

KULUTUSTIETOJEN HYÖDYNTÄMINEN JA TOIMEN-
PIDE-EHDOTUKSET ENERGIA TEHOKKUUDEN PARAN-
TAMISEKSI KEMIN KAUPUNGISSA

Paldanius Petri

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkövoimatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Petri Paldanius	Vuosi	2018
Ohjaaja	Ins. (AMK) Marko Kukkola		
Toimeksiantaja	Kemin kaupunki Kari Pelo		
Työn nimi	Kulutustietojen hyödyntäminen ja toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi Kemin kaupungille		
Sivu- ja liitesivumäärä	63 + 17		

Energiatehokkuus kunnissa ja kaupungeissa on yleistynyt Suomessa tällä vuosikymmenellä, johtuen Euroopan unionin sisäisestä sekä kansainvälisestä päästöpoliitikasta. Suomessa energiatehokkuutta on toteutettu aloittain energiatehokkuussopimuksilla ja sen toiseen vaiheeseen siirryttiin vuoden 2017 alusta.

Tässä opinnäytetyössä tehtävänä oli selvittää Kemin kaupungin tilapalvelulle energiatehokkuussopimuksen toisen vaiheen alkutoimenpiteitä ja aikatauluja. Työn pohjalta tehtiin ehdotuksia toimenpiteistä, aikatauluista ja kartoitettiin potentiaalisia kohteita kaupungille energiansäästön näkökulmasta. Alkuvaiheessa energiankulutustietoja kerättiin ja niiden perusteella selvitettiin kiinteistöt, joissa oli eniten säästöpotentiaalia.

Tehtävänä oli myös tehdä esimerkit kahdesta kohteesta, joista selvitettiin selvät säästömahdollisuudet esimerkkinä kaupungin henkilöstölle. Esimerkkikohteista tutkittiin pelkästään sähkön kulutus ja arvioitiin mahdollisten investointien vaikutus energiansäästöön taloudellisesti. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan pelkästään kiinteistöjä ja niiden sähkönkulutusta.

Toimenpide- ja aikatauluehdotukset tehtiin omien havaintojen ja jo aikaisemmin toteutettujen energiakatselmusten pohjalta. Toimenpiteistä ja aikatauluista tehtiin ehdotuksia, joita voidaan kuitenkin hyödyntää energiatehokkuuden toisessa vaiheessa Kemin kaupungissa. Suurin hyöty työssä oli potentiaalinen osoittaminen, jonka energiansäästö toisi kaupungille sen toteutuessa.

Avainsanat energiatehokkuus, toimenpide-ehdotukset, kulutustiedot, sähkönkulutus

Technology, Communications and Transportation
Electrical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Petri Paldanius	Year	2018
Supervisor	Marko Kukkola, B.Eng.		
Commissioned by	Kemi city, Kari Pelo		
Subject of thesis	Exploitation of consumption data and procedure proposals to improve energy efficiency in Kemi city		
Number of pages	63 + 17		

Energy efficiency in towns and cities has become common in Finland in this decade, due to European Union's internal, and international emission policy. Energy efficiency in Finland is executed with specified contracts in industries and its second phase was introduced at the beginning of the year 2017.

The objective in this thesis was first to find out measures and schedules to the city of Kemi's property organisation, concerning the second part of energy efficiency contracts. On the basis of the thesis, suggestions of measures and schedules were made, and potential energy savings targets were surveyed. First, energy consumption data was gathered and based on that, the most potential saving targets were found.

The task was also to make examples of two targets, which clarified clear savings possibilities as an example to the city staff. The example targets were studied solely for electricity consumption and the potential impact of potential investments on energy savings were assessed economically. The thesis was limited to real estate, and the main emphasis was placed on their electricity consumption.

Proposals for action and schedule were made on the basis of the observations and energy audits already carried out earlier. Proposals for actions and timetables were made, that can be utilized in the second phase in the city of Kemi. The greatest benefit of the study was to demonstrate the potential that energy savings would bring to the city when it would be implemented.

Key words energy efficiency, suggestions of measures, consumption data, consumption of electricity

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	ENERGIATEHOKKUUSSOPIMUS.....	9
2.1	Kunta-alan energiatehokkuussopimus.....	11
2.2	Kemin energiatehokkuussopimus 2008-2016	13
2.3	Energiatehokkuussopimuksen toinen vaihe.....	14
2.4	Lähtökohdat sopimuksen toiseen vaiheeseen Kemissä.....	15
3	KULUTUSTIETOJEN KERÄÄMINEN ENERGIATEHOKKUUSSOPIMUKSEN TOISEEN VAIHEESEEN	19
3.1	Enerkey.....	20
3.2	Kemin kaupungin tilapalvelut	22
3.3	Kemin Satama Oy.....	23
3.4	Kemin keila- ja tennishalli	24
4	KULUTUSTIETOJEN ANALYSOINTI	26
4.1	Ominaiskulutus	28
4.2	Tilapalvelu.....	29
4.2.1	Tilapalvelun suurimmat ominaiskulutukset	30
4.2.2	Koulujen energiankulutukset	31
4.2.3	Päiväkotien energiankulutukset.....	31
4.2.4	Palvelutalojen energiankulutukset.....	32
4.3	Kemin Satama Oy:n energiakatsaus	33
4.4	Kemin Keilatalo Oy:n energiakatsaus	35
5	TERVAHALLIN LIIKUNTASALIN VALAISTUKSEN UUSIMISEN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN.....	37
5.1	Sähköenergia.....	37
5.2	Liikuntasalin nykyvalaistus.....	38
5.3	Dialux-Evo	40
5.4	Valaisimen valinta.....	41
5.5	Valaisimien syötöt ja ohjaus.....	41
5.6	Arvio energiansäästöstä	45
6	KOIVUHARJUN KOULUN SÄHKÖNKULUTUS	47

6.1	Nykykulutuksen selvitys	47
6.1.1	Valaistus.....	48
6.1.2	Lämpötilojen mittaus	49
6.1.3	Muuta huomioitavaa	50
6.2	Toimenpide-ehdotukset	51
7	TOIMENPIDE- JA AIKATAULUEHDOTUS KEMIN KAUPUNGIN TILAPALVELULLE.....	53
7.1	Toimenpiteet ja huomiot Kemini kaupungille	53
7.2	Aikataulu	56
8	POHDINTA	59
	LÄHTEET.....	60
	LIITTEET	64

ALKUSANAT

Haluan kiittää Kemin kaupungin sähköistysvastaava Kari Peloa mielenkiintoisesta mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyötä Kemin kaupungille. Samalla haluan kiittää koko Kemin kaupungin tilapalvelua, sekä ohjaajaani Marko Kukkolaa hyvistä neuvoista ja ohjauksesta opinnäytetyön tekemisen aikana.

Haluan myös kiittää perhettäni, sukulaisia ja ystäviäni, jotka ovat olleet tukena koko opinnäytetyön ajan.

lissä 11.4.2018

Petri Paldanius

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KETS	Kaupunkien energiatehokkuussopimus
KEO	Kuntien energiatehokkuusohjelma
TWh	Terawattitunti
GWh	Gigawattitunti
kWh	Kilowattitunti
R-m ³	Rakennuskuutiometri
OEK	Ominaisenergiankulutus
JSK	Johdonsuojakatkaisija
GJ	Gigajoule

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan Kemin kaupungin sekä kaupungin konserneista Keilatalo Oy:n ja Satama Oy:n energiakulutustietoja energiatehokkuussopimuksen alkuvaiheessa sekä tehdään toimintaehdotuksia näiden pohjalta. Kulutustietojen perusteella on tarkoitus tehdä erilaisia kulutus- ja ominaiskulutustaulukoita, joista voidaan päätellä rakennuksen suhteellista energiatehokkuutta.

Tietoja voidaan hyödyntää jatkossa rakennuksia koskevissa päätöksenteoissa, kuten korjaustarpeen priorisoinneissa. Lisäksi kulutustietojen vertailuilla voidaan selvittää rakennustyyppien energiankulutusta rakennustyypeittäin.

Tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää raporttina Kemin kaupungin tulevalle Motivan yhteyshenkilölle, nykyisen jäädessä eläkkeelle. Opinnäytetyön aikana autetaan lähtötietojen keräämisessä, tulkitaan kulutustietoja ja etsitään kulutustietojen perusteella toimenpiteitä vaativia kohteita.

Kohteiden löytymisen jälkeen voidaan tehdä tarvittavia toimenpiteitä ja laskea näille investointikustannukset, takaisinmaksuajat sekä energian säästö vuositasolla. Lisäksi teen oman ehdotelman energiansäästötoimenpiteistä jo katselmoiduille kiinteistöille.

2 ENERGIATEHOKKUUSSOPIMUS

Juuret Suomen energiatehokkuussopimukseen juontavat jo 1990-luvulle, jolloin energiansäästösopimuksia alettiin käyttämään energian käytön vähentämiseksi. Energiansäästösopimuksilla kannustettiin tuolloin yrityksiä ja yhteisöjä tutustumaan omiin energiankulutuksiin sekä kannustettiin tutustumaan niiden tehostamistoihin. (Motiva 2017b.)

Nykyisin energiatehokkuussopimus on osa Suomen pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategiaa. Taustalla vaikuttavat Kioton sopimus sekä EU:n ilmasto- ja ympäristöstrategia. Euroopan unionin pyrkimys onkin vuoteen 2020 mennessä saavuttaa 20 %:n energiansäästötavoite. Tämä merkitsee tavoitetta pudottaa kasvihuonepäästöjä 20 %, lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä 20 % ja vähentää energiankäyttöä 20 %. (Torvinen 2012, Edilex 2011 mukaan.)

Tärkeä vaikutus energiatehokkuussopimuksella on myös olla osa EU:n ilmasto-direktiiviä, jonka annettu tavoite Suomelle oli vuodesta 2008 vuoteen 2016 loppuun mennessä 9 %:n energiansäästö, energiamääränä 17,8 TWh, vuosien 2001-2005 keskimääräisestä energiankäytöstä. Suomessa tätä säästötavoitetta varten energiatehokkuussopimuksia toteutettiin vapaaehtoisesti, ja näin vähennettiin tarvetta pakollisesta lainsäädännöstä. (Motiva 2017b.)

Energiatehokkuussopimuksia on kaikkiaan neljää eri päätyyppiä: elinkeinoelämän, kuntien, kiinteistöalan ja öljyalan sopimukset (Kuva 1). Näihin sopimustyypeihin perustuvat kaikki tehdyt sopimukset, jotka on kehitetty vastaamaan oman alansa sopimustarvetta. (Motiva 2017b.)



Kuva 1. Energiatehokkuussopimukset (Motiva 2017b)

Energiatehokkuussopimuksen ensimmäisessä, kuin myös toisessa vaiheessa, liittyjällä on mahdollisuus energiategokkuutta edistäviin investointitukiin sekä tukeen toteutettaessa energiakatselmusta. Lisäksi sopimukseen liittyjä saa neuvontaa ja ohjausta energiategoknisissä asioissa valtio-omisteiselta Motiva Oy:ltä. Sopimus tehdään aloittain, ja tulokset säästöistä tehdään Motivalle, joka seuraa investointien vaikutusta energiategokkuuteen. Vuosien 2008-2016 aikana sopimuksen piiriin kuului yli 650 yritystä, 117 kuntaa ja 15 kuntayhtymää. Toteutunut vuotuinen energiansäästö sopimuksen ensimmäisessä vaiheessa oli 15,9 TWh ja vuotuinen kustannussäästö noin 560 miljoonaa euroa. Energiasäästöllisiin toimenpiteisiin investoitiin tuona aikana noin 1,3 miljardia euroa. (Motiva 2017 a.)

Energiategokkuussopimusta ei toteuteta muualla maailmassa, mutta Suomessa se on todettu oivalliseksi välineeksi toteutettaessa EU:n antamia päästövelvoitteita, ja niinpä tätä sopimusta lähdettiin toteuttamaan myöskin vuoden 2017 alusta sopimuksen toisena vaiheena (Motiva 2017b).

2.1 Kunta-alan energiatehokkuussopimus

Kunnat nostettiin vuoden 2009 valtioneuvoston selonteon päätöksenä merkittävään rooliin ilmastonmuutoksen vastaisessa työssä velvoittamalla kunnat tekemään ilmastostrategista työtä. Kunnilla on merkittävä rooli kasvihuonepäästöjen vähentämisessä niiden hallitessa muun muassa liikennejärjestelyjä ja jätteiden käsittelyä. Lisäksi kunnilla on vastuu ilmastonmuutoksesta tiedottamisesta ja neuvonnasta tiedottamisesta ja neuvonnasta. (Savikko 2009.)

Kunta-alan energiatehokkuussopimus on jaoteltu kahteen osaan: pienille kunnille tarkoitettuun KEO-sopimukseen ja suuremmille tarkoitettuun KETS:iin. Sopimus-kumppanina kunnilla ja kaupungeilla toimii valtio-omisteinen Motiva Oy, jolle jokainen sopimukseen liittyvä kunta on valinnut oman yhdyshenkilön vastaamaan energiatehokkuuden toteuttamisesta ja raportoimisesta. (Motiva Oy 2017b).

Kunta-alan sopimuksessa tärkeimpiä kohtia hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi ovat

- asettaa tavoitteet ja seurata niitä
- tehdä energiakatselmuksia 80 %:iin rakennuskannasta ja selvittää muut säästöpotentiaalit
- toteuttaa energiakatselmuksissa havaittuja toimenpiteitä
- kartoittaa uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämistä
- kouluttaa henkilöstöä energiatehokkaaseen työskentelyyn
- raportoida vuosittain kulutuksista ja toimenpiteistä. (Luoma 2016.)

Ilmasto-opaan mukaan kunnissa energiansäästöpotentiaali on lämmityksen osalta 15 %, sähkön osalta 7 % ja vedenkäytön osalta 7,5 %. Julkisen sektorin suurimmat kulutukset tulevat kiinteistöjen lämmityksestä ja valaistuksesta, rakentamisesta ja rakennusten saneerauksista. Energiaa kuluu näiden lisäksi muun muassa tietokoneisiin ja toimistolaitteisiin. (Ilmasto-opas 2018.)

Kunta-alan energiatehokkuussopimuksen mukaan energiansäästöksi lasketaan energian loppukäytön vähenemisen lisäksi tulevan energiankäytön estäminen. Energiansäästö (KWh/a) lasketaan energiansäästöllisen toimenpiteen toteuttamisen jälkeen ulkopuoliset tekijät vakioituna. Energiatehokkuuden määritelmänä sopimuksessa on tuotteen tai palvelun tuottamiseen käytetyn energiamäärän vähentäminen. Energiatehokkuuden toteuttamiseen voidaan käyttää teknisiä ratkaisuja tai vähentää laitteen kulutusta, muuttaa toimintamalleja tai vaikuttaa toimintaympäristöön ja käyttäytymiseen. Kuitenkin lähtökohtaisesti energiatehokkuus on riippuvainen energiansäästöstä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2008.)

Kunta-alan energiatehokkuussopimus kattaa kaikki liittyjän yksiselitteisen päättäjän alla olevat energiankulutukset. Tähän kuuluvat kaikki omistetut, vuokratut ja vuokralle annetut rakennukset. Katu- ja ulkovalaistus, vesi- ja jätehuolto, joukkoliikenne sekä omat kuljetukset ja työkoneet kuuluvat myöskin sopimuksen alaisuuteen. Energiatehokkuustoimenpiteiksi voidaan myös ilmoittaa niin sanotut kolmannen osapuolen kautta tulevat energiansäästötoimenpiteet, jotka ovat seurausta liittyjän osapuolen tekemistä päätöksistä. Tällaiseksi toimenpiteeksi voidaan laskea esimerkiksi rakennusmääräyksien tekeminen kunnan taholta entistä energiatehokkaammaksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2008.)

Kuntaliiton mukaan energiatehokkuussopimuksessa oli mukana sopimuksen ensimmäisessä vaiheessa 132 kuntaa, joka kattoi 75 % Suomen väkimäärästä. Tavoitteena kunta-alalla oli tehostaa energiankäyttöä 745 GWh, josta toteutuma oli noin 77 %. Toimien vaikutuksena hiilidioksidipäästön vuosittainen väheneminen on noin 141 kilotonnia ja rahallisesti vuosittainen säästö on noin 33,9 miljoonaa euroa. Odotettavissa on kuntien suurempi osallistumismäärä sopimuksen toisessa vaiheessa. Tavoitteena onkin saada kaikki kunnat mukaan uuteen energiatehokkuussopimuksen toiseen vaiheeseen. (Luoma 2016; Motiva 2017 b.)

2.2 Kemin energiatehokkuussopimus 2008-2016

Kemin kaupunki liittyi energiatehokkuussopimukseen vuonna 2008 allekirjoitettuaan sopimuksen työ- ja elinkeinoministeriön kanssa. Kemi liittyi kunta-alan energiatehokkuussopimus KETS:een. Sopimuksen ensimmäinen vaihe päättyi vuoden 2016 lopulla. Energiatehokkuuden ensimmäisen vaiheen asetettu tavoite oli pudottaa hiilidioksidipäästöjä 9 prosenttia ja kiinteänä tavoitteena energiasäästön tavoite oli 4,43 GWh. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2008.)

Kemin energiatehokkuuteen oli sopimuksen ensimmäisessä vaiheessa valittu työryhmä, joka koostuu kaupungin ja kaupungin konsernien yhteyshenkilöistä. Energiatyöryhmä kokoontuu kaksi kertaa vuodessa ja tarkastelee energian kuluusta sekä raportoi suunnitelmassa tehtyjä toimia oman vastualueensa osalta. Sopimuksen ensimmäisen vaiheen toimintasuunnitelma tehtiin vuoden 2016 lopulla, yhdessä Enegia Oy:n ja kaupungin energiatyöryhmän kanssa. Toimintasuunnitelmassa on kaikkiaan 27 toimenpide-ehdotusta (Liite1), joista osaa ehdotuksista oli päätetty toteuttaa ja osaa harkita. Toimenpide-ehdotukset on eritelty kaupungin eri hallinnon yksiköille, jotka toteuttavat toimia mahdollisuuksien mukaan. Iso osa toimenpide-ehdotuksista on ohjeistuksia ja kaupungin henkilöstön koulutukseen liittyvää. Näitä ensimmäisen vaiheen sopimuksen toimintaehdotuksia aiottiin toteuttaa sopimuksen toisessakin vaiheessa. (Kemin kaupungin energiatyöryhmä 2016.)

Kemissä toimintasuunnitelman mukainen tavoite oli saavuttaa 4,9 GWh:n energiansäästö. Ensimmäisen vaiheen kokonaistavoite jäi hiukan tavoitteesta, mutta kuitenkin sopimuksen mukainen velvoite 4,43 GWh täyttyi jo vuonna 2012, ja jo vuonna 2014 energiankulutus kaupungilla oli vähentynyt 8,44GWh. Tämä selittyy energiansäästötoimien lisäksi osaltaan leudoilla talvilla sekä osaltaan Kemin kaupungin rakennuskannan pienenemisellä. (Salmi 2017.)

2.3 Energiatehokkuussopimuksen toinen vaihe

Energiatehokkuussopimuksen toisessa vaiheessa lähtökohdat ovat samat kuin ensimmäisessäkin vaiheessa. Energiatehokkuussopimuksen tavoitteena on toteuttaa ja edistää Suomen ilmastostrategian mukaisia toimenpiteitä sekä saavuttaa sopimuksen mukaiset tavoitteet hiilidioksidin vähentämisessä.

Uusi energiatehokkuussopimuskausi toteutetaan vuosille 2017-2025, ja se kattaa kaksi jaksoa: vuodet 2017-2020 ja 2021-2025. Kunta-alan energiatehokkuussopimukseen liittyjä asettaa lähtökohtaisesti vähintään 7,5 %:n energiansäästötaavoitteen kaudelle 2017-2025 ja välitavoitteen 4 % vuodelle 2020. Tilastoja verrataan vuoden 2015 kulutuksiin. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.) Näiden toimenpiteiden toteuttamisessa Motiva on sopimuksessa edelleen mukana oleva auttava viranomaisorganisaatio, joka kouluttaa ja jakaa tietoa sopimuksessa mukana olevien osapuolten valitsemille yhdyshenkilöille. (Motiva 2016 b.)

Energiatehokkuusprosessin toimintakaavio sopimuksen toisessa vaiheessa käytettäväksi on Motivan mukaan seuraava:

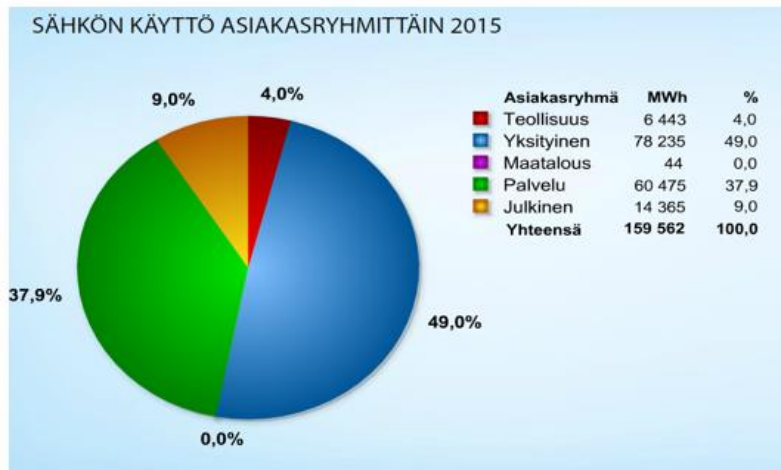
- energiankäytön nykytilan selvitys ja energiankäytön osa-alueiden tunnistaminen.
- lähtötietojen selvitys ja hankinta
- energiankäytön tehostamistoimien tunnistaminen
- tavoitteiden asettaminen
- energiatehokkuussuunnitelman laatiminen
- tehostamistoimenpiteiden vastuuttaminen ja suunnitelman jalkauttaminen
- seuranta. (Forssell 2014, 5.)

2.4 Lähtökohdat sopimuksen toiseen vaiheeseen Kemissä

Vuoden 2015 aikana Kemin kaupungin energiankulutuksesta oli tehty yhteenveto energiatehokkuussopimuksen ensimmäisestä vaiheesta, ja siitä saatujen tietojen perusteella voitiin hahmottaa pääpiirteittäin kaupungin sen aikaisen energiankulutuksen tilaa sekä lähtökohtia energiatehokkuussopimuksen toiseen vaiheeseen. Tietoja on kerätty Kemin Energialta ja Kemin Vedeltä sekä kaupungin tila-palvelulta.

Vuoden 2015 alussa Kemin energiankulutus lämmön osalta oli muuhun maahan verrattuna kohtalaisen hiilineutraalia. Kemin Energian kaukolämmön tuotosta 55 % oli hiilineutraalia, kun se muualla Suomessa keskimäärin on noin kolmannesosa. Kaukolämmön polttoaineesta 99 % oli tuotettu kotimaisella polttoaineella, joten varat tästä jäävät lähialueille. Kemin energialla kaukolämmössä oli kaikkiaan 431 asiakasta, joista asuintaloja noin puolet. Suurin osa kaupungin kerros- ja rivitaloista kuuluu kaukolämpöverkkoon, ja omakotitaloja kaukolämmön piirissä on 27 kappaletta. Kaupungin julkisista rakennuksista, kuten palvelutaloista ja liikuntahalleista kuului myös suurin osa kaukolämmön piiriin. (Salmi 2016, Kemin energian 2015 mukaan.)

Kemin Energian mukaan sähkön kulutus Kemissä oli vuonna 2015 yhteensä 159,5 GWh, josta yksityinen kulutus kattoi lähes puolet. Julkisen kulutuksen osuus kokonaissähkönkulutuksesta oli noin 9 %. (Kuva 2). Sähkölämmityksessä olevia asiakkaita vuonna 2015 oli noin 2600 kpl, ja keskimääräinen sähkönkulutus asiakasta kohti oli noin 18 000 kWh. (Salmi 2016, Kemin Energian 2015 mukaan.)

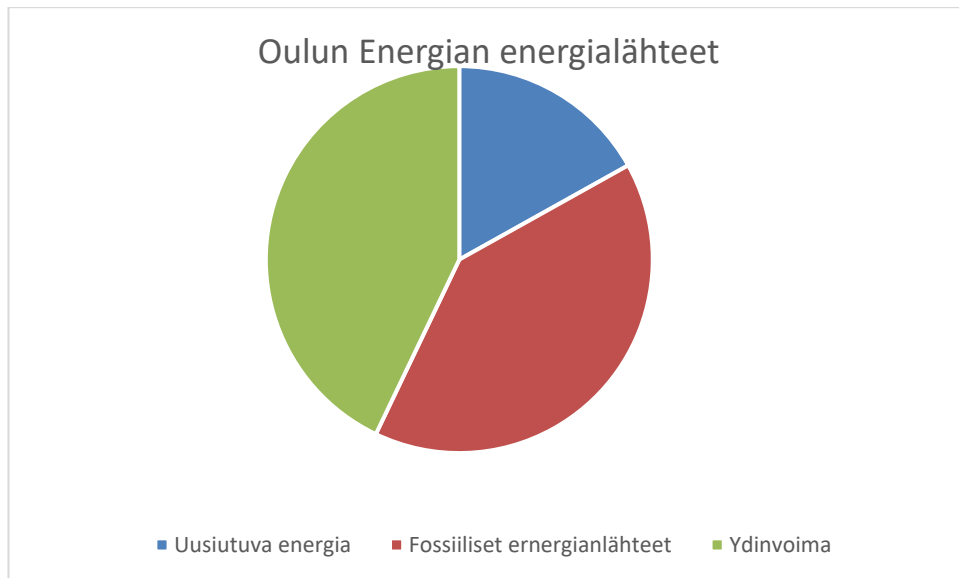


Kuva 2. Sähkön kulutus asiakasryhmittäin (Salmi 2016, Kemin Energian 2015 mukaan)

Yhtenä kohtana energiatehokkuuden toimintasuunnitelmassa mainittu valaisimien vaihto sisä- ja ulkovalaistuksessa näkyy sähkönkulutuksen pienenemisenä etenkin katuvalaistuksessa: vuodesta 2013 vuoteen 2015 katuvalojen kokonaiskulutus pieneni 267,9 MWh. Kokonaisuudessaan valaistusta on Kemin alueella uusittu vanhoista elohopea- ja hehkulamputa Led-valaisimiin sekä muihin energiatehokkaimpiin valaisimiin siinä määrin, että sähkö kulutuksen odotetaan laskevan sopimuksen toisessa vaiheessa (Kemin kaupungin energiastyöryhmä 2016; Pelo 2017).

Kemin kaupungille toimitusvelvoitettuna sähkönmyyjänä toimii Oulun Energia. Sen tuottamasta sähköstä uusiutuvilla energiamuodoilla on tuotettu 16,9 %, fossiilisilla energialähteillä 40,2 % ja loput 42,9 % on tuotettu ydinvoimalla (**Virheen lähdettä ei löytynyt.**)

(Salmi 2017.)



Kuvio 1. Oulun Energian tuotantoon käytettävät energialähteet. (Salmi 2017)

Veden toimituksesta Kemissä vastaa Kemin Vesi Oy. Asiaksmäärän oli vuonna 2015 kaikkiaan 21 701 vesijohtoverkkoon liittynyttä sekä 21 494 jätevesiverkoston liittynyttä käyttäjää. Kokonaismäärä toimitetulla vedellä oli 1,3 miljoonaa kuutiota vuositasolla. Keskimääräinen kulutus asiakkaalla päivää kohden oli 165 litraa, kun se keskimäärin Suomessa on 155 litraa. Tavoitteena Suomessa yleisesti energiatehokkuuden puitteissa on pudottaa asiakkaan keskimääräinen päiväkohtainen kulutus 100-120 litraan/vrk. (Salmi 2017, Kemin Vesi Oy 2015 mukaan.)

Lähtökohtana toiseen sopimukseen pidettiin myös aikaisemmin mainittua energiayöryhmän toimintasuunnitelmaa. Suunnitelma sisälsi toimenpide-ehdotuksena energiakatselmuksien teon kaupungin suurimpiin rakennuksiin (Liite 1). Energiakatselmuksset valmistuivatkin vuoden 2016-2017 vaihteessa sopimuskauden vaihtuessa. Katselmuksissa tehtyjä toimenpide-ehdotuksia oli tilapalvelussa alustavasti suunniteltu osittain toteutettavaksi ja osittain harkittavaksi. Aikataulusta eikä tarkempaa suunnitelmaa katselmuksissa olevista toimenpide-ehdotuksista ei ollut tehty. (Immonen 2017.)

Uuden sopimuskauden alkua varten vuoden 2015 kulutustietojen keräys oli käynnistynyt ja uusien ehdotelmien vuoksi kaupunki päätti teetättää aiheesta tämän

opinnäytetyön. Tehtävää varten oli opinnäytetyön teon lisäksi hankittu työntekijä, joka keräsi kaupungin kiinteistöjen kulutustietoja kaupungin omista järjestelmistä, laskutuksesta, kiinteistöhoitajilta sekä laskuttajilta. Aikaisemmin mainitun prosessikaavion kohdista kolme ensimmäistä vaihetta olivat tehtävänä tammi- ja helmikuussa 2017.

3 KULUTUSTIETOJEN KERÄÄMINEN ENERGIATEHOKKUUSSOPIMUKSEN TOISEEN VAIHEESEEN

Kemissä energiatehokkuussopimuksen toisen vaiheen alkuvaiheessa oli ensimmäisenä tehtävänä kerätä kiinteistöistä alkutiedot Motivalle. Alkutiedot uuteen energiansäästö sopimukseen tuli kerätä vuodelta 2015. Tietoja verrattiin vuosien 2016-2025 aikana tapahtuneisiin energiansäästöllisten toimenpiteiden tuottamiin lukuihin. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.)

Kulutustietojen keräämistä voidaan myös käyttää tässä vaiheessa hyötynä rakennusten energiatehokkuuden määrittämisessä. Osana kiinteistöjen ylläpitoa, kulutustietoja keräämällä voidaan määrittää poikkeamia rakennusten energiankulutuksissa. Poikkeamien syihin tulisi puuttua nopeasti ja niiden aiheuttaja korjata. Energiankulutuksen äkillinen poikkeama ihannearvoista saattaa johtuakin kiinteistönhoidon laiminlyönnistä. (Virta & Pylsy 2011, 47.)

Nopean reagoinnin edellytys on kulutustietojen riittävän tiheä seuraaminen. Kulutustietojen kerääminen onnistuu sitä helpommin, mitä enemmän sitä on toteutettu etäluettavilla mittareilla ja kulutuksen seuranta käsittelevillä ohjelmistoilla. Kulutustiedoista saadaan sitä tarkempi tieto, mitä enemmän on asennettu etäluettavia mittareita ja kuinka tarkkaan ohjelmistosta saadaan kulutuksen tiedot. (KH-kortisto 2004.)

Kemissä kulutustietojen keräämiseen vuodelta 2015 osalta on panostettu, jotta energiankäytön seuranta voitaisiin toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti. Kemissäkin syy energiankulutuksien seuraamiseen oli energiatehokkuuden lisäksi kulutuksien poikkeamien seuranta. Ongelmia kulutustietojen keräämisessä aiheutti lähinnä toimintojen päällekkäisyys, jossa kaupungin konserni on vuokralla, tai omistaa kaupungin ennen omistaman kiinteistön. Myöskin kulutusmittareiden kohdistukset tiettyihin kiinteistöihin eivät ole aina selkeitä, johtuen kulutusmittareiden kattavan useamman kiinteistön, joissa voi olla useita eri käyttäjiä. Lait yksityisyydestä kulutustietojen kohdalla estävät osittain tietojen hankintaa edellä mainituilta kohteilta. (Pelo 2017.)

Energiankulutuksen tietojen kerääminen tapahtui työn aikana käyttämällä kaupungin omaa tietojärjestelmää, josta ison osan kiinteistöjen sähkön-, ja kaukolämmön kulutuksista selvisi. Veden osalta mittarit luetaan pääosin käsin, joten tulokset olivat osittain heitteleviä. Veden kulutuksen oikeellisuus pystyttiin kuitenkin tarkistamaan laskuttajalta, Kemin Vesi Oy:ltä.

Kaupunkien konsernien kulutustiedot eivät olleet tilapalvelun tiedossa, joten tietoja selvitettiin konsernien toimesta laskuttajien kautta. Kulutustietojen selvittäminen konsernien osalta oli varsin pitkäkestoista, sillä heillä ei ollut käytössä kulutuksien hetkellisiä tietoja.

Kulutuksen lisäksi tuli kerätä myös tiedot kiinteistöjen tilavuuksista ja alat niin netto- kuin bruttoyksiköissäkin. Tiedot olivat olemassa tilapalvelun osalta tietojärjestelmissä, mutta osan konsernien vuosikymmeniä vanhojen rakennusten tilavuus- ja alatiedot olivat kadonneet vuosien saatossa. Niinpä kiinteistöistä oli jouduttu suorittamaan uudet tilavuus- ja alamittaukset.

3.1 Enerkey

Kemin kaupungilla on energiankäytön seurannassa ja -raportoinnissa käytössä Enegia Oy:n kehittämä Enerkey-seurantajärjestelmä. Energianseuranta tapahtuu selaimessa, johon käyttäjillä on omat henkilökohtaiset tunnukset.

Enerkey-järjestelmä tuottaa tietoa energian käytöstä ja energian kustannuksista. Tietoa kulutuksista saadaan järjestelmästä vuosi-, kuukausi-, päivä- tai tuntikohtaisesti, ja Enerkey-ohjelmiston käyttäjä voi halutessaan valita tarkasteltavan energianlajin kulutustiedon tietylle ajanjaksolle. Lisäksi Enerkey voidaan laittaa tekemään hälytyksiä äkillisistä kulutuspiikeistä. Raportti voidaan siirtää suoraan Excel-taulukoksi tai pdf-raportiksi (Kuva 3). Uusi Enerkey aloitti toiminnan vuoden 2017 alussa. (Enerkey 2017.)



Kuva 3. Enerkeyn vuosiraportti Kemin kaupungintalosta

Järjestelmä käyttää kuluttajille asennettavia etäluettavia mittareita. Näin on Keminissä kaukolämmön sekä sähkön osalta, mutta veden kulutustiedot on syötettävä järjestelmään käsin. Tätä varten on jokainen kiinteistöhoitaja ohjeistettu ottamaan veden mittarilukema ylös ja syöttämään se järjestelmään.

Ongelmia käsin syötössä on ollut, sillä laskuttajalla on kiinteistöistä hyvinkin eri lukemat verrattuna Enerkeyssä oleviin tietoihin. Tämä johtuu todennäköisesti tiedonsyötön käytön puutteesta, koska järjestelmä on uusi ja käyttäjillä ei vielä ole tarpeeksi kokemusta sen käytöstä. Myöskään järjestelmän toimivuudesta itsessään ei ole vielä varmuutta. (Pelo 2016.)

Enerkey on käytössä kaupungin tilapalvelulla, mutta ei vielä Satama Oy:llä eikä Kemin Keilatalo Oy:llä. Edellä mainitut konsernit, jotka liittyvät energiatehokkuussopimuksen toiseen vaiheeseen, aikovat testata Enerkeyn kulutuksenseuranta-järjestelmää. (Pelo 2017.)

3.2 Kemin kaupungin tilapalvelut

Kemin kaupungin tilapalvelu on Kemin kaupungin omistama liikelaitos. Tilapalvelut hallinnoi kaupungin suoraan omistamia rakennuksia. Tilapalvelu käsittää muun muassa kouluja, päiväkoteja ja palvelutaloja, kaikkiaan yhteensä 48 kappaletta. Tilapalvelun vastuuna on huolehtia kaupungin suoraan omistamien rakennusten kunnossapidosta, saneerauksista sekä tuottavuudesta. (Kemin kaupunki 2017.)

Tilapalvelun energiankulutustiedot on kerätty kiinteistöstä, joita kaupunki hallinnoi. Ulkopuolelle on jätetty ainoastaan muutama kaupungin eteenpäin vuokraama kiinteistö, joista tieto on hankalammin saatavilla lakiteknisistä syistä. (Pelo 2017.)

Lisäksi kaupunki teetätti vuonna 2015 kahteentoista suurimpaan rakennukseen energiakatselmukset. Näissä katselmuksissa suoritettiin katselmusten mukaiset mittaukset ja tulosten analysoinnit. Katselmuksissa tehtiin myös jokaiselle rakennukselle omat energiatehokkuutta edistävät toimenpide-ehdotukset. (Pelo 2016.)

Tilapalvelun kokonaiskulutukset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tilapalvelun energiankulutus 2015 (Enerkey 2017; Kemin Vesi Oy 2017)

Tilapalvelu	
Rakennukset (kpl)	48
Kaukolämpö (MWh/a)	14624,777
Vesi (m ³ /a)	49347
Sähkö (kWh/a)	7066588
Tilavuus (m ³)	378248
Kerrosala(m ²)	83251
Huoneistoala (m ²)	75739

Tilapalvelun kulutustiedot saatiin koottua kokonaisuudessaan alkuvuodesta 2017, ja tiedot näkyvät opinnäytetyön liitteestä 2. Vedestä on taulukoitu sekä Enerkeyltä että Kemin Vedeltä saadut tiedot. Aikaisemmin mainittujen ongelmien vuoksi Motivalle ilmoitetaan Kemin Vesi Oy:ltä saatu kulutuslukema sen paremman luotettavuuden vuoksi.

3.3 Kemin Satama Oy

Kemin Satama Oy on Kemin Ajoksessa toimiva satamapalveluita tuottava yritys, jonka tehtäviin kuuluu muun muassa sataman viranomaispalvelut, alusten huolto, alusten irrotus ja kiinnitys ja kaikki satamassa sijaitsevien kiinteistöjen kunnossapito. Lisäksi satama tarjoaa aluksille hinaus- ja jäänmurtajapalvelua. Matkailijoille palveluitaan tarjoaa satamassa sijaitseva, maailman ainoa matkailutoiminnassa käytettävä jäänmurtaja, Sampo. (Satama Oy 2017.)

Satama Oy omistaa kaikkiaan 8 kiinteistöä, joista alkutiedot on kartoitettu alkuvuodesta 2017, Satama Oy:n oman henkilöstön toimesta. Rakennukset ovat osin vanhoja ja niistä ei ole käytössä piirustuksia, joten tilavuus- ja alatiedot on osin suoritettu käsin mittaamalla. Kulutustiedot oli saatu laskuttajilta, eikä satamassa ollut käytössä omaa energianseurantalaitteistoa. Kemin Satama Oy liittyi energiatehokkuussopimukseen vuoden 2017 alussa. (Pelo 2017.)

Kemin Satama Oy:n kulutustiedot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Satama oy kulutustiedot (Keränen 2017).

Rakennukset	Kulutus Vesi(m ³ /a)	Kulutus sähkö(kWh/a)	öljyn- kulutus (l/a)	rakennusti- lavuus (r- m ³)	raken- nus- ala(m ²)
Satamatalo	423	11121	31515	3306	1010
Kunnossapito tsto	46	39005	0	252,2	101
Kunnossapito varasto	0	0	0	170	81
Satamavalvojen tilat	121	57466	0	407,5	163
Merimieskirkko	0	6923	0	437	174
Kalasadama	659	69000	0	375	150
Mansikkanokan laituri	1515		0		

Sataman varastojen nollatiedot eivät ole virheitä mittauksissa, vaan ne johtuvat siitä, että varasto on kylmillään. Sataman merimieskirkon veden kulutuksista ei löytynyt tietoja, ja tietoja kerättyä oli käynyt ilmi, että mittaritieto vedelle on sama merimieskirkolle sekä satamavalvojen tilalle. (Keränen 2017)

3.4 Kemin keila- ja tennishalli

Kemin keila- ja tennishalli, viralliselta nimeltään Kemin Keilatalo Oy, liittyi energiatehokkuussopimukseen vuoden 2017 alussa. Yhtiöllä on yksi rakennus Kemin Tervaharjunkadulla, ja se kattaa tennishallin sekä keilahallin. Keilahallin puolella on pieni kahvio sekä kokoontumistila. Rakennus on valmistunut vuonna 1987 yksityisenä, ja kaupunki on lunastanut sen myöhemmin itselleen. (Tarkiainen 2017.)

Keilahallin kulutustiedot olivat löytyneet vaivattomasti. Yhtiöllä on vain yksi rakennus, joten kulutustiedoissa ei ole epäselvyyksiä. Kemin Keilatalo Oy:n kiinteistössä ei ole rakennusvaiheessa juuri huomioitu käyttö- ja ylläpitokustannuksia. Tämän osoittaa muun muassa rakennuksen sijainti noin kymmenen päässä kaukolämpöverkostosta, kuitenkin siihen kuulumattomana. (Tarkiainen 2017.)

Keilatalon keila- ja tennishalli käyttää lämmitykseen pelkästään sähköä. Rakennuksessa on keilahallin puolella sähköpatterit, ja tennishallin lämmitys on toteutettu katossa sijaitsevilla säteilylämmittimillä. Vuonna 2010 Kemin Keilatalo Oy teetätti kiinteistönsä energiakatsauksen, jonka perusteella parannettiin rakennuksen energiatehokkuutta. Vuoden 2010 jälkeen oli parannettu tennishallin säteilylämmittimien tehokkuutta kattoon sijoitetulla kiertoilmatuulettimilla. Lisäksi parantavina toimenpiteinä oli muun muassa pienennetty kulkuovia, lisätty eristeitä ja suunnitelmissa on vaihtaa keilakoneet uudenpiin noin 50% energiatehokkaampaan laitteistoon.

Keilahallin valaistus on toteutettu päälle/pois-kytkimillä ja valaistusta oli osittain uusittu. Valaistuksen uusiminen ja järjestelmien modernisointi ei ollut ollut kannattavaa vielä vuonna 2010, mutta nykyisten parantuneiden ja halvempien valaistusratkaisujen ollessa markkinoilla aiottiin aiheeseen palata. (Tarkiainen 2017.)

Kemin Keilatalo Oy:n kulutustiedot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Kemin Keilatalo Oy, kulutustiedot 2015 (Tarkiainen 2017)

Kemin keilatalo Oy	Vesi (m ³ /a)	Sähkö (kWh/a)	Tilavuus (m ³)	Huoneistoala (m ²)
Mitatut tiedot	254	225056	16222	2519

kahden kuukauden jaksoa edellisvuoden vastaavaan. (Virta & Pylsy 2011, 35-37.)

Veden kulutuksen poikkeama on helppo havaita kohteista, joissa tiedetään, ettei yöllä kiinteistössä pitäisi olla kulutusta. Tällöin tuntikohtainen kulutuksen seuranta paljastaa mahdolliset vuodot ja tällöin mahdolliset vauriot pystytään estämään. Etäluettavan mittauksen ja seurantajärjestelmän, jossa on hälytystoiminto, voidaan ohjelmoida hälyttämään vedenkulutuksesta aikana, jolloin kulutusta ei pitäisi olla. (Mäkelä 2016.)

Lämmityksen osalta vertailussa pitää ottaa huomioon ulkoiset tekijät, kuten sen aikainen ulkolämpötila, koska lämmityksen tarve on suoraan verrannollinen ulkona vallitsevaan lämpötilaan. Kiinteistöjen lämmityksen kulutusta voidaan vertailla sen edellisvuoden kulutukseen ja vertailua voidaan tehdä myös kiinteistön laskennallisen lämmitystarpeen avulla. Kaukolämmön kulutukseen vaikuttaa osittain myöskin veden kulutus. (Motiva 2016a.)

Sähkön osalta kulutusta voidaan vertailla aikaisempien ajanjaksojen kulutuksiin ja poikkeamia voidaan etsiä tätä keinoa avuksi käyttäen. Energiansäästöpotentiaalain löytämiseen sähkön osalta voidaan käyttää vastaavien rakennusten kulutustietoja. Sähkön kulutus on myös osittain verrannollinen veden kulutukseen kiinteistössä, joissa vettä lämmitetään sähköllä. (Motiva 2016c.)

Kulutuksien vertailu saaduilla tiedoilla voidaan toteuttaa vertaamalla niitä vastaavien kiinteistöjen kulutuksiin. Tällöin on otettava huomioon rakennuksen käyttöaste, ulkolämpötila sekä rakennuksen koko. Suhteellinen kulutus saadaan selvittämällä rakennuksen kulutus suhteessa sen alaan tai tilavuuteen. Tällöin vertailtavien rakennusten kulutuksia on helpompi käsitellä ja vertailla. (Motiva 2016a.)

4.1 Ominaiskulutus

Ominaisenergiankulutus(OEK) on paljon käytetty käsite etenkin teollisuudessa. Sillä mitataan esimerkiksi kappaleen valmistuksen käytetyn energian ja tuoteyksikön suhdetta. Sillä voidaan laskea esimerkiksi energian kulutus tuotetulle tonnille (Gj/tuotetonni), hyötysuhde energian tuotannolle (tuotettu GJ/kulutettu GJ) tai kiinteistön hyötysuhteelle, joko rakennusneliötä tai -kuutiota (KWh/r-m² tai KWh/r-m³) kohden. (Etelä-Suomen Prosessisysteemi Oy 2018.)

Ominaiskulutus on energiatehokkuussopimuksessa mainittu energiatehokkuutta kuvaava indikaattori, jota ei kuitenkaan yksistään voi käyttää energiatehokkuuden mittarina. Pelkästään tehon ja rakennusalan tai -kuution suhde ei kerro totuutta rakennuksen todellisesta energiahyötysuhteesta. Esimerkiksi kiinteistöillä aukioloaikojen muutos muuttaa rakennuksen ominaiskulutusta. Ominaiskulutus voidaan kuitenkin laskea energiansäästöksi, jos sen paranemiseen on vaikuttanut yksi tai useampi energiatehokkuutta parantava toimenpide. Ominaiskulutus ei myöskään kerro todellista hyötysuhdetta sellaisissa kohteissa, joissa energian käyttöä tapahtuu kiinteistön ulkopuolella. Näitä kohteita ovat esimerkiksi urheilukentät ja ulkotapahtumakiinteistöt. (Motiva 2017a.)

Ominaiskulutuksen ja energiankulutuksen tiedoilla voidaan myös tehdä taloudellisia määrittämiä kiinteistöjen kustannuksista. Kaukolämpö rakennuksen lämmityksessä on taloudellisesti kannattavampaa kuin sähköllä tai öljyllä toimiva lämmitysjärjestelmä, johtuen kaukolämmön huomattavasti pienemmästä megawattituntihinnasta Kemissä. (Verronen 2017.)

Kiinteistöjen ominaiskulutustiedot on kerätty Motivan toimesta taulukoiksi energiaryhmittäin (Liite 3). Taulukossa on vertailujen tekemisen kannalta laskettu rakennusten mediaanit ominaiskulutukset kaikkiaan 1372:sta energiakatselmoiduista kohteesta ja laskennassa on käytetty kiinteistöjen rakennustilavuutta (r-m³).

4.2 Tilapalvelu

Tilapalvelun kulutustietojen keräämisen jälkeen huomattiin, että tuloksissa oli virheellisiä tietoja, jotka johtuivat mittausvirheistä, virheellisestä tietojen keruusta sekä laitteiden säädöistä. Energiankulutuksen seuranta edellyttääkin oikeellisia mittaustuloksia, jotta kulutukseen pystytään vaikuttamaan paremmin. Kulutustiedot kuitenkin korjattiin vuoden 2015 osalta.

Kulutustietojen keräämisen jälkeen muodostettiin Kemin kaupungin tilapalvelun kiinteistökannasta ominaiskulutustaulukot vedelle, lämmölle ja sähkölle (Liite 4). Kulutuksia vertailtiin ja ominaiskulutukseen vaikuttavista ympäristötekijöistä, kuten aukioloajoista tai käyttömääristä haastateltiin sekä kaupungin kunnossapitopäällikköä että rakennusmestaria.

Kemin kaupungissa ei ollut tehty vertailuja ominaiskulutuksilla rakennusten energiankäytöstä, lukuun ottamatta vuoden 2016 loppuun mennessä valmistuneilla rakennusten energiatodistuksilla (Pelo 2016).

Käytetyn veden, sähkön ja kaukolämmön hinta saatiin tilapalvelun kirjanpidolta ja vertailtaessa kulutuksia saatiin selville myös taloudellisesti suurimmat suhteelliset kulutukset (Liite 5).

Veden käytön vaikutusta kaukolämmön tai sähkön kulutukseen laskettiin kaavalla:

$$Q_{lkv} = 58 \times V_{lkV} \quad (1)$$

Missä

Q_{lkv}	on	lämpimän käyttöveden energiankulutus
V_{lkV}	on	kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m ³ /vuosi)
58	on	veden lämmitykseen tarvittava kilowattituntimäärä vesikuutiota kohden, kun lämpötilan muutos on 50 °C.

Veden lämmityksen sekä kaukolämmön suhteesta kiinteistön kokonaisenergiankulutukseen tehtiin myös taulukko (Liite 6), josta voidaan tulkita näiden energiankulutuksien suhteita ja vaikutuksia.

4.2.1 Tilapalvelun suurimmat ominaiskulutukset

Tilapalvelussa suurin ominaiskulutus oli Kemin uimahallilla (Taulukko 4). Kulutus ei kuitenkaan ole vertailtuna valtakunnan muihin uimahalleihin mitenkään suuri. Esimerkiksi euromääräiset energiakustannukset kävijää kohden vuonna 2015 olivat alle yhden euron kävijää kohden, mikä muihin uimahalleihin verrattuna oli edullinen. (VTT.)

Ominaiskulutuksissa toiseksi suurin kulutus oli palvelukoti meripuistossa, mutta kunnossapitopäällikön mukaan kyseessä oli mittausvirhe kaukolämmön osalta (Verronen 2017).

Tilapalvelun kolmanneksi suurin ominaiskulutus oli Kivikon pirtin palvelukodilla. Tutkimalla energiankulutusta ja tilapalvelun materiaalia kohteesta oli rakennustekniikka, lämmitys- ja sähkötekniikka kunnossa. Veden kulutus oli kuitenkin erittäin suuri verrattuna vastaaviin rakennuksiin, ja teoreettisella vedenkulutuksen kaavalla laskettuna kiinteistön kulutuksesta noin 40 % kului veden lämmittämiseen.

Taulukko 4. Suurimmat kokonaisenergian ominaiskulutukset tilapalvelulla

Suurimmat ominaiskulutukset	Energiaa KWh/r-m³
Uimahalli	150,87
Palvelukoti Meripuisto	119,39
Konekeskus	100,18
Kivikankaan palvelukoti	98,55
Peurasaaren päiväkot	96,62

4.2.2 Koulujen energiankulutukset

Koulujen suurin ominaiskulutus oli Kivikon koululla (Taulukko 5), joka on Kemin kouluista uusin. Koululle oli vasta tehty saneeraus ja se aukesi alkuvuodesta 2016. Osaltaan iso energiankulutus selittyy tehdyn remontin seurauksena.

Vertailtuna koulukiinteistöjä valtakunnallisesti katselmoituihin kouluihin (Liite 3) on Kivikon koulun lämmönkulutus noin 32 % korkeampi mediaania. Myöskin veden ominaiskulutus on korkeampi valtakunnallista mediaani-arvoa, joka samankaltaisilla rakennuksilla on noin 20 % pienempi.

Koivuharjun koulun suuri energian ominaiskulutus selittyy sen lämmityksellä. Koulu on vanha, 1900-luvun alussa rakennettu kaksiosainen hirsikoulu, jonka lämmitysmuotona toimii suora sähkö. Muut koulut sijoittuvat ominaiskulutukseltaan mediaaniarvojen tasolle, tai jopa sen alle.

Taulukko 5. Kemin koulujen ominaiskulutusvertailu

Koulut	Energia KWh/r-m³
Kivikon koulu	65,12
Koivuharjun koulu	64,75
Keskuskoulu	49,66
Kemin lyseon lukio	41,13
Karihaaran koulu A	40,69
Karihaaran koulu B	37,63
Syväkankaan koulu	34,87
Hepolan koulu	34,3

4.2.3 Päiväkotien energiankulutukset

Päiväkodeista energiankulutustiedot olivat hyvin saatavilla ja niistä muodostettiin oma ominaiskulutustaulukko (Taulukko 6). Tietoja vertailtiin ominaiskulutuksiltaan Motivan mediaaneihin ominaiskulutuksiin. Energian kokonaiskäyttö oli sekä Peurasaaren- että Möylylehdon päiväkotien kohdalla verrattaen suurta, vaikka

käyttö ja päiväkotilasten määrä ei tiettävästi poikkea muista Kemin alueen päiväkodeista.

Peurasaaren päiväkodin kokonaisenergiankulutus oli yli 96kwh/rm³, ja Möylylehdolla luku oli yli 90kwh/rm³. Peurasaaren päiväkodin suuri energiankulutus johtui kaukolämmössä olleesta säätöviasta, ja Möylylehdon päiväkodin suuri kaukolämmön osuus kokonaisenergiankulutuksesta selitti suurta energiankulutusta (Liite 6).

Taulukko 6. Kemin kaupungin päiväkodit. Neljä suurinta ominaiskulutusta

Päiväkodit	Energiaa KWh/r-m³
Peurasaaren päiväkoti	96,62
Möylylehdon päiväkoti	91,46
Kaivolinnan päiväkoti	86,34
Takajärven päiväkoti	72,29

4.2.4 Palvelutalojen energiankulutukset

Palvelutalojen energiankulutukset olivat keskenään erittäin hajanaisia. Tätä voidaan osaltaan selittää niiden erilaisilla käyttötarkoituksilla: suurimmat palvelutalojen sähkönkulutuskohteet ovat keittiöt, saunat, pesuhuoneet ja iv-koneet.

(Kaila 2012)

Erilaisten asukastyypin ja palveluntarpeen erilaisuuden vuoksi, energian kokonaiskäytössä syntyy eroja, mutta kokonaiskulutuksesta osa voidaan selittää vanhentuneen tekniikalla, säätövioilla ja kiinteistön käytöllä. Suurin ominaiskulutus palvelukodeilla oli vuonna 2015 palvelukoti Meripuistolla (Taulukko 7). Palvelukodin huima kulutus selittyi kuitenkin lämmitysjärjestelmän säätöviolla, joka oli korjattu vuoden 2016 aikana. (Verronen 2017.)

Kivikankaan palvelukodin ominaiskulutukseksi laskettiin 98,55 kwh/rm³, josta lämmitykseen kuluva energia oli noin 75 % (Liite 6). Lämmitykseen käytettävä

energia oli siis huomattavan suurta ja aikaisempien vuosien kulutustietojen mukaan kulutus on pysynyt samana. Asia jätettiin kaupungin kunnossapidon ratkaistavaksi. Huomattavaa oli, että laskettuna euromääräinen kulutus/rakennuskuutio, kiinteistö oli suhteellisesti tilapalvelun kolmanneksi kallein rakennus (Liite 5).

Taulukko 7. Palvelukotien ominaiskulutukset

Palvelutalot	Energiaa KWh/r-m³
Palvelukoti Meripuisto	119,39
Kivikankaan palvelukoti	98,55
Sauvosaaren palvelutalo	65,7

4.3 Kemin Satama Oy:n energiakatsaus

Kemin Satama Oy:n liittyttyä energiatehokkuussopimukseen oli senkin annettava tiedot omasta energiankulutuksesta Motivan yhteyshenkilölle. Kemin Sataman alkutietojen keräys tehtiin vanhojen mittareiden sekä erittäin vanhojen kiinteistödokumenttien pohjalta. Esimerkiksi veden kulutuksen tieto tulee kahdelta kiinteistöltä samalle mittarille. Kaukolämpöverkosto ei ylety sataman alueelle, joten lämmityksenä rakennuksissa käytetään öljyä ja sähköä.

Kiinteistöistä tehty ominaiskulutustaulukko (Taulukko 8) antoi suuntaa energiansäästöpotentiaalin löytymiseen.

Taulukko 8. Satama Oy:n kiinteistöjen ominaiskulutustiedot

Rakennukset	Ominaiskulutus vesi (dm ³ /r-m ³)	Ominaiskulutus sähkö (KWh/r-m ³)	Öljynkulutus (Kwh/r-m ³)
Satamatalo	127,95	3,36	95,5173321 2
Kunnossapito tsto	182,39	154,66	
Kunnossapito varasto	0,00	0,00	
Satamavalvojen tilat	143,28	141,02	
Merimieskirkko	0,00	15,84	
Kalasadama	1757,33	184,00	

Energiankulutuksen vähentämiseksi Kemin Satama Oy on suunniteltu öljykattilan uusintaa toimistorakennuksessa sekä sataman valojen korvaamista led-valaistuksella. Öljykattilan uusinta pudottaisi öljynkäyttöä arviolta 20 %, ja led-valaistus vähentäisi valaistuksen energiantarvetta 1,5 GWh vuodessa. Valaistuksen uusinnassa selvitys energiatehokkuussopimuksen mukana tuomasta taloudellisesta tuesta oli käynnissä ja päätöstä odotettiin ennen varsinaisen valaistuksen suunnittelun alkamista. (Keränen 2017.)

Energiatehokkuutta parantavien tukien ehdoissa mainittu ”tukea ei myönnetä tavanomaisen valaistuksen hankkeisiin” on tulkinnan varainen, koska tavanomaisuus määritellään tukea haettaessa, ja jokainen investointi käsitellään erikseen ennen varsinaista investointia (Business Finland 2018).

Kalasadaman rakennuksen vedenkulutus sekä ominaiskulutus ovat huimia, mikä oltiin huomattu kulutustietoja kerättyä. Vaikka Motivan mukaan kulutuksen tasoa ei voi arvioida täysin pelkästään ominaiskulutuksen ja kulutusmäärien mukaan, pystytään suuntaa-antavia tulkintoja tehdä tästä kulutusmäärästä. Työssä aikaisemmin mainitun ominaiskulutuksien tulkintojen mukaan, tulkittaessa ominaiskulutusta on otettava huomioon käyttäjät sekä ympäristölliset tekijät. Myöskin kulutusseuranta aikaisemmalta ajanjaksolta osoittaisi kulutuksissa poikkeamia.

Aikaisemmilta vuosilta tai ajanjaksoilta ei kuitenkaan ollut saatavilla kulutusdataa. Vastaavien rakennusten keskenään vertailu on myös varteen otettava keino määrittäessä poikkeavia energiamääriä. Tietoa kalastajien käyttämien yleisten rakennusten kulutuksista on kuitenkin vähän, mutta lähikunnasta listä löytyi tiedot uuden aikaisemmasta kalastajarakennuksesta. Energiakulutusta vertailtaessa oli lissä sijaitsevat kalastajarakennuksen kulutus noin neljänneksen sähköstä ja kuudenneksen sähköstä, vaikka kalastajamäärä oli noin kymmenkertainen lissä verrattuna Kemin vastaavaan. Kulutuksen Kemin kalastajarakennuksessa olivat siis korkealla. (Motiva 2016c; Tolonen 2017.)

Merimieskirkossa sekä satamatalossa sähkön ominaiskulutus on erittäin pieni, mutta satamavalvojen tilassa sekä kunnossapitotoimistossa ominaiskulutus sähkölle on erittäin suuri, noin kymmenkertainen verrattuna julkisen palvelusektorin toimistoihin (mediaani 22,6KWh/r-m³).

Vertailtaessa veden ominaiskulutusta julkisen palvelusektorin toimistojen mediaaniarvoihin (63dm³/r-m³), on kulutus noin puolet isompi. Kuitenkin hajonta julkisen palvelusektorin toimistojen veden käyttöihin on suuri (14-441dm³/r-m³), sekä Kemin satama Oy:n tilojen käyttötarkoitus on erilainen verrattuna tavalliseen toimistoon, johtuen muun muassa Laivojen huollossa tapahtuvan veden vaihdoista, joten veden osalta päätelmiä on hankala tehdä.

4.4 Kemin Keilatalo Oy:n energiakatsaus

Kemin Keilatalo Oy:n kulutustietoja käsiteltäessä huomio kiinnittyi sen yllättävän pieneen sähkönkulutukseen. Vaikka kiinteistön lämmitys toimi kokonaan sähköllä, ei sähkön kulutus ollut tilavuuteen nähden erityisen suurta.

Motivalta saadun taulukon mukaan liikuntatilojen mediaani keskikulutus sähkölle oli vuosina 2010-2015 13,6kW/rm³, ja veden kulutus 48dm³/r-m³. (Taulukko 9)

Taulukko 9. Keilahallin ominaiskulutuksen vertailu mediaaneihin arvoihin

Energian käytön ominaisarvot/r-m³	Vesi (dm³/m³)	sähkö (kWh/m³)
Energian käytön mediaaniarvot liikuntahalleissa	48	13,6
Energian käyttö Keilatalo Oy:ssä	15,66	13,87
Ero mediaanikulutukseen vastaavilla rakennuksilla (%)	-36,20	2

Erityisesti veden kulutuksissa urheilutiloissa (pl. uima- ja jäähallit) oli suuri hajonta (1-687dm³/m³), joten vertaaminen näihin tilastoihin ei ole täysin luotettavaa. Sähkön kulutus on kaksi prosenttia yli kulutusarvon mediaanin, ja ottaen huomioon, että lämmitys on kokonaan toteutettu sähköisillä ratkaisuilla, on kulutus verrattain pientä. Lisäksi sähkön kulutusta aiottiin pienentää uuden kaluston hankinnalla ja valaistuksen sekä mahdollisen ilmalämpöpumpputekniikan suunnittelua mietittiin osana energiatehokasta saneerausta Kemin Keilatalo Oy:ssä.

Poiketen aikaisemmista kohteista keilahalli on yksinkertaisempi kiinteistökokonaisuus energiankäyttöä hallittaessa. Kiinteistössä on ainoastaan muutamia huoneita, joiden valaistusta ja lämmitystä pystytään henkilökunnan toimesta seuraamaan jatkuvasti paikan päältä. Myöskin kulutustietoja ja laskutusta energiankäytöstä seurataan joka kuukausi ja suuriin poikkeamiin on pystytty puuttumaan nopeasti. Kuitenkin esimerkiksi älykkäämpi valaistusratkaisu pudottaisi energiankäyttöä ja rinnalle kytkettävä led-tekniikka vähentäisi energiankulutusta valaistuksen osalta huomattavasti. (Turtiainen 2012; Tarkiainen 2017.)

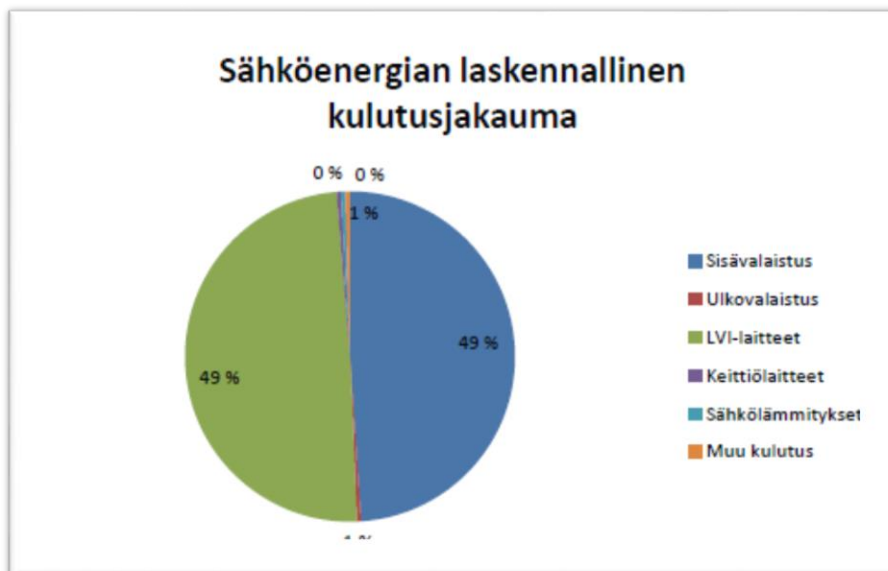
5 TERVAHALLIN LIIKUNTASALIN VALAISTUKSEN UUSIMISEN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN

Esimerkkikiinteistö Kemissä Tervaharjuntiellä on Kemissä käytössä oleva liikuntahalli. Hallia käytetään pääasiassa liikuntaan, mutta tiloissa järjestetään tämän lisäksi muun muassa konsertteja ja eläinnäyttelyjä. Kohde on Kemin kaupungin tilapalvelun hallinnoima, ja sitä vuokraa Kemin kaupungin liikuntatoimi.

Kohteesta on suoritettu energiakatselmus ja toimenpide-ehdotuksia energian säästämiseksi on kaikkiaan 18. Energiakatselmuksessa on myös tehty tutkimus energiankulutuksista laitetyypeittäin sekä huonekohtaiset energiankulutusjakaumat.

5.1 Sähköenergia

Energiakatselmuksessa tehtyjen mittausten ja havaintojen perusteella voidaan havaita sähköenergiankulutuksen olevan normaali tälle rakennustyyppille (Kuvio 2).



Kuvio 2. Tervahallin kulutusjakauma (Kivelä 2017)

Sähkön säästöpotentiaalia huomattiin sekä LVI-laitteissa että sisävalaistuksesta. Näiden vähentäminen on huomioitu kohteeseen tehdyssä energiakatselmuksessa. Sisävalaistus keskittyy kohteessa erityisesti Liikuntasalin alueelle, jossa valaistuksen kokonaisenergiasta kuluu 80 MWH, ja laskennallisesti 71 % kokonaissähkökulutuksesta, joten säästöpotentiaali tässä kohtaa on suurinta.

Lisäksi kaupungin liikuntatoimelta on tullut pyyntö, että sisäliikuntasalin valaistus saataisiin standardien mukaiseksi. Valaistuksen olisi oltava riittävä nopeaan, televisioon kuvattavaan pallopeleihin, sekä konsertteihin. Lisäksi kohde tulisi olla valaistuksellisesti jaoteltu neljään osaan, aina käyttötarpeen mukaan. (Kotala 2017.)

5.2 Liikuntasalin nykyvalaistus

Nykytilanteessa kohteen suuri energiankulutus selittyi osin vanhoilla sähköjärjestelmillä. Liikuntasalin valaisinten toiminta oli käsin ohjattua kerralla päälle/pois tekniikkaan ja kohteessa oli käytetty T8-tyyppisiä valaisimia, joita salissa on kaikkiaan 218 kappaletta (Kuva 5).



Kuva 5. Tervahallin liikuntasalin nykyvalaistus

Kohteessa mitattu valaistusvoimakkuus käyttötasossa on energiakatselmuksessa mitattu välillä 400-450 lx, ja nykyinen tavoite on nopealle, tv-kameralla kuvattavalle pallopelille, 800 luksia. Standardi valaistusvoimakkuudelle on 750 lx,

mutta valaisimien käyttöön kasvaessa ja likaantumisen seurauksena voimakkuus saa hiukan olla yli suositusten. (Riikola 2017.)

Lisäksi valaistusta ohjataan käsin kytkimillä (Kuva 6), jotka sijaitsevat liikuntahallin valvojan huoneessa. Valot ovat käytännössä päällä 6-22, vaikka käyttö ei ole salilla kokoaikaista. Lisäksi sali on jaettu neljään osaan väliverhoilla, joita käytetään jaettaessa liikuntasalia osiin käytön mukaan. Kuitenkin valaistusta ei saa jaoteltua. (Kivelä 2017.)



Kuva 6. Liikuntasalin valaistuksen ohjaus kytkimillä

5.3 Dialux-Evo

Dialux-Evo-ohjelma on valaistuksen laskentaan kehitetty ohjelmisto, jolla voidaan mallintaa nykyinen ja mahdollinen tuleva valaistus. Ohjelmistolla pystyy mallintamaan kohteen sekä 2D- että 3D-muodossa, jolloin kohteen suunnittelu on helpompaa. Ohjelma ottaa huomioon valaistuksen kannalta tärkeät asiat, kuten objektit, pintojen värit, heijastumat sekä monet muut valaistusteknillisiin ratkaisuihin vaikuttavat muuttujat. (Kurvinen 2016.)

Tervahallin liikuntasalin valaistus oli siis saatava standardin mukaiselle tasolle. Lisäksi heijastumat, valon väri ja valon tasaisuus oli otettava huomioon Dialuxilla kohdetta suunniteltaessa. (Riikola 2017.)

Esimerkkikohteen piirtämistä varten kohde valokuvattiin joka kulmasta ja värejä sekä pintoja pyrittiin mallintamaan mahdollisimman tarkasti. Lopputuloksena saatiin hyvin paljon todellisuutta vastaava mallinnus (Kuva 7).



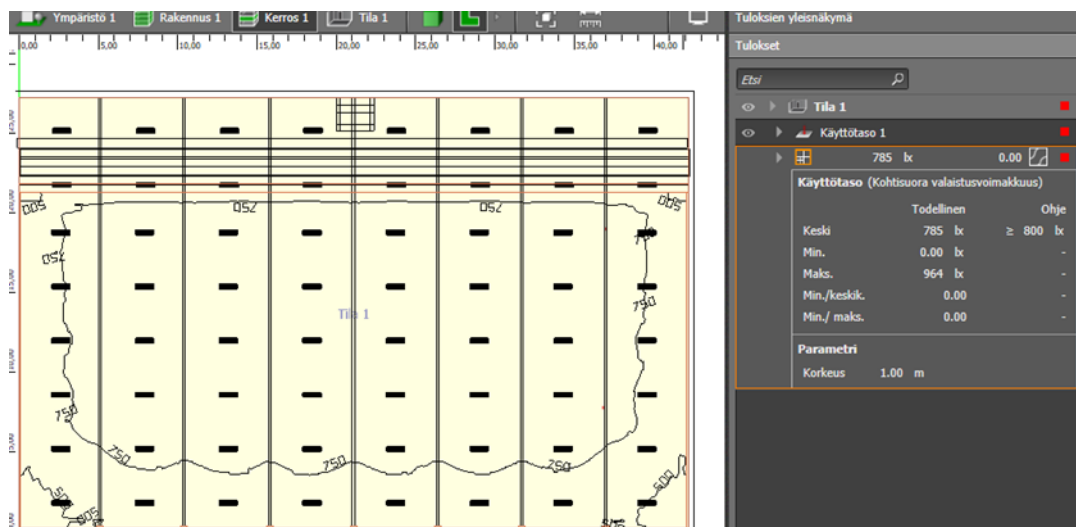
Kuva 7. Liikuntasalin mallinnettu 3D-kuva

5.4 Valaisimen valinta

Kohteeseen lähdettiin suunnittelemaan valaisinta Fagerhultin valikoimista. Fagerhult tunnetaan laadukkaista valaisimista, sekä valikoima heillä on varsin kattavaa. Värivaatimuksena käytettävään väriin valoon oli 3000-4000k, ja valaisin tuli olla mekaanisesti suojattu mahdollisilta iskuilta esimerkiksi pallopeleissä.

Fagerhultin valaisimista parhaimmaksi valikoitui Excis LED-valaisin.

Valaisinten suunnittelussa valaisimet jaettiin ohjelmalla tasaisesti niin, että jokaiseen neljään salin lohkoon tuli tasaisesti valaisimia. Lisäksi kohteessa huomioitiin katsomon valaistustehon vähempi tarve. Excis LED-valaisimet ovat teholtaan 166W ja valaistusteho on moninkertaisesti tehokkaampi, kuin vanhoilla T8-mallin valaisimilla. Niinpä valaisimien määrä uuden laitteiston osalta putoaa entisestä 218:sta 64:ään.

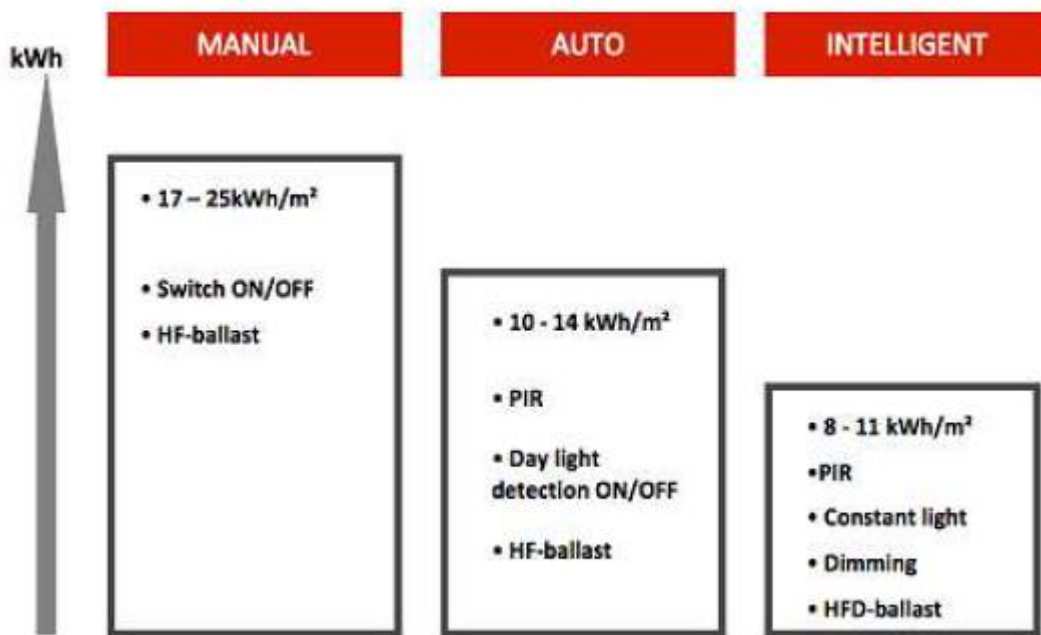


Kuva 3. Valaisimien asettelu ja laskettu valaistusvoimakkuus

5.5 Valaisimien syötöt ja ohjaus

Valaistuksen ohjauksella on suuri merkitys suunniteltaessa energiatehokkaita toimenpiteitä. Pelkästään läsnäolo-ohjauksella voidaan saavuttaa jo 20-26 %:n säästö valaistuksen kokonaisenergiasta. Ominaiskulutuksesta, jota käsitellään

valaistuksessa yleisimmin neliökohtaisena (kWh/m²), voidaan tutkimuksien mukaan vähentää ohjauksien avulla jopa kolmannekseen (Kuva). Toteutettaessa nykyaikaista asennustekniikkaa ja väyläratkaisua saadaan energiankäyttö optimoitua. Esimerkiksi päivänvalon hyväksikäyttö, himmentäminen ja liiketunnistus kuuluvat kaikki nykyaikaiseen valaistukseen vähentäen energiankäyttöä ja lisäämällä käyttäjämukavuutta. (Turtiainen 2012.)



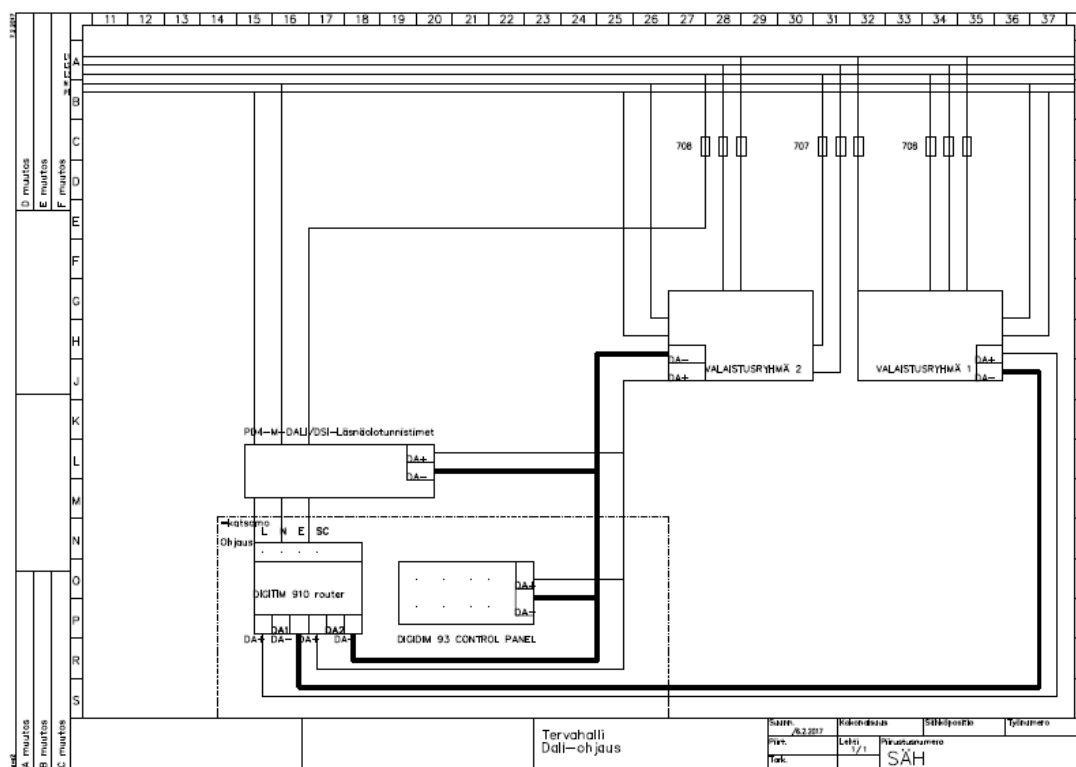
Kuva 10. Valaistuksen ohjauksen vaikutus ominaiskulutukseen (Turtiainen 2012)

Tervahallin liikuntasalissa energiansäästöpotentiaali ohjaukselle löytyy sen monikäyttöisyydestä ja jaoteltavuudesta. Sali on jaettu neljään osaan, jotka voidaan erottaa katosta alas laskettavilla väliverhoilla. Kohde on monikäyttöinen ja käyttäjät käyttävät päivisin vain osaa salia, kun nykyvalaistus valaisee turhaan koko salin. Kohteeseen toivottiin liiketunnistinohjausta. Suunnitelma toteutettaisiin DALI-väylällä, joka on nykyaikainen, luotettava ja toimiva ratkaisu suunniteltaessa monikäyttöistä ja laaja-alaista valaistusratkaisua, etenkin urheiluhalleissa. (Riikola 2017.)

Uusien valaisimien syöttö muuttuu kontaktoriohjauksesta automatiikkaan. Kontaktorilähtöjen tilalle suunniteltiin C16-johdonsuojakatkaisimet ja syötöt vedettäväksi kolmivaiheisena salin tuntumaan, josta yksivaiheisena aina kahdeksan valaisinta yhdelle 3x2.5S johdolle.

Fagerhultin taulukon mukaan C16-JSK kestää 8 Excis LED-valaisinta, ja keskuksen on mahdollista kuvien mukaan vaihtaa isommat, 16A johdonsuojat (Fagerhult 2017).

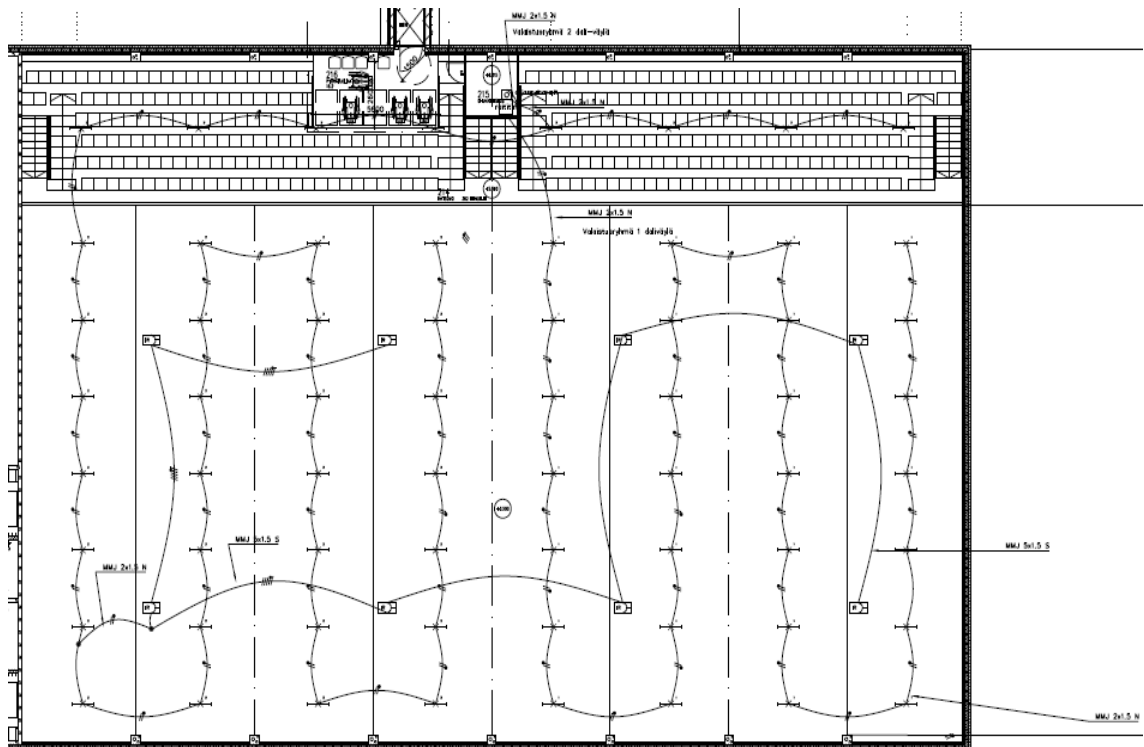
Kuvissa on kolme kolmivaihesyöttöä, joista kaksi menee valaisinryhmille 706 ja 707. Yhden ryhmän kolmivaiheisesta vedosta saadaan rasiolla erotettua syöttö liiketunnistimelle ja reitittimelle. Ohjauspaneeli ei tarvitse omaa syöttöä, vaan toimii DALI:n syöttöjännitteellä (Kuva 11).



Kuva 11. Järjestelmän piirikaavio

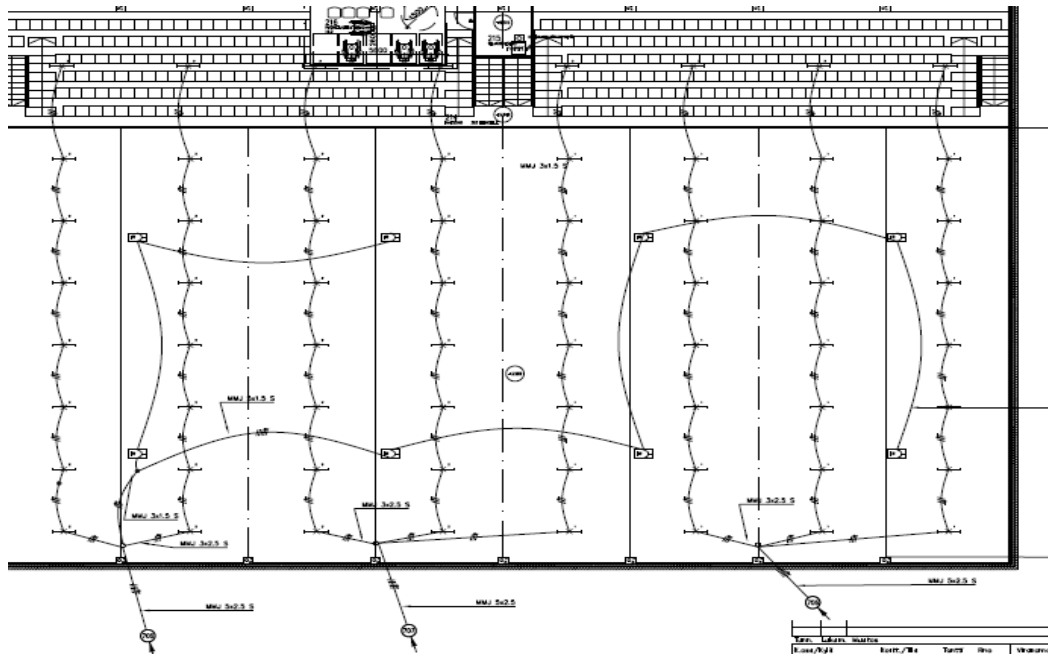
DALI-järjestelmässä maksimimäärä osoitteita on 64, mutta reitittimellä määrä saadaan tuplattu. Myöskin johdon pituus kertajohdotukseen on lähellä maksimipituutta, joten liikuntasali kuvissa on jaettu kahteen valaistusryhmään, jotka yhdistetään reitittimellä.

Liiketunnistimia liikuntasaliin suunniteltiin kaikkiaan kahdeksan, jotka ovat yhteydessä suunniteltuun DALI-väylään. Valaisimista liikuntasalin kuvassa näkyvät oikeanpuolimmaisiet 28 valaisinta ovat yhdellä väylällä yhdistetty reitittimeen. Toisen reitittimestä lähtevä väylä käsittää loput valaisimet, ohjauspaneelin ja liiketunnistimet (Kuva 12).



Kuva 12. DALI-ohjaus

Valaistukselle suunniteltiin kolme kolmivaihesyöttöä, joista yhden syötön yksi vaihe menee liiketunnistimelle. Samalle liiketunnistimelle menee väyläkaapeli, jotka yhdistyvät liiketunnistimella. Tästä eteenpäin DALI-väylä ja syöttö kulkevat samassa 5x1.5 kaapelissa. viimeiseltä liiketunnistimelta syöttö menee 3x1.5-kaapelilla väylän keskusyksikölle (Kuva). Ohjauspaneeli on pelkästään DALI-väylässä, ottaen siitä tarvittavan käyttöjännitteen.



Kuva 13. Valaistuksen syötöt

5.6 Arvio energiansäästöstä

Tarkkaa arviota investoinnista ei pystytty tekemään, sillä laitetoimittajien antamat hinnat eivät ehtineet päivittyä työn aikana. Energiakatselmuksessa aikaisemmin arvioitu kokonaisinvestointi liikuntasalin valaistukselle on 19 000€, mutta valaisimien ja ohjausjärjestelmän hinnat todennäköisesti ovat isommat. (Riikola. 2017.)

Katselmuksessa tehty energiakatselmuksen arvio valaistukseen käytettävästä energiasta on n. 80 MWh/a. Energiakatselmuksessa arvioidun käyttötuntien muutosten (nykyinen 3740 h/a, tuleva 800 h pienempi/a=2940), ja liitäntätehomuutoksen (21,5kW-10,6KW), saadaan tulevalla käytöllä kokonaiskulutukseksi 31,2 MWh.

Kulutuksista ja sähkön hinnasta saadaan laskettua vuotuinen säästö verrattuna aikaisempaan (Taulukko 10).

Taulukko 10. Vuotuinen laskettu säästö suunnitelluilla toimenpiteillä

Energiakustannukset	Vanha valaistus	Uusi valaistus	Erotus
Liitäntäteho	21,5KW	10,624KW	-10,9KW
Käyttötunnit(arvio)	3760h	2960h	-800h
Kokonaisenergiankulutus	80,5Mwh/a	31,2MWh	-49,3MWh
Kustannukset	7500€	2900€	-4600€

Säästölaskelma valaistuksen sähkönkulutuksen vähenemisestä poikkesi hieman katselmuksessa tehtyyn laskelmaan nähden. Katselmuksessa laskettu säästö on 4053 euroa, kun se nyt laskettuna on 4600 euroa.

Verrattuna energiakatselmukseen vuotuinen energiansäästö suunnitelluilla valaisimilla on noin 550€ suunniteltua parempi. Toki tulee ottaa valaistuksen yhteydessä lisäenergiankulutuksessa huomioon keskusyksikön ja liiketunnistimien energiankäyttö. Tämä on arviolta 100€/a.

Valaisinten vaihtoväli pienenee myöskin kolminkertaiseksi, mikä tulee ottaa huomioon takaisinmaksuajassa. Jos työtunnin hinnaksi lasketaan 30€/h ja yhden valaisimen vaihtoon menee puoli tuntia, tämä tekee kaikkien valaisimien yhdeksi vaihtokerraksi noin 7000€.

6 KOIVUHARJUN KOULUN SÄHKÖNKULUTUS

Koivuharjun koulu on kaksiosainen alakoulu Kemin Koivuharjussa. Koulu on rakennettu 1900-luvun alussa ja on sähkölämmitystä käyttävä hirsikoulu. Koulun alueella on lisäksi varasto- ja urheiluvälineilat. Koulua käyttää 110 oppilasta, jotka ovat pääasiassa lähialueelta kulkevia. Päärakennuksessa on iltaisin järjestettävä oma iltapäiväkerho, sekä liikuntasalissa jonkin verran iltakäyttöä mm. sähköporukoilla.

Koivuharjun sähkönkulutus on ymmärrettävästi suurta, ja koulu on hyvä esimerkkikohte tehdä kartoitusta sen energiankäytöstä. Pääasiallinen tarkoitus oli tehdä Koivuharjun koulusta energiankulutuksen kartoituksen esimerkki, pääasiassa sähkönsäältä, jotta sitä voitaisiin käyttää myös muissa tilapalvelun kiinteistöissä.

6.1 Nykykulutuksen selvitys

Nykykulutus koululla vuonna 2015 oli sähkönsäältä noin 271 MWh. Sähkönsäältä ei ollut tarkempaa tietoa kulutuskohteittain ja se pyrittiin selvittämään mahdollisimman tarkkaan.

Yksi ongelma oli sähköisten kuvien puuttuminen. Käytössä oli ainoastaan paperiset kuvat, jotka oli piirretty aikana, jolloin koulua oli sähköistetty. Lämmityksestä löytyi kuitenkin kuvat, koska koululle oli uusittu patterit vuosikymmenen alussa. Ilmastointikoneista löytyi myös kuvia, mutta esimerkiksi antureiden paikkoja tai johtokaavioita ei ollut käytössä.

Koulusta suoritettiin kuvien perusteella valaisinten tehonlaskenta laskemalla valaisimet yksitellen paikan päällä. Lisäksi koulun lämpötilat mitattiin HOBO-loggermittareilla, joista saatiin tulokset mahdollisille liikalämmityksille. Ilmastoinnista suoritettiin kartoitusta energian osalta, sekä koulun opettajia haastatteleamalla pyrittiin selvittämään mahdollisia energiahukkia.

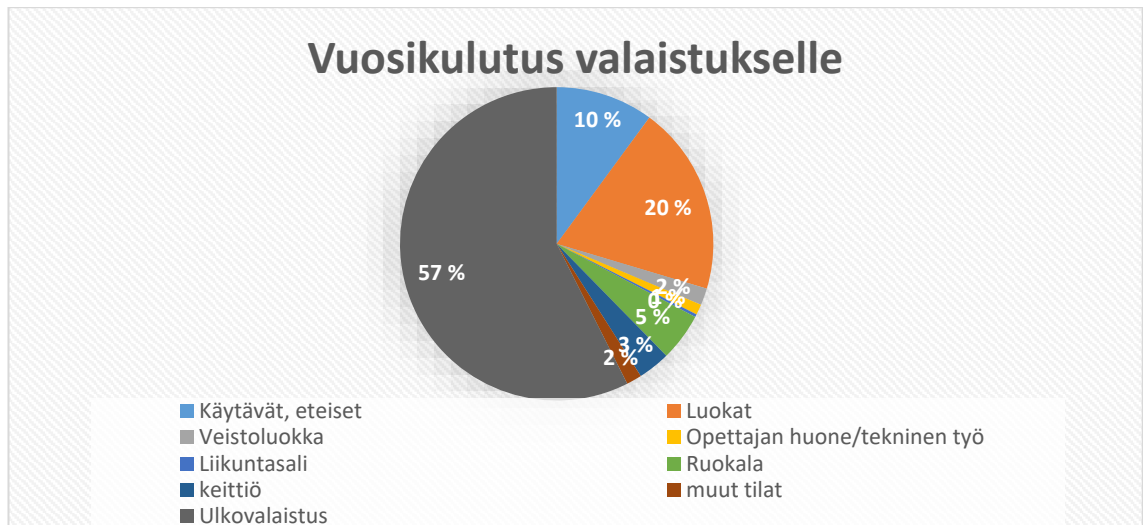
6.1.1 Valaistus

Koulun sisätilojen valaistuksesta oli saatavilla osittainen valaistusluettelo (Liite7), mutta tieto sen paikkansa pitävyydestä ei ollut varmaa. Valaistuksen vuositeho laskettiin käsin valaisin valaisimelta ja lisäksi mitattiin eri tilojen valaistusvoimakkuudet ja verrattiin niitä standardeihin. Jos valaistus haluttaisiin tarkemmin tutkia, tulisi siitä määritellä valon tasaisuus ja lämpötila, sekä luminanssijakauma ja häikäisyta-
sot (ST 58.16 2017) Kuitenkin tehtävä valaistuksen suhteen työssä oli toissijainen ja viitearvon valaistuksen oikeellisuudesta antoi valaistusvoimakkuuden mitta-
us..

Valaistusvoimakkuudet olivat kaikki standardien mukaiset, lukuun ottamatta kak-
sikerroksisen koulurakennuksen porraskäytävää, jossa arvot jäivät hieman alle
standardin (Liite 8). Kohteesta huomasi selvästi, että se oli rakennettu ennen säh-
kövalaisimien asennusta, sillä siinä oli selvästi huomioitu jo rakennusvaiheessa
luonnonvalon vaikutus valaistukseen.

Koulun rakennusten sisävalaistus oli toteutettu kokonaan käsikytkimillä ja ulko-
valaistusta ohjasi hämähä- ja kellokytkin. Tarkemmin asiaa tutkittua huomattiin,
ettei kellokytkin ollut toiminnassa, vaan se oli ajan saatossa hajonnut ja poistettu
valaistusjärjestelmästä, ja näin ollen ulkovalot paloivat läpi vuoden pimeällä. Ul-
kovalot ovat vanhanaikaisia elohopealamppuja, joiden kokonaisteho on 3050
wattia (Liite 9). Vuosittainen valaistusteho saatiin laskemalla Kemin korkeudella
vaikuttavan pimeän ajan määrä vuodessa ja kertomalla se ulkovalaistuksen ko-
konaisteholla. Vuosittainen tehonkulutus oli noin 13,1Mwh.

Kokonaistehonkulutuksen arvio valaistukselle saatiin haastattelemalla opettajia
tilojen käytön tuntimäärästä. Tämä kertomalla kyseisen tilan valaistuksen teholla,
saatiin vuosittainen valaistuksen käyttämä energia ja valaistuksen tehojakauma
(Kuvio 3).



Kuvio 3. Koivuharjun koulun valaistuksen tehojakauma

Kuten kuvasta huomataan, ulkovalaistus vie valaistuksen kokonaiskulutuksesta suurimman osan. Tämä johtuu ulkovalaistuksen kellokytkimen puuttumisesta. Koulun henkilökunnankin mukaan valot palavat aina hämärällä.

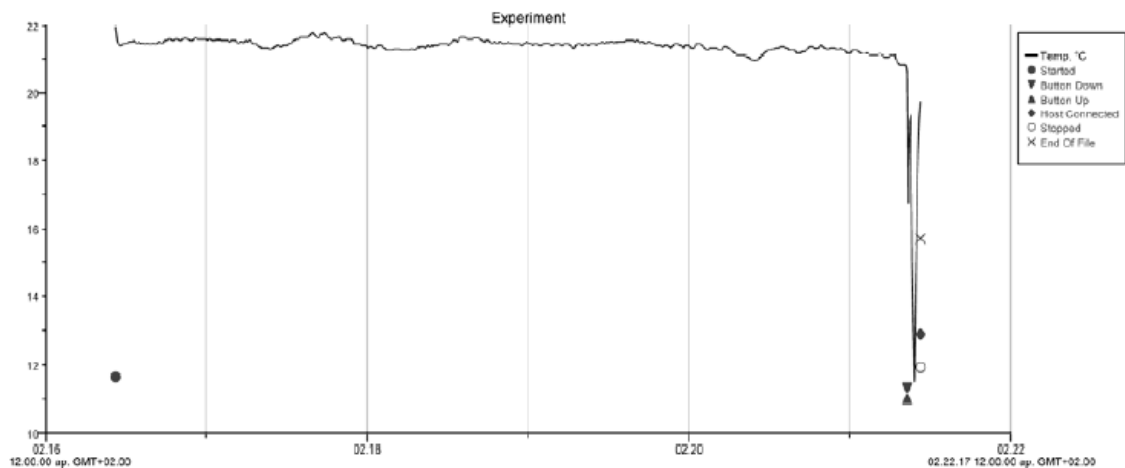
6.1.2 Lämpötilojen mittaus

Koulun lämmitys on toteutettu sähköpattereilla, jotka oli uusittu vuosikymmenen alussa. Sähköpatterit olivat päällisin puolin hyväkuntoisia. Koulusta suoritettiin mittaukset lämpötiloista kaikkiaan kuudesta kohtaa: liikuntasalista, veistoluokasta, käytävältä sekä kolmesta eri luokkatilasta. Mittaukset suoritettiin käyttämällä lämpötilatallentavaa HOB0-logger-ohjelmistoa neljän päivän aikana helmikuun alussa.

Luokissa lämpötilat olivat väillä 19-22 C^o, riippuen siitä kuinka paljon ihmisiä tiloissa oli. Lämpötilat nousivat tuntien alkaessa. Eteisen mittauksessa lämpötilat näyttivät olevan tasaisimmat, 19-20 C^o:n välillä (Liite 10), mutta opettajia haasteltaessa selvisi, että kovimmilla pakkasilla lämpötila putoaa eteisessä jopa alle 14 C^o:n. Opettajien mukaan tämä johtuu ulko-ovien suunnasta tulevasta vedosta. Myöskin lähimpänä koulun pohjoispuolen ulko-ovea sijaitseva luokkatila on erit-

täin kylmä talvella. Pohjoispuolen ulko-oven rappuset on rakennettu oven alakarmin kanssa samalle tasolle, ja lumiseen aikaan ulko-ovi ei mene kokonaan kiinni lumen jäädyttyä karmin ja rappujen väliin.

Koulun lämpimin paikka oli liikuntasali. Vaikka kyselyn perusteella liikuntasalilla ei ollut käyttöä, oli sen lämpötila koko ajan noin 22C° (Kuva 14). Tämä on reilusti yli suositusten ja todennäköisesti lämpötila nousee vielä ylemmäksi liikuntasalia käytettäessä. Opettajien mukaan liikuntasali onkin ollut kuuma liikuntatunneilla. Pattereita säädettiin välittömästi kiinteistönhoitajan toimesta neljä astetta matalammalle.



Kuva 14. Liikuntasalin lämpötila

6.1.3 Muuta huomioitavaa

Koulussa oli jälkikäteen rakennettu koneellinen, hiilidioksidiantureilla ohjattu ilmanvaihtokoneisto. Ilmanvaihtoa ohjaavien antureiden säädöt tarkastettiin kiinteistönhoitajan kanssa ja antureiden lukemat kahden osalta olivat oikeelliset, mutta yksi anturi näytti lukemaksi verraten isoa lukemaa, 1400-1700ppm:aa. Suomen rakentamismääräskokoelman D2 kokoelman mukaan huonetilan tavallinen hiilidioksidipitoisuus tulisi olla alle 1200 ppm (Ympäristöministeriö 2012). Koska luokka oli tyhjä, ja oppitunteja ei ollut ollut koko päivänä, oli ilmanvaihdon toiminta näin ollen häiriintynyt.

Kaupungin kunnossapitopäällikön mukaan koulun kyseistä huolto-ohjelmaa ei oltu noudatettu ajantasaisesti, ja niinpä antureiden puhdistus oli jäänyt huomioidatta kiinteistöhuollon yhteydessä. Antureiden puhdistamatta jättäminen aiheuttaa anturin viallisen mittaustuloksen, joka puolestaan ohjausjärjestelmän kautta ohjaa ilmanvaihtokonetta isommalle isommaksi luullun hiilidioksidimäärän vuoksi. (Verronen 2017.)

6.2 Toimenpide-ehdotukset

Tehdystä Koivuharjun koulun energiakartoituksesta tehtiin ehdotuksia tilapalvelulle, jotka olivat

- liikuntasalin lämpötilan laskeminen neljällä asteella
- koulun ilmanvaihtokoneiston huolto-ohjelman tarkistus ja samassa yhteydessä laitteistoon kuuluvien hiilidioksidiantureiden puhdistaminen
- pohjoispuolen ulko-oven portaiden korjaus
- ulkovalaistuksen ohjaukseen uusi kellokytkin. Kellokytkin oli aikaisemmin ohjannut valaistusta kello 6-23, mutta kellokytkimen hajottua, oli se poistettu käytöstä ja valot palavat aina pimeällä
- ulkovalaistuksen elohopealamppujen uusiminen nykyaikaiseksi, kuten suurpaine-, led- tai monimetallilampuiksi.

Jo pelkästään kellokytkimen asentaminen koulun laitteistoon antaisi vuosittaiseksi energiansäästöksi euromääräisesti noin 500€. Tämä toteutuisi jos kellokytkimen ajaksi asetetaan 5.30-22.30. Koko järjestelmän valaistusta voi ohjata myöskin astronominen kellokytkin, joka ei tarvitse ollenkaan ulkopuolista valotunnistinta, vaan kellokytkin ohjaa valaistusta siihen syötetyn kaupungin auringon nousu ja -laskuaikojen mukaan. Halvimmillaan astronominen kellokytkin maksaa hiukan yli 100 euroa, joten kellokytkin maksaisi tällaisessa kiinteistössä itsensä alle kolmessa kuukaudessa takaisin.

Työ ja mittaukset tehtiin siten, että toimenpidemallia voidaan käyttää kaupungin kaikissa kiinteistöissä. Mittaukset ja toimenpiteet ovat yksinkertaisia toteuttaa ja huomioitavaa oli, että pelkästään haastattelemalla käyttäjiä saatiin tietoon mahdollisia toimenpiteitä vaativia korjauksia erittäin hyvin.

Nämä toimenpiteet Koivuharjun koulussa ovat pääasiassa niin sanottuja käyttöteknillisiä, eli ne eivät vaadi toteutukseen isoja investointeja. Huomattavaa oli myöskin, että tällaiset toimenpiteet maksavat itsensä erittäin nopeasti takaisin. Motivan mukaan energiatehokkuussopimuksen ensimmäisessä vaiheessa julkisen palvelun energiatehokkuutta parantavista toimenpiteistä 30% oli käyttötekniisiä, eli sellaisia, mihin ei tarvittu ollenkaan investointia. (Motiva 2018b.)

7 TOIMENPIDE- JA AIKATAULUEHDOTUS KEMIN KAUPUNGIN TILAPALVELULLE

Lähtökohtaisesti energiansäästösopimuksen mukaisia toimenpiteitä Kemissä oli tehty niukalti, ja toimenpide-ehdotuksia aikatauluineen oli toivottu. Kiinteistöihin aikaisemmin tehdyistä katselmuksista ja talven aikana tehdyistä havainnoista suunniteltiin toimenpide-ehdotukset ja aikataulu toimenpiteille, jota voidaan käyttää esimerkkinä kaupungin energiansäästöisissä toimenpiteissä.

Tarkoitus ei ole osoittaa miten tulisi tehdä, vaan näyttää kuinka iso potentiaali mahdollisilla toimenpiteillä olisi mahdollista saavuttaa energiansäästöisesti. Näistä havainnoista on tehty luettelo, jossa toimenpiteet on eritelty.

7.1 Toimenpiteet ja huomiot Kemin kaupungille

Toimenpiteinä ehdotetaan Kemin kaupungille energiatietojen seuraamista. Käytössä on Enegia Oy:n palvelu, mutta opinnäytetyön pohjalta tehdyt kulutustaulukot ovat käyttökelpoisia energiankulutusten poikkeamien huomaamiseen. Jatkuva seuraaminen ja tietojen tulkinta on perusedellytys energiansäästöissä, kuten aikaisemmin tässä työssä mainittiin. Kemin kaupungille ehdotettiin myös kerran vuodessa energiankulutustietojen tulkintaa ulkopuolisen toimijan puolesta. Opinnäytetyön aikana tehdyt kustannuslaskelmat, ominaiskulutukset, taloudelliset kannattavuudet ja tekniset suunnitelmat ovat apuna käynnistettäessä energiatehokkuussopimuksen toista vaihetta.

Esimerkkinä opinnäytetyössä olleen Koivuharjun koulun energiankulutuksen kartoitusta suositellaan tehtäväksi myös muihin kaupungin kiinteistöihin. Jos tulokset ovat samanlaisia kuin Koivuharjulla, ovat tulokset nopeasti itsensä takaisin maksavia. Kohteiden energiakatsaus vaatii kiinteistöhoitajien koulutusta ja heidän aikansa priorisointia myös energiatehokkuuden näkökulmasta. Esimerkkikoh-

teena myöskin toiminut Tervahallin liikuntasaliin kannattaa valaistus myöskin uusia, koska käytössä on valmiit suunnitelmat ja piirustukset valaistuksen, automaatiikan ja sähköistyksen osalta.

Ominaiskulutustaulukoista havaittuja poikkeamia olivat kalasataman rakennus, Kivikon pirtti ja työläismuseo. Näille löytyi selkeät toimenpiteet kulutuksista: kalasataman veden käyttö oli yli 650m³:ta, joka oli suurempi kuin uimahallin ominaiskulutus. Veden käytön rajoittaminen ja tietävästi hana-automaatiikan korjaaminen rajoittaisi kulutusta huomattavasti. Kivikon pirtin suuri kokonaisenergiankulutus selittyi myöskin vedenkulutuksella: yli 75 % energian kokonaistarpeesta meni veden lämmitykseen. Yhtenä suosituksena on selvittää suuri kulutuksen syy ja puuttua siihen.

Suureen veden kulutukseen syitä voivat olla käytön lisäksi muun muassa huonokuntoiset ja vanhat vesikalusteet sekä vesiputkistojen paineen taso. Vesivirtaamia mittaamalla voidaan todeta paineentasot putkistoissa ja tarvittaessa niitä voidaan tasoittaa esimerkiksi asentamalla hanoiin vakiovirtasuuttimet. Liiallisen veden lämmitykseen käytettävän energian syihin käyttäjien ja käyttötottumusten lisäksi vaikuttaa esimerkiksi käyttöveden lämpötila. Lämmitykseen kuluvaan energiakäyttöä voidaan pienentää lämpötilan asetusarvoa alentamalla, jos kiertoveden lämpötila on reilusti yli 50 astetta. (Kivelä 2016.)

Työläismuseo oli sähkönkäytössä ominaiskulutukseltaan suurin. Tätä selitti kiinteistön ollessa vanha ja huonosti eristetty sähkölämmitteinen museo, jonka korjausrakentaminen on säädelyä. Ehdotuksena työläismuseolle on sen alapohjan lisävilloitus, jota kaupungin rakennusosasto pohti alkuvuodesta 2017.

Kemin satamassa toimenpiteinä ehdotetaan valaistuksen uudelleen suunnittelusta. Vaikka sataman valomastot ovat muuttumassa led-tekniikalla toimivaksi, on muu satamassa käytetty valaistus alkuperäistä ja tekniikaltaan vanhaa. (Keränen 2017.)

Kaupungin tilapalvelulla on käytössä suunnittelijoita, joista satamalla oli vähemmän tietoa. Opinnäytetyötä tehtäessä aihe herätti mielenkiintoa tehdä suunnittelutyö opinnäytetyönä. Sataman valot ehdotetaan siis uudelleen suunniteltavaksi, joko tilapalvelun tai ammattikorkeakoulun opiskelijoiden toimesta.

Valaistussuunnitelman päivittäminen samalla keilataloon on toimenpide-ehdotuksena. Vanhentuneen suunnitelman päivitys samalla sataman kanssa olisi järkevää kustannuksiltaan. Ilmalämpöpumppujen mahdollisuutta ja taloudellista järkevyyttä keilataloon ja satamaan ehdotetaan myöskin.

Kemin uuden energiatehokkuussopimuksen alkuvaiheessa Satama Oy:n sekä Kemin Keilatalo Oy:n lisäksi liittyy Kemin konserneista lisäksi asunto-osakeyhtiö Itätuuli sekä Kemin Matkailu Oy. Kaupungin uuden sopimuskauden alussa tietoa kannattaa jakaa energiansäästöisistä toimenpiteistä, sekä niiden mahdollisuuksista jokaiselle sopimukseen liittyjälle. Motiva sekä Enegia Oy ovat yhteistyökumppaneita Kemin kaupungille, joten heillä tieto energiatehokkuuden edistämiseksi, ja sen mahdollisuuksista, on saatavilla hyvinkin helposti.

Energiatehokkuussopimuksen yhtenä ongelmana oli resurssien riittämättömyys kaupungin puolelta. Kuitenkin saavutettavat säästöt ovat todennäköisesti tulevaisuuden kannalta itsensä takaisin maksavia, ja jopa tuottavia. Kemin lähikunnassa, lissä, on hyviä kokemuksia energiansäästöstä. Kunta on Suomen johtava hiilidioksidin vähentäjä ja palkittiin vuonna 2017 Euroopan parhaana ympäristötekona, voittaen mm. Pariisin. Kunta on saavuttanut satojen tuhansien säästöt energiansäästöllä, luoden samalla uusia työpaikkoja ja parantamalla kunnan imagoa huomattavasti jopa kansainvälisellä tasolla. Panostamisella energiansäästöön on siis mahdollista saavuttaa hyöty monikertaisena. (Resurssiviisas li. 2017.)

7.2 Aikataulu

Aikataulutus perustuu opinnäytetyön aikana tulleeisiin toimenpiteisiin, sekä aikaisemmin tehtyihin energiakatselmuksiin, jotka kaupunki teetti vuoden 2016 aikana 12:een suurimpaan rakennukseen.

Uuden projektin kunnolla käyntiin saamiseen tarvitaan niin sanottuja ”quick wins”-tyyppisiä toimintoja, jotta suunniteltuja toimintoja saadaan näkymään nopeasti pienillä kustannuksilla. Tätä varten toiminnot kannattaa aloittaa pienimmän kustannuksen toimenpiteistä, jotka on lajiteltu energiakatselmuksissa käyttötoimenpide-nimellä. Näissä toimenpiteissä ei ole lainkaan materiaalikustannuksia.

(Silvennoinen 2017.)

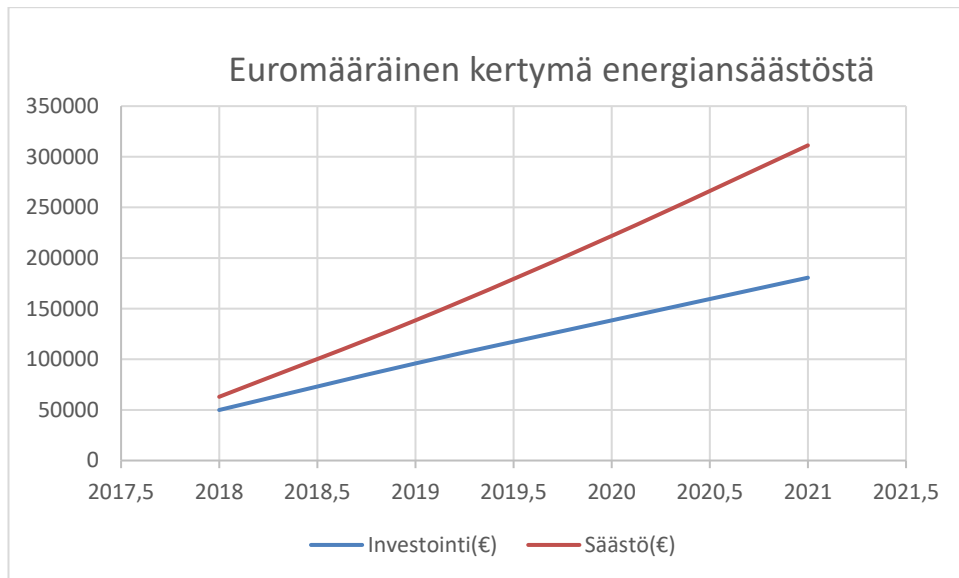
Kaupungin energiatyöryhmältä ja tilapalvelulta puuttui konkreettinen aikataulu, jota tehtiin opinnäytetyön aikana. Kaupungin vuosibudjetissa ehdotettu 50 000 euron määräraha energiansäästölle käsitellään tässä aikatauluehdotelmassa siten, että tulevaisuuden vuositasoinen määräraha olisi sama 50 000 joka vuosi sopimuskauden loppuun saakka. Tällä summalla näytettiin summan mahdollinen potentiaali energiansäästöissä hiilidioksidin alentamisen ja taloudellisen hyödyn näkökulmasta. Opinnäytetyön aikana tehtiin ehdotelma aikataululle, jota voidaan tarvittaessa käyttää.

Kaikkiaan energiansäästölliset toimenpiteet jaoteltiin neljälle vuodelle. Suunnitelman ensimmäiselle vuodelle on suunniteltu kaikki käyttötekniilliset toimenpiteet, eli niin sanotut nollainvestoinnit. Lisäksi ensimmäiselle vuodelle suunniteltiin toimenpiteet, joiden takaisinmaksuaika on alle kolme vuotta (Liite 11). Näiden ensimmäisten toimenpiteiden investointien kokonaissumma on 49 900€, ja energiakatselmuksista laskettu taloudellinen säästö vuosittain on 60 380€. Vaikka toimenpiteitä on paljon, on toimenpiteet arvioitu verraten pieniksi.

Aikataulutuksen toisena vuotena toimenpiteitä on vähän verrattuna ensimmäiseen (Liite 12). Kustannukset kuitenkin ovat samat. Toimenpiteistä ensimmäisen vuoden jäävät tehtävät voidaan toteuttaa myös toisena vuotena. Näiden kahden vuoden kokonaisinvestointi on alle 100 000€, ja kokonaisyöty rahallisesti on ensimmäisen ja toisen vuoden investoinneista 138 000€. Suurta hyötyä selittää ensimmäisen vuoden kumuloituva summa, joka yhteen lasketaan toisen vuoden säästöjen kanssa. Hiilidioksidin kokonaisvähennys kahdelta ensimmäiseltä vuodelta olisi 340 tonnia.

Kolmannen vuoden aluksi suunnitelmassa oli pidemmät takaisinmaksuaikaiset, ja 50 000 euron investointiin mahtuvat toimenpiteet (Liite 13). Kolmannen vuoden investoinnit olisivat 42 500 euroa, ja säästöpotentiaali energiakatselmuksissa laskettuna noin 8000€. Aikaisempien vuosien vaikutuksista säästöpotentiaali kohosi nyt noin 220 000 euroon.

Neljännän vuoden toimenpide-ehdotuksina on Tervahallin remontointi, sekä Sauvosaaren palvelutalon lämmityskiertopumppujen taajuusmuuttajaohjaukset (Liite 14). Neljännelle vuodelle uusien energiakatselmuksien tekeminen olisi suotavaa toimenpide-ehdotusten loppuessa aikaisemmin katselmoiduilta kohteilta. Tervahallissa liikuntasalin valaistus on aikaisemmin käsiteltyä tässä työssä. Neljännän vuoden säästöt ovat noin 6 000 euroa, ja aikaisempien vuosien kumuloituva euromääräinen säästö näiltä vuosilta laskettuna on noin 300 000 euroa. Alla esitetty kuvaaja energiasäästöllisten investointien aiheuttamista säästöistä Kemin kaupungille (Kuvio 4) sekä liitteenä ehdotus toimenpiteistä lasketuista säästöjen kokonaiskertymistä neljän vuoden ajalle (Liite 15).



Kuvio 4. Suunniteltujen investointien vaikutus säästöihin

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä ehdotuksia aita-auluihin ja toimintasuunnitelmiin energiatehokkuussopimuksen toisen vaiheen alussa. Kerätyistä kiinteistöjen tiedoista saatiin selville erittäin paljon mahdollisia säästöpotentiaalin omaavia kohteita, joita voidaan myöhemmin käyttää suunniteltaessa energiansäästöä Kemin kaupungissa.

Esimerkkikohteina Tervahallin liikuntasali sekä Koivuharjun koulu olivat esimerkkejä, joiden kulutustiedoista saatiin selville suuri suhteellinen sähkönkulutus, jota malliesimerkillä pystyttäisiin reilusti vähentämään. Vaikka kohteet ovat yksittäisiä ja kokonaiskuvassa varsin pieniä, voidaan toimintatapoja liiallisen kulutuksen havaitsemiseen käyttää koko kaupungin kiinteistökannassa. Esimerkiksi Koivuharjun koulun tapauksessa pienten investointien merkitys kasvaa ajan, ja tehtyjen investointien mukaan varsin suureksi.

Säästöpotentiaali 50 000€:n budjetilla oli laskettuna yllättävän suuri. Vuosien takautuvat säästöt kertautuvat tulevaisuuteen ja varsinkin alkuvaiheen energiansäästötoimenpiteet, jotka olivat pienimpiä investointeja, osoittautuivat tehokkaimiksi takaisinmaksajiksi sekä myöhemmin tuottaviksi.

Vaikka kohteena työssä oli pelkästään kaupungin kiinteistökanta, oli säästöpotentiaali euromääräisesti suurta. Tämä on vain energiansäästön yksi osa-alue ja ulotettaessa se kaikkiin kaupungin osa-alueisiin, aiheuttaisi se lukemattoman määrän hyötyjä, kuten se on aiheuttanut Kemin naapurikunnassa lissä.

LÄHTEET

Business Finland 2018. Energiatuki. Viitattu 18.2.2018. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/pk-ja-midcap-yritys/energiatuki/>.

Energiatehokkuuden toimintasuunnitelma 2016. Kemi: Kemin kaupungin energiatyöryhmä 2016.

Enerkey 2017. Yrityksen www-sivut. Viitattu 16.3.2017. www.enerkey.com

Etelä-Suomen prosessisysteemi Oy 2018. Energiatehokkuus, mitä se on? Viitattu 16.2.2018. <http://www.prssystem.fi/energiatehokkuus-mita-se-on/>

Fagerhult 2017. Maximum amount of led-drivers. Viitattu 15.3.2017. <https://www.fagerhult.com/en-GB/knowledge-hub/LED/Maximum-amount-of-LED-drivers/>

Forssell, K.-M. 2014. Julkisen sektorin energiatehokkuussuunnitelmat. Motivan webinaari. Viitattu 10.3.2017

Iin kunta 2017. Uusiutuva energia ja resurssiviisaus. Viitattu 30.11.2017. http://ii.fi/uusiutuva_energia

Ilmasto-opas. 2018. Energiansäästö ja energiatehokkuus avainasemassa myös kunnissa. Helsinki. Viitattu 19.2.2018 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/bd5fd659-6ebd-4831-ae74-4f08a117d934/energiansaasto-ja-energiatehokkuus-avainasemassa-myos-kunnissa.html>

Immonen, K.-M 2017. Kemin kaupungin tilapalvelut. Kaupungin arkkitehdin haastattelu 15.1.2017.

Kemin kaupungin energiatehokkuussopimus 2008-2016. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö 2008.

Kemin kaupungin energiatehokkuussopimus 2017-2025. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.

Keränen, A. 2017. Satama Oy. Kunnossapitopäällikön haastattelu 2.2. 2017.

KH kortisto. 2004. Kiinteistön energian- ja vedenkulutuksen tunneittainen seuranta. Helsinki: Rakennustieto Oy

Kivelä, K 2015. Tervahallin energiakatselmus. Corbel Oy. Kemi. Viitattu 24.1.2017

Kotala, I. 2017. Kemin kaupungin liikuntatoimi. Liikuntatoimen päällikön haastattelu 10.2.2017.

Kurvinen, A. 2016. Valaistuksen suunnittelu Dialux-evo valaistuslaskentaohjelmalla. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Luoma, K. 2016. Kunnat mukaan uusiin energiatehokkuussopimukseen 2017-2025. Kuntaliiton yleiskirje 5/2016. Viitattu 10.3.2017. <https://www.kuntaliitto.fi/yleiskirjeet/2016/kunnat-mukaan-uusiin-energiatehokkuussopimukseen-2017-2025>

Motiva Oy 2017a. Energiatehokkuusdirektiivi. Viitattu 20.2.2017. <http://www.motiva.fi/taustatieto/ohjauskeinot/direktiivit/energiatehokkuusdirektiivi>

Motiva Oy 2017b. Energiatehokkuussopimukset. Viitattu 22.2.2017. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatehokkuussopimukset>

Motiva Oy 2017c. Palvelusektorin ominaiskulutuksia. Viitattu 22.2.2017

https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/palvelusektorin_ominaiskulutuksia

Mäkelä, H. 2016. Energiakulutustietojen seuranta ja hyödyntäminen kiinteistöjen teknisessä ylläpidossa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Pelo, K. 2017. Paketti energiansäästöä. Sähköposti.petri.paldanius@edu.lapinamk.fi. Tulostettu 4.1.2017.

Pelo, K. 2017. Kemin kaupungin tilapalvelu. Sähköistysvastaavan haastattelu 8.1.2017-20.2.2017.

Riikola, T. 2017. Fagerhult Oy. Projektipäällikön haastattelu 13.2.2017.

Tarkiainen, P. 2017. Kemin keilatalo Oy. Toimitusjohtajan haastattelu 8.8.2017.

Torvinen, S. 2010. Kestävän kehityksen näkökulma Varkauden kaupungin energiatehokkuussuunnitelmassa. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Turtiainen, J.2010. Valaistuksen ja valaistuksenohjauksen suunnittelu isoihin tiloihin. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinöörityö.

Salmi, P. 2017. Kemin kaupunki. Toimistoassistentin haastattelu. 20.1.2017.

Savikko, R. 2009. Ilmastopolitiikka Suomen kunnissa. Kuntaliiton kysely ilmastopolitiikasta Suomen kunnissa. Raportti

Silvennoinen, J. 2017. ENP Oy. Projektipäällikön haastattelu. 19.11.2017.

Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2. 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. Helsinki.

ST 58.16. 2017. Opetustilojen valaistus. Helsinki. ST-kortisto.

Verronen, R. 2017. Kemin kaupunki. Kunnossapitopäällikön haastattelu 20.1.2017.

Virta, J. & Pylsy, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy

VTT 2017. Uimahallien vertailut. Viitattu 12.2.2017.
<http://uimahallit.vtt.fi/vertailut.asp>

Ylenius, S. 2015. Energiatehokkuus Lohjan kaupungissa vuosina 2008-2014. Turun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

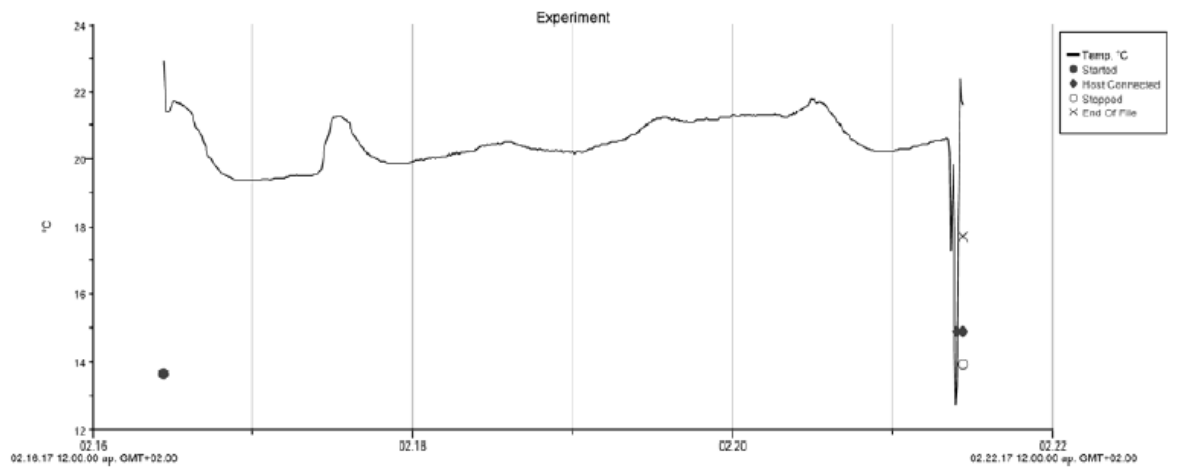
Ympäristöministeriö 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. Helsinki.

LIITTEET

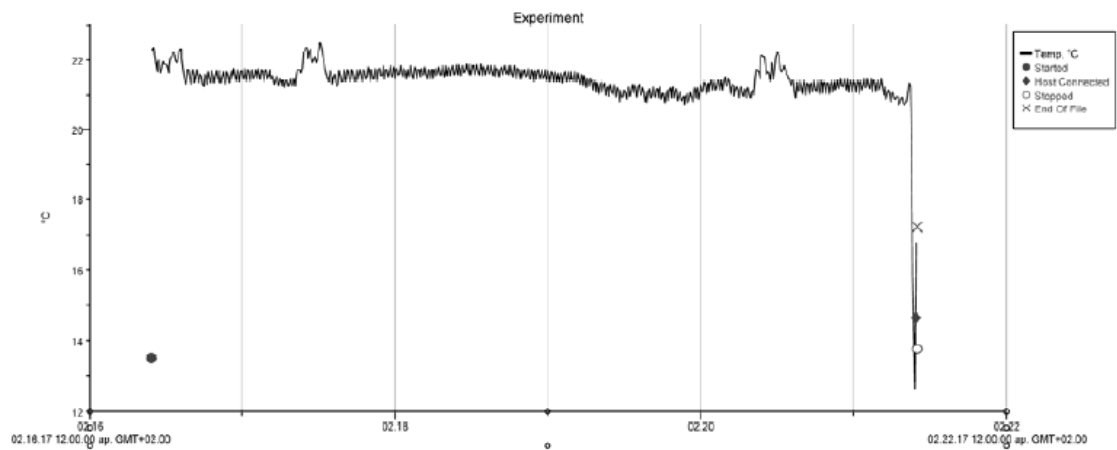
- Liite 1. Energiatyöryhmän toimenpideluettelo hallintokunnittain (Luottamuksellinen)
- Liite 2. Kemin tilapalvelun kiinteistöjen kulutustiedot (Luottamuksellinen)
- Liite 3. Motivan ominaiskulutustaulukot
- Liite 4. Tilapalvelun ominaiskulutukset(Luottamuksellinen)
- Liite 5. Tilapalvelun kiinteistöjen energiankäytön kustannukset, laskettuna vuoden 2015 hintojen mukaan (Luottamuksellinen)
- Liite 6. Tilapalvelun kiinteistöjen veden lämmityksen ja kaukolämmön suhde kokonaisenergiankulutuksissa. (Luottamuksellinen)
- Liite 7. Koivuharjun koulun osittainen sisätilojen valaisinluettelo.
- Liite 8. Koivuharjun koulun valaistuksen lux-tasot verrattuna standardeihin.
- Liite 9. Koivuharjun koulun ulkovalaisinluettelo.
- Liite 10. Koivuharjun koulun sisälämpötilat neljältä päivältä HOB0-logger-järjestelmällä mitattuna.
- Liite 11. Ehdotus toimenpiteille ensimmäiseksi vuodeksi. (Luottamuksellinen)
- Liite 12. Ehdotus toimenpiteille toiseksi vuodeksi. (luottamuksellinen)
- Liite 13. Ehdotus toimenpiteille kolmanneksi vuodeksi. (luottamuksellinen)
- Liite 14. Ehdotus toimenpiteille neljänneksi vuodeksi. (luottamuksellinen)
- Liite 15. Säästöjen kokonaiskertymä toimenpide-ehdotuksista.

Liite 10 1(2)

Lämpötilamittaus. Veistoluokka.

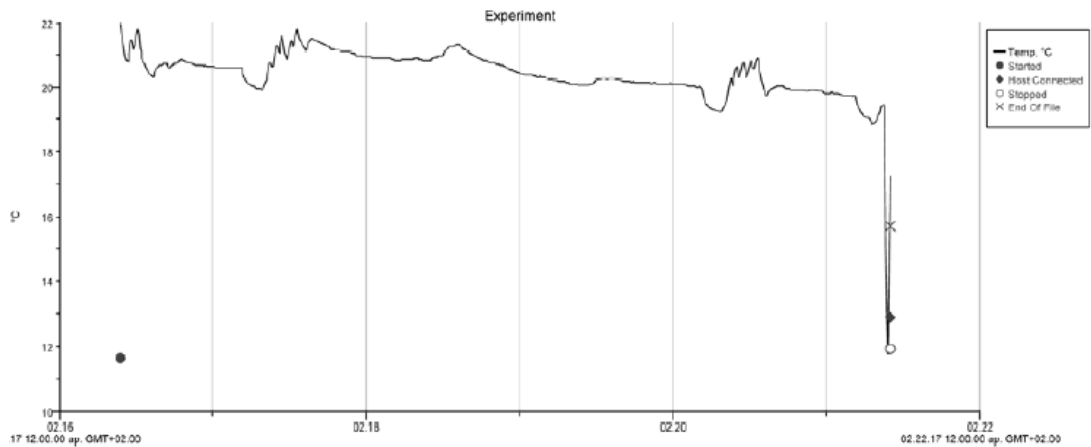


Luokka 7.

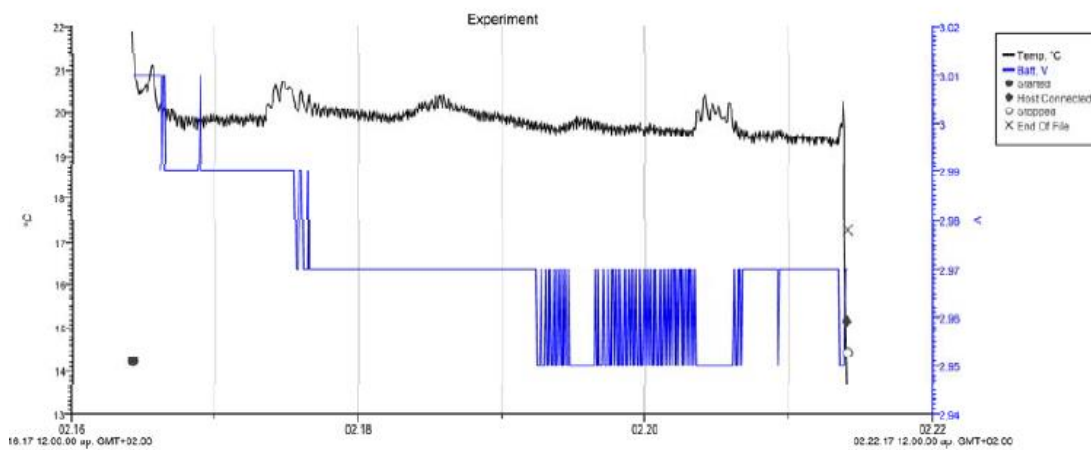


Liite 10 2(2)

Luokka 9.



Luokka 10.



Liite 15.

	2018	2019	2020	2021
Investointi(€)	49894	95898	138398	180598
Kokonaissäästökertymä(€)	62954	138428	221830	311272
Kokonaissäästökertymä Co2(tonnia)	172	198	203	211