilla todeta, onko asetetut tavoitteet saavutettu. Toiminnan seurannan jatkaminen antaa mahdollisuuden uusien ongelmakohtien havaitsemiseksi ja korjaamiseksi.



Vastaanottotarkastus ja elinkaaren aikainen tarkastelu

Kun koko energiatehokkuuden parantamisen prosessi on viety loppuun, voidaan hallin toiminnan seuranta aloittaa puhtaalta pöydältä. Seuranta ei kannata missään tapauksessa lopettaa, sillä kerättävät tiedot antavat kuvan hallin toiminnasta myös silloin, kun energiatehokkuus on kunnossa. Pitämällä mittaustuloksia silmällä ja ottamalla niiden seuranta rutiiniksi, uimahallin henkilökunta on aina ajan tasalla oman hallin toiminnasta.

Vastaanottotarkastuksessa suoritettujen energiatehokkuuden tehostamiskonseptien jälkeen on syytä mitata rakennuksen elinkaaren uusi lähtötaso. Seuraamalla tässä ohjeessa esitettyjä mittausrvoja, kun järjestelmät ovat uusia ja/tai puhdistettuja, voidaan muodostaa kokonaiskuva rakennuksen järjestelmien toiminnan lähtötasosta. Tietojen pohjalta voidaan tehdä jatkossa päätelmiä siitä, toimivatko laitteet halutulla tavalla ja arvioida laitteiden puhdistustarvetta järjestelmien tehokkuuden heikentyessä.

Vastaanottotarkastuksen yhteydessä kerättävä tieto voidaan koota "Polku energiatehokkuuteen" -osiossa esitetyle kaavakkeelle. Tällöin, jos tietoja on tämän ohjeen mukaisesti kerätty ennen tehostustoimenpiteitä, voidaan todeta ovatko tehostustoimenpiteet saaneet aikaiseksi halutunlaisen lopputuloksen.

Uimahallin jatkuva omatoiminen seuranta varmistaa hallin toiminnan koko sen elinkaaren aikana. Keskeisten tietojen hankkiminen tulee opetella vain kerran, jonka jälkeen uimahallin toiminnan seuraaminen on helppoa. Epänormaalin toiminnan havaitseminen ja siihen puuttuminen on helpompaa, kun hallin toiminta tunnetaan.