



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SÄHKÖENERGIANKULUTUSTEN VERTAILU JA ANALYSOINTI

COMBI-hanke

Sami Montonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

MONTONEN, SAMI:
Sähköenergiankulutusten vertailu ja analysointi
COMBI-hanke

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Toukokuu 2016

Opinnäytetyö on tehty osana laajempaa COMBI-hanketta (Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings), joka keskittyy palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien vaikutusten ja ongelmien selvittämiseen ja ratkaisemiseen. Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu seitsemän COMBI-hankkeessa olevan kohteen sähköenergiankulutusta ja vertailtu niitä vastaavien rakennusten keskimääräisiin arvoihin Suomessa. Kaikki tarkastelukohteet sijaitsevat Pirkanmaalla.

Energiankulutustietoja saatiin paikallisilta sähköverkkoyhtiöiltä ja kohteiden automaatiojärjestelmistä. Työn tavoitteena oli selvittää suuren sähkönkulutuksen syitä ja pohtia, millä keinoin kulutusta voitaisiin vähentää. Kohteissa käytiin myös paikan päällä, jolloin pystyttiin näkemään paremmin kulutuksien syitä, kuinka kulutusta voitaisiin pienentää ja saatiin samalla parannusideoita käyttö-, ja huoltohenkilökunnalta.

Työn toteutusvaiheessa kävi ilmi, että kohteiden energiankulutusten mittarointiin ja kerätyn tiedon tallentamiseen ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Tämä vaikeuttaa kohteiden toteutuneen sähköenergian kulutusten tarkastelua ja ongelmakohtiin puuttumista.

Työssä saaduista tuloksista huomataan, että yleisesti kohteissa yhtä lukuun ottamatta on hyvä energiatehokkuus. Kuitenkaan nollaenergiarakennuksille eikä passiivitalolle asetettuja tavoitteita ei saavuteta. Aurinkopaneelit itsessään eivät riitä parantamaan rakennuksien energiankulutusta vaaditulle tasolle; lisäksi uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä palvelurakennuksissa pitäisi tutkia tarkemmin. Energiankulutuksien mittarointiin ja tietojen tallentamiseen tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Asiasanat: combi, energiankulutus,

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical building services

SAMI MONTONEN:
COMBI-project
Energy-consumption comparison and analysis

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 1 pages
May 2016

The thesis was carried out as a part of a broader COMBI-project (Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings), which focuses on identifying and solving problems related to the impact and the improvement of energy efficiency in service buildings. Seven buildings and their electric energy consumption were studied, and compared with the average values in the corresponding buildings in Finland. All examined buildings are located in Pirkanmaa in southern Finland.

Energy consumption information was obtained from the local grid companies and from the automation systems of the properties. The aim was to find out the causes of high electricity consumption and consider means by which consumption could be reduced. These projects also took place on the spot, so that it was possible to see better the causes of consumption, how to reduce consumption and at the same time to acquire improvement ideas from operating-, and maintenance personnel.

Work in the implementation phase showed that not enough attention is given to measuring energy consumptions or storing the collected information. This complicates the examination of the electric energy consumptions and managing problems.

The results obtained in this work noted that in general, all buildings except one have a good energy efficiency. However, zero-energy buildings and the objectives pursued a passive house cannot be achieved. The solar panels themselves are not enough to improve the energy consumption of buildings to the required level; In addition the use of renewable energy sources in the service buildings should be further studied. Meters on energy consumption and storage of data should be given more attention.

Key words: combi, energy-consumption

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tavoitteet	7
1.2	Tutkimusmenetelmät	7
2	COMBI-HANKE.....	8
3	RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS	10
3.1	Talotekniikkajärjestelmien ja uusiutuvan energian tuotannon ratkaisut..	10
3.2	Energiankulutuksen seuranta	11
3.3	Nollaenergiarakennus (nZEB)	11
3.4	Passiivitalo	12
3.5	Aurinkoenergian hyötykäyttö	13
4	SÄHKÖTEKNINEN SUUNNITTELU	15
4.1	Sähkönjakelujärjestelmä	15
4.2	Valaistussuunnittelu	15
4.3	LVI-järjestelmien sähkölaitteet.....	17
5	CASE-KOhteet	18
5.1	Luhtaan päiväkotia	18
5.2	Koivurinteen päiväkotia ja koulu	19
5.3	Toivion koulu.....	20
5.4	Vuores-talo.....	21
5.5	Puopuiston päiväkotia	23
6	ENERGIANKULUTUKSET JA ANALYSOINTI.....	24
6.1	Kulutustiedot.....	24
6.1.1	Luhtaan päiväkotia.....	24
6.1.2	Koivurinteen päiväkotia ja koulu.....	27
6.1.3	Toivion koulu	28
6.1.4	Vuores-talo.....	29
6.1.5	Puopuiston päiväkotia	31
6.2	Vertailut	32
6.2.1	Case-kohteiden keskinäinen vertailu.....	32
6.2.2	Luhtaan päiväkotia.....	34
7	PARANNUSEHDOTUKSET	35
7.1	Luhtaan päiväkotia	35
7.2	Koivurinteen päiväkotia ja koulu	36
7.3	Toivion koulu.....	36
7.4	Vuores-talo.....	37
7.5	Puopuiston päiväkotia	38

8 POHDINTA.....	39
LÄHTEET	40
LIITTEET	41
Liite 1. Sähköenergian vuotuisia rakennustyyppikohtaisia ominaiskulutuksia (kWh/r-m ³) raportoidussa palvelusektorin rakennuskannassa.....	41

LYHENTEET JA TERMIT

bruttopinta-ala, [brm ²]	kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoalaan lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrosalojen summa, riippumatta siitä, ovatko huoneet kylmiä vai lämpimiä
kWh	kilowattitunti
kWp	kilowattipeak, eli huipputeho jolla ilmoitetaan esimerkiksi aurinkokeräinten teho.
MWh	megawattitunti
nollaenergiatalo	rakennus, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus ja sen kulluttama lähes olematon tai vähäinen energia katetaan mahdollisimman suurelta osalta uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla.
primäärienergia	tunnusluku, johon lasketaan energian määrä painotettuna energiamuodoittain määritellyllä primäärienergiakertoimella.
r-m ³	kohteen rakennustilavuus
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
U-arvo	lämmönläpäisykerroin, joka kuvaa rakenteen läpi kulkevaa lämpötehoa pinta-alaa kohti, kun lämpötilaero on yhden yksikön suuruinen. Yksikkö W/m ² K

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet

Suomen tavoitteena on rakentaa kaikki vuoden 2019 alusta lähtien käyttöönotettavat uudet julkiset rakennukset nollaenergiarakennuksina. (FInZEB 2015). Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen kustannustehokkaasti rakennusteknisin keinoin nykyisestä määräystasosta on kuitenkin erittäin haasteellinen tehtävä, ja tämä korostuu erityisesti julkisissa palvelurakennuksissa. Tässä yhteydessä palvelurakennuksilla tarkoitetaan kouluja, päiväkoteja, sairaaloita sekä vanhusten ja muiden erityisryhmien palveluasumisen yksiköitä. Palvelurakennuksissa tilojen käyttö on hyvin monimuotoista ja niiden toimivuudelle asetetaan erityisiä vaatimuksia. Tästä syystä talotekniikalla ja taloteknisten järjestelmien energiatehokkuudella on keskeinen rooli lähes nollaenergiatavoitteiden saavuttamisessa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja vertailla jo toteutuneita energiankulutuksia valituissa kohteissa. Kulutustietoja vertailtiin kohteiden suunnitteluvaiheessa laskettuihin arvoihin, etsittiin syitä mahdollisiin eroavaisuuksiin ja lopuksi pohdittiin parannusehdotuksia kuinka energiankulutusta voitaisiin vielä vähentää. Kohteina oli kolme päiväkotia ja kaksi koulua. Kohteissa oli sekä uudisrakennuksia että peruskorjattuja rakennuksia ja ne sijaitsivat Pirkanmaalla.

1.2 Tutkimusmenetelmät

COMBI-hanketta varten saatiin rakennusten toteutuneita energiankulutustietoja mukana olevista kohteista kaupungeilta, kunnilta ja vesi-, sähkö-, lämpöyhtiöiltä. Joistain kohteista oli yleensä jo valmiiksi suunniteltuja ja mallinnettuja energiankulutuksia joihin toteutuneita energiankulutustietoja voitiin vertailla. Kohdekäynneillä päästiin tutustumaan paremmin rakennuksiin ja niiden talotekniikkaan, ja saimme kuulla mitä ongelmia rakennuksissa oli käyttäjien ja ylläpitäjien mielestä energiankäytön näkökulmasta. Näitä kaikkia tietoja käytettiin tämän opinnäytetyön tekemisessä.

2 COMBI-HANKE

COMBI-hanke keskittyy palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseen liittyvien vaikutusten ja ongelmien selvittämiseen ja ratkaisemiseen. (Combi 2015.) COMBI-hankkeen keskeisiä tavoitteita ovat:

- Tarkastella palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamista lähes nolla-energiatasoon kokonaisvaltaisesti.
- Parantaa palvelurakennusten energiatehokkuutta siten, että valitut ratkaisut täyttävät myös niille asetetut muut vaatimukset ja tavoitteet.
- Kehittää palvelurakennusten energiatehokkaita taloteknisiä ratkaisuja lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien, ilmanvaihdon, valaistuksen sekä sähkön omatuotannon osalta.
- Selvittää millä tavoin uusiutuvan energian etätuotanto voidaan ottaa huomioon sekä palvelurakennusten että muiden rakennusten energiatehokkuustarkaste- luissa.
- Kehittää rakentamisen prosesseja energiatehokkuuden näkökulmasta.
- Tuottaa tutkimustietoa energiankulutuksen pienentämisen vaikutuksista kustan- nuksiin ja optimoida eri ratkaisuvaihtoehtoja.
- Laatia suositukset lähes nollaenergiarakennusten energiatehokkuusvaatimuksille palvelurakennusten osalta Suomen olosuhteissa.
- Jakaa tietoa palvelurakennusten energiankulutuksen pienentämisen vaikutuksista sekä valituista ratkaisuista kunnille, ministeriöille ja yrityksille.

COMBI-hankkeessa on viisi eri työpakettia, joissa keskitytään rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen eri näkökulmista. Näitä ovat tutkimuksen organisointi ja tiedotus, arkkitehtonisten ratkaisujen vaikutus energiatehokkuuteen, rakenneratkaisujen lämpö- ja kosteustekninen toiminta ja sisäilman olosuhteet, talotekniikkajärjestelmien ja uusiutu- van energian tuotannon ratkaisut sekä hankeprosessien kehittäminen ja rakennusten toimivuuden varmistus. TAMK on mukana hankkeen neljännessä työpaketissa, talotek- niikka ja energiantuotanto.

Tutkimuksessa on mukana tutkimusryhmiä Aalto-yliopistosta, Tampereen ammattikorkeakoulusta (TAMK) ja Tampereen teknillisestä yliopistosta. Aalto-yliopistolta tutkimukseen osallistuu energiatekniikan laitokselta energiatehokkuuden ja energiajärjestelmien laboratorio.

COMBI-hankkeen rahoittajina on suuri joukko rakennusalan yrityksiä eri osa-alueilta käsittäen arkkitehti-, rakenne- ja LVIS-suunnittelutoimistoja, rakennusliikkeitä, rakennuttajia, rakennusmateriaalivalmistajia, LVIS-laitevalmistajia ja -myyjiä sekä rakennusten kuntotutkimukseen keskittyneitä yrityksiä. Kaikkiaan mukaan hankkeeseen on lähtenyt 38 yritystä ja kahdeksan kuntaa Tampereen kaupunkiseudulta.

3 RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS

Huippuenergiatehokkaan kohteen toteuttaminen vaatii panostusta läpi koko rakennusprosessin. Energiatehokkaan kokonaisuuden aikaansaaminen ei onnistu rakennuksen muusta suunnittelusta, toteutuksesta ja käytöstä irrallaan tehtävillä energiaratkaisuilla, vaan se vaatii kokonaisvaltaista lähestymistä. Tämä edellyttää kiinnittämään erityistä huomiota energiatehokkuuteen rakennuksen suunnittelu- ja rakennusprosessissa. Energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa rakennuksen muodolla, rakennuksen suuntauksella tontilla, ikkunoiden suuntauksella ja suuruudella, aurinkosuojauksella, lämmöneristeiden määrällä, ilmatiiveydellä, käyttäjätottumuksilla, sisälämpötilalla, tilojen käyttöasteella ja talotekniikan tehokkuudella. (Vuolle, 2004, 457- 458.) Myös rakennuksen käyttö- ja kunnossapitotoimiin pitää panostaa enemmän rakennuksen toimivuuden varmistamiseksi. Toisaalta energiatehokkuuden parantaminen lisää helposti rakentamisen kustannuksia ja useampi ratkaisuvaihtoehto on taloudellisesti kannattamaton.

Kun rakennetaan tiivis talo, ja lämmitystarve laskee, muut tekijät nousevat keskeisemmiksi energiankulutuksen hallinnassa. Usein rakennusten energiankulutusta ovat lisänneet erilaiset laitteet ja kojeet, jotka tuottavat myös lämpökuormia. Valaistus nousee yhdeksi suurista energiankulutuskohteista, ja tällä saralla onkin jo tapahtunut merkittävää kehitystä tekniikan osalta, esimerkiksi LED-tekniikka ja energiatehokkaat ohjauksjärjestelmät.

3.1 Talotekniikkajärjestelmien ja uusiutuvan energian tuotannon ratkaisut

Taloteknisten järjestelmien energiatehokkuus ja uusiutuvan energian tuotanto ovat tärkeässä roolissa nollaenergiatavoitteiden saavuttamisessa. Talotekniset järjestelmät, kuten ilmanvaihto, lämmitys, jäähdytys sekä valaistusratkaisut täytyy valita ja toteuttaa niin, että saavutetaan korkea energiatehokkuus sekä mahdollisimman pienet ympäristövaikutukset. Uusiutuvan energian tuottaminen paikallisesti sekä sen tehokas hyödyntäminen edellyttää saumatonta integrointia talotekniikan ratkaisuissa. Taloteknisten ratkaisujen osalta tulee energiankulutuksen ohella tarkastelussa ottaa huomioon myös huipputeho ja tehojen vaihtelu niin vuorokauden kuin koko vuodenkin aikana. (RIL 259, 2012, 92.) Lisäksi tulee estää rakennusten kesäaikainen ylikäynnistyminen, joka helposti seuraa rakennuksen vaipan tehokkaasta eristämisestä.

Talotekniikkajärjestelmien osalta tarvitaan myös lisätietoa siitä, millaisia ovat energiankäyttö- ja kustannusnäkökulmasta optimaaliset palvelurakennuksiin sopivat talotekniikka- ja uusiutuvan energian tuotantojärjestelmien yhdistelmät.

3.2 Energiankulutuksen seuranta

Kiinteistöjen energiankulutusseuranta luo edellytykset tehokkaalle energiankäytön hallinnalle. Kulutuksen seurannalla on mahdollisuus saada hyödyllistä tietoa kiinteistön energiankäytön jakaantumisesta, ajallisista vaihteluista ja energian vuotokohdista. Näitä tietoja voidaan verrata tavoitetasoon ja aiempien jaksojen kulutuksiin.

Tarvittavan tiedon kerääminen helpottuu ja tiedonhankintakustannukset vähenevät, jos todentamiseen tarvittava mittausinstrumentointi on jo kiinteistöön valmiiksi asennettu ja mittaustiedot siirtyvät mahdollisimman helposti raportointijärjestelmien ja – palveluiden käytettäväksi. Kiinteistön raportoivuudella voidaan myös todentaa teknisten järjestelmien energiatehokkuus ja tarpeenmukainen käyttö.

Monissa tämän opinnäytetyön kohteissa energiankulutuksen seurannalle oli luotu hyvät edellytykset esimerkiksi sähkökeskuksiin asennetuilla mittareilla, mutta mittareita ei ollut kytketty talon valvomoon ja/tai mittaus oli liian yleiskattava eikä näin pystytä paikantamaan energiankulutuksen ongelmakohtia helposti.

3.3 Nollaenergiarakennus (nZEB)

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä (Energy Performance of the buildings Directive, EN 15603) määritellään, että lähes nollaenergiarakennus on rakennus, jossa on erittäin hyvä energiatehokkuus (IDES-EDU, 2013). Lisäksi rakennuksessa käytetystä energiasta merkittävä osa pitää tulla uusiutuvista energialähteistä, paikallisesti tai ”lähellä” tuotettuina. Jokainen EU:n jäsenmaa voi määritellä, mitä erittäin hyvällä energiatehokkuudella tarkoitetaan.

Rakennusteollisuus RT ry, Talotekniikkateollisuus ry ja ympäristöministeriö ovat toteuttaneet FInZEB-hankkeen, jonka tavoitteena oli luoda pohja kansalliselle tulkinnalle

rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) lähes nollaenergiarakennuksia koskeviin määritelmiin. Hanke ehdottaa nZEB-E-lukutasoja jotka on saavutettavissa realistisilla teknisillä ratkaisulla ja järkevillä kustannuksilla. Yleisesti nollanenergiatallolla tarkoitetaan rakennusta, jonka hyvin vähäisestä energiatarpeesta merkittävä osa katetaan uusiutuvalla energialla. Mukaan voidaan laskea myös paikan päällä tai lähellä tuotettu uusiutuva energia. FInZEB-hankkeen tarkastelu osoitti, että kannattavimpia teknisiä ratkaisuja energian säästämiseksi ovat lämmön talteenottoon, ilmanvaihtoon ja valaistukseen ja niiden tarpeenmukaiseen ohjaukseen liittyvät toimenpiteet sekä ikkunoihin ja rakennuksen tiiviyyteen kohdentuvat parannukset.

3.4 Passiivitalo

Passiivitalo ei ole rakennuskonsepti eikä tarkalleen ottaen myöskään standardi, vaan vapaaehtoisesti asetettava energiatehokkuustavoite. (Passiivi.info, 2009.) Passiivitalo määritellään sen tilojen lämmitysenergian tarpeen perusteella, jolloin käyttövesi ja sähköenergia sekä rakennuksen käytön vaikutus jäävät energiatarkastelun ulkopuolelle. Passiivitalossa pieni energiantarve saavutetaan ulkovaipan ominaisuuksien avulla sekä ilmanvaihdon tehokkaalla lämmön talteenotolla. Myös lämpökuormat pyritään käyttämään hyväksi. Sana passiivi viittaa siihen, että energiansäästökeinojen pääpaino ei ole teknisissä laitteissa. Tyypillisimpiä ratkaisuja passiivitaloissa ovat mm. hyvä lämmöneristys, ulkovaipan tiiviys, ovien ja ikkunoiden hyvä lämmöneristävyys sekä ilmaislämmönlähteiden (aurinkoenergia, ihmiset, laitteet) hyödyntäminen. Passiivitalon määritelmä perustuu kolmeen tunnuslukuun, jotka ilmaisevat tilojen lämmitysenergian tarpeen, rakennuksen kokonaisprimäärienergiatarpeen ja mittaukseen perustuvan ilmavuotoluvun.

	etelärannikko	maan keskiosat	pohjoisosat
lämmitysenergiatarve	≤ 20 kWh/(m ² a)	≤ 25 kWh/(m ² a)	≤ 30 kWh/(m ² a)
kokonaisprimäärienergiatarve	≤ 130 kWh/(m ² a)	≤ 135 kWh/(m ² a)	≤ 140 kWh/(m ² a)
ilmavuotoluku n ₅₀	≤ 0.6 1/h	≤ 0.6 1/h	≤ 0.6 1/h

KUVA 1. Suomalaisen passiivitalon kriteerit.

Passiivitaloissa tarkastellaan tilojen lämmitysenergiatarvetta, jossa ei huomioida lämmitysjärjestelmän ominaisuuksia. Tilojen lämmitysenergiankulutuksella tarkoitetaan

toteutunutta energiankäyttöä. Sitä ei käytetä kriteerinä, sillä rakennuksen käyttäjä voi vaikuttaa kulutukseen merkittävästi.

Passiivitalomääritelmän heikkoutena voidaan pitää sitä, että samaa energiankulutuksen lukuarvokriteeriä käytetään erityyppisille ja erikokoisille rakennuksille, joissa lämmitettävän tilavuuden ja lämpöhäviöitä aiheuttavan ulkovaipan alan suhde on varsin erilainen. (Passiivi.info, 2009.)

3.5 Aurinkoenergian hyötykäyttö

Auringon säteily sisältää huomattavan suuren energiaa, esimerkiksi auringon säteilyn teho maan pinnalla on 170 000 TW, josta kuitenkin voidaan käytännössä hyödyntää vain pieni osa. (Auringosta lämpöä ja sähköä, 2014.) Aurinkoenergialla on yleensä tuotettu sähköä ja lämpöä. Vaikka Suomella on pohjoinen sijainti, Etelä-Suomessa auringon vuositteiset säteilymäärät ovat samaa suuruusluokkaa kuin Keski-Euroopassa, jossa aurinkoenergiaa hyödynnetään paljon. Auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut ovat kuitenkin Suomessa suuremmat, johtuen talviajan pienestä auringonsäteilyn määrästä. Etelä-Suomen säteilyenergiasta 90 % saadaan maaliskuun ja syyskuun välisenä aikana. (Auringosta lämpöä ja sähköä, 2014.)

Kun aurinkoenergiaa kerätään talteen lämpönä, siihen tarvittavaa laitetta kutsutaan aurinkokeräimeksi tai aurinkolämpökeräimeksi. Näiden laitteiden sisällä kiertää ilmaa tai nestettä jota auringonvalo lämmittää. Käytettäessä aurinkokeräimiä rakennuksen huone-tilojen lämmittämiseen, lämmönjako toimii parhaiten matalalämpöjärjestelmällä, kuten vesikiertoisena lattialämmityksenä, vesipatterilämmityksenä tai ilmalämmityksenä.

Sähkön tuottamiseen käytetään aurinkosähköpaneelia, joka muodostuu sarjaan kytke-tyistä aurinkokennoista. Näissä kennoissa auringonsäteilyn sisältämä energia saa aikaan jännitteen ala- ja yläpinnan välille. Auringon paistaessa aurinkosähköpaneeli tuottaa jatkuvaa tasavirtaa, joka voidaan muuntaa vaihtovirraksi. Tästä sähkö voidaan viedä talon pääsähkökeskukseen joka syöttää sähkön ensisijaisesti talon omiin käyttökohteisiin. Kulutuksen ylittävä osa syötetään yleiseen sähköverkkoon. Aurinkoenergiatekniikka on polttoaineeton, päästötön ja äänetön tapa tuottaa sähkö- ja lämpöenergiaa. Sekä keräimien, että paneelien sijoittaminen ja suuntaus noudattavat kuitenkin samoja periaatteita.

Parhaiten aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää, kun sen luomat mahdollisuudet otetaan huomioon jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Aurinkoenergian kerääminen onnistuu parhaiten silloin, kun auringonsäteilyä kohdistuu energiaa keräävään pintaan ympäri vuoden. Tällöin pitää jo kaavoitusvaiheessa huomioida, etteivät muut rakennukset tai maaston kohoamat varjosta niitä. Osittainen varjostus ei estä aurinkoenergiaa keräävän järjestelmän toimintaa, mutta alentaa sen hyötysuhdetta.

4 SÄHKÖTEKNINEN SUUNNITTELU

4.1 Sähkönjakelujärjestelmä

Rakennuksen sähkötekniisessä suunnittelussa on tavoitteena tuottaa ratkaisut, jotka palvelevat rakennuksessa tapahtuvaa toimintaa mahdollisimman tehokkaasti ja toimintavarmasti sekä muuntojoustavin ratkaisuin. Energiatehokkaassa rakentamisessa on kiinnitettävä erityistä huomiota valintoihin, joilla voidaan varmistaa kulutuksen tarpeenmukaisuus, vähentää hukkakulutusta ja pienentää häviöitä. (RIL 259, 2012, 112.) Erityisesti rakennuksen vähäisen käytön, peruskuorman ajaksi eli yleensä yö- ja viikonloppuajaisen kulutuksen suunnittelu mahdollisimman alhaiseksi on tärkeää.

Sähkøjärjestelmien suunnittelussa ja mitoituksessa tärkeimpiä tavoitteita ovat korkeat hyötysuhteet ja vähäiset häviöt (muuntajat, UPS-laitteet, taajuusmuuttajat, moottorikäytöt jne.)

Sähkökeskusten ryhmittelyssä on hyvä varautua siihen, että eri kulutusryhmiä (valaistus, sähkölämmitykset, LVI-laitteet ym.) pystytään mittaamaan. Keskuslähdet suurikulutusisille laitteille on suunniteltava siten, että niiden energiankulutusmittaus on helppo toteuttaa.

4.2 Valaistussuunnittelu

Valaistusratkaisujen sähköenergiankulutukseen vaikutetaan sekä suunnitteluratkaisuilla (valaistusratkaisu, valaistustasot, energiatehokkaat valaisimet ja lamppuratkaisu) että käyttötavoilla (valaistuksen ohjaus). Rakennuksen suunnitteluvaiheessa on hyvä selvittää yhteistyössä käyttäjän kanssa minkälaisia vaatimuksia tilojen toiminta asettaa valaistukselle. Tällöin saadaan mitoitettua parhaat valaistustasot todellisen tarpeen mukaiseksi. Hyvin suunnitellut valaistusratkaisut täyttävät valaistustasojen ja häikäisynestön osalta tilojen käytön vaatimukset, eivätkä kuluta tarpeettomasti energiaa. Korkeammat valaistustasot ja valaistustehot voidaan muuttaa energiatehokkaammiksi valaistusohjausratkaisuilla, jolloin valaistusta esim. ohjataan käyttöaikojen mukaisesti.

Valaisin- ja lamppuvalinta on tärkeä osa energiatehokasta valaistusta. Sisävalaistuksessa tulisi käyttää pääosin pitkäikäisiä loiste- ja purkauslamppuja. (RIL 259, 2012, 112.) Pitkäikäisyyden käytöllä pidennetään lamppujen vaihtoväliä ja sen myötä vähennetään huoltotarvetta ja ympäristökuormitusta. Sisävalaistuksessa tulisi käyttää myös elektronisia liitäntälaitteita. Näiden laitteiden avulla pienennetään valaisimien energiankulutusta, lisätään lamppujen polttoikää, parannetaan valon laatua ja vähennetään valaisimen aiheuttamaa magneettikenttää.

Valaistuksen ohjaus on perinteisesti ratkaistu paikallisilla päälle/pois-kytkimillä, jotka ohjaavat yksittäisiä valaisimia tai alueellisia valaisinryhmiä päälle ja pois. Haluttaessa toteuttaa valaistuksen ohjaukset energiatehokkaasti ja erityisesti luonnonvaloa hyödyntäen tulee kysymykseen erityisesti valaistuksen ohjaukseen soveltuvien väyläjärjestelmien kuten DALI käyttö. Tällöin valaisimia voidaan ohjata ja himmentää osoitteellisilla väyläpohjaisilla ohjausjärjestelmillä, joissa jokainen liitäntälaite on yksilöllisesti ohjattavissa tai säädettävissä. Väyläpohjainen järjestelmä vaatii kuitenkin monimutkaisempaa valaisinelektroniikkaa sekä ohjelmointilaitteita.

Myös lisääntynyt läsnäoloilmaisimien käyttö valaistuksen ohjaukseen antaa merkittävää säästöä valaistusenergian kulutuksessa. Tällainen ohjaus soveltuu hyvin opetustiloihin, käytäviin sekä aputiloihin. Päiväkodeissa tulee huolehtia että pienikin liike kuten lapsen kävely ohjaa valaistuksen päälle.

Keinovalon valotasoa voidaan ohjata vakiovalo-ohjauksin ikkunoiden läheisyydessä päivänvalon mukaan. Tällöin valaistus menee automaattisesti päälle vasta, kun ikkunoista tuleva päivänvalo ei täytä tilan valaistusvoimakkuusasetuksia. Väyläpohjainen järjestelmä säädettävillä valaisimilla yhdistettynä läsnäolo- ja vakiovalo-ohjaukseen vaatii eniten investointeja, mutta sellaisella järjestelmällä saavutetaan myös suurimmat energiankulutuksen säästöt.

4.3 LVI-järjestelmien sähkölaitteet

LVI-teknisellä suunnittelulla on keskeinen merkitys matalaenergia- ja sisäilmastotavoitteiden saavuttamisen näkökulmasta. Sisäolosuhteista huolehtivien järjestelmien tulee toimia energiataloudellisesti ja luotettavasti erilaisissa tilanteissa ympäri vuoden. Passiivi- ja matalaenergiarakentamisessa jäähdytysenergian osuus on suurempi kuin tavanomaisissa rakennuksissa vaipan lämpöhäviöiden merkityksen vähentyessä ja sisäisten kuormien ja käyttöasteen merkityksen lisääntyessä. (RIL 259, 2012, 122.) Jotta rakennuksen kokonaisenergiankulutus saadaan hallintaan, on LVI-järjestelmien häviöihin ja järjestelmien sähköenergian kulutukseen kiinnitettävä erityistä huomiota.

LVI-suunnittelun kaikilla osa-alueilla voidaan vaikuttaa energiankulutukseen. Tällöin toteutetaan järjestelmävalinta ja –suunnittelu sekä verkostojen ja laitteiden mitoitus. Suunnittelussa toimitaan yhteistyössä myös sähkö- ja rakennusautomaatiosuunnittelijan kanssa ja varmistetaan valittujen LVI-järjestelmien ja laitteiden energiatehokkaat ohjaus- ja säätöratkaisut.

LVI-tekniikan energiansäästöratkaisuilla pyritään säästämään lämmitys- ja jäähdytysenergiaa, mutta samalla näillä toimenpiteillä vaikutetaan suoraan myös sähköenergian kulutukseen. (Motiva Oy.) Yleisesti ottaen lämmitys- ja jäähdytysenergian säästöratkaisut (jotka tarvitsevat toimiakseen sähköä) lisäävät sähköenergian kulutusta, kun taas tarpeenmukaisilla ohjausratkaisuilla ja tehokkaammilla moottoriratkaisuilla vähennetään sähköenergian kulutusta.

Tämän vuoksi LVI-järjestelmiä tulee tarkastella osana koko rakennusta ja energian kokonaiskulutusta eikä vain erillisiä osa-alueita kuten lämmitys, jäähdytys tai sähkö.

5 CASE-KOhteET

COMBI-hankkeen työpakettien toteutuksessa on käytetty Tampereelta ja ympäristökunnista valittuja case-kohteita. Näistä kohteista opinnäytetyötäni varten on valittu viisi kohdetta. Kohteet on valittu siten, että niissä on eri käyttötarkoitukseen suunniteltuja rakennuksia kuten päiväkoteja sekä kouluja. Kohteissa on mukana sekä uudiskohteita että korjausrakentamiskohteita ja eri energiatehokkuustasojen rakennuksia.

5.1 Luhtaan päiväkoti

Tämä rakennus on Suomen ensimmäinen passiivitason palvelurakennus joka on valmistunut 2012. Kohteen rakennustilavuus on yhteensä 6375 r-m³ ja pinta ala 1600 brm² kahdessa kerroksessa. Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on kiinnitetty erityistä huomiota energiatehokkaan rakentamisen ratkaisuihin. Vähäiseen energiankulutukseen vaikutetaan rakennuksen hyvällä lämmöneristyksellä ja ikkunoiden oikealla suuntaamisella sekä tehokkaalla ilmanvaihdon hyötykäytöllä. Katolle sijoitetuilla yhteensä 150m² aurinkopaneeleilla tuotetaan sähköä omaan tarpeeseen. Rakennuksen sijoittelulla on myös pyritty edesauttamaan passiivienergiarakentamista. Rakennuksessa ei ole toimintaa iltaisin tai viikonloppuisin.

Rakennuksen LVI-suunnittelun tavoitteena on ollut valita mahdollisimman energiatehokkaat järjestelmät ja laitteet niin että passiivitalon taso saavutetaan. Rakennus lämmitetään vesikiertoisilla pattereilla ja lattialämmitysverkostolla. Lattialämmitystä säädetään huonekohtaisilla säätimillä ja lämpötila-antureilla.

Ilmastointilaitos on toteutettu pääosin keskuskoneilla, joiden palvelualuejako tehdään tilojen erilaisten käyttöaikojen ja laatuvaatimusten perusteella. Ilmastoinnissa käytetään lämmöntalteenottolaitteita.

Kaikki rakennukseen kiinteästi liittyvät laitteet on suunniteltu ja rakennettu siten, että tarpeetonta energiankäyttöä ja energiahäviötä on rajoitettu hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Rakennuksen energiataloutta on pyritty parantamaan hyödyntämällä aurinkoenergiaa aurinkopaneelien avulla sekä kiinnittämällä erityistä huomiota rakennuksen vaipan tiivyyteen. Ulkoseinillä ei käytetä uppo-asennusta ja läpiviennit on minimoitu.

Rakennuksen valaisimet on ryhmitetty siten, että tilan yleisvalaistusta voidaan ohjata valaistustarpeen mukaan. Erityistä huomiota on kiinnitetty valaistuksen ohjaukseen niissä tilojen osissa, joissa päivänvalon saatavuus on hyvä, eli toteutetaan ns. päivänvalosäätöjärjestelmä. Tätä ohjaustapaa on käytetty suurimmissa osissa rakennusta tiloissa missä on paljon ikkuna-pinta alaa. Valaistus myös sammutetaan automaattisesti aikaviiveellä kun liike lakkaa 10-60min tilasta riippuen. Valaistusjärjestelmä on mitoitettu ja valaistustehoa ohjataan valaistustarve huomioon ottaen siten, että valaistuksen lämpökuormasta aiheutuva huonelämpötilan kohoaminen ja jäähtymisen tarve mahdollisuuksien mukaan vältetään. Valaistuksen energiankulutukseen on kiinnitetty huomiota myös käyttämällä, led-valaisimia ja muita energiatehokkaita valaisin- ja lampputyyppejä käyttäen.

Rakennuksen vesikatolle on asennettu n. 150 m² alueelle aurinkopaneelit. Järjestelmän vaatimuksiksi on asetettu muun muassa 20 MWh vuosituotto sekä 21,6 kWp huipputeho. Aurinkopaneelijärjestelmästä ei saada tarkkoja tuottolukuja ulos, sillä järjestelmää ei ole kytketty rakennusautomaatiojärjestelmään vaikka sille on luotu edellytys.

Rakennuksessa on Schneiderin kulutusseurantajärjestelmä, jolla voi nähdä koko rakennuksen energiankulutuksen selainpohjaisen ohjelman kautta. Järjestelmä ei kuitenkaan tallenna tietoja mihinkään, eikä niitä ole järjestetty kuukausittaisiin tai vuosittaisiin kulutuksiin joka helpottaisi niiden seurantaa. Järjestelmä on liitetty keskusvalvomoon kaupungin ATK-verkon avulla.

5.2 Koivurinteen päiväkotiki ja koulu

Tämä rakennus on kolmikerroksinen päiväkotiki-koulu, joka on valmistunut vuonna 2014. Toimintaan rakennus on otettu syksyllä 2014. Päiväkodin yhteydessä on 4 perusopetusluokkatilaa, ja rakennuksessa hoidetaan yhteensä noin 105 lasta. Rakennuksessa ei ole toimintaa iltaisin tai viikonloppuisin. Kohteen rakennustilavuus on yhteensä 9440 r-m³.

Rakennus lämmitetään kaukolämmöllä, pääasiassa lattialämmityksellä, jota ohjataan tila- ja huonekohtaisilla säätimillä. Vetoisiin paikkoihin on lisätty radiaattoreita. Lämmitystä ohjataan huone- ja tilakohtaisilla säätimillä. Rakennuksessa on kaksi ilmanvaihtokonetta

joista toinen keittiölle ja toinen muille tiloille. Keittiön poistoilmassa on poistoilmalämpöpumppu, toisessa koneessa on pyörivä lämmöntalteenotto jonka hyötysuhde näytti kohdekäynnin aikana 87,6 %. Ilmanvaihtokoneet käyvät ympäri vuorokauden, kuitenkin yön ja viikonloput osateholla.

Valaistuksen osalta rakennuksessa on suurimmassa osassa tiloista vain päälle/pois kytkimet, eikä valaistuksenohjausjärjestelmää ole asennettu. Ruokalan valaistus on toteutettu päivänvalo-ohjauksella. Käytävillä ja portaikoissa valot ovat jatkuvasti päiväsaikaan päällä. Valaistusasennuksissa on huomioitu energiankulutusta asentamalla elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja loistelamppuvalaisimia ja led-lamppuvalaisimia.

Rakennuksessa on Schneiderin kulutusseurantajärjestelmä, jolla voi nähdä koko rakennuksen energiankulutuksen selainpohjaisen ohjelman kautta. Järjestelmä ei kuitenkaan tallenna tietoja mihinkään, eikä niitä ole järjestetty kuukausittaisiin tai vuosittaisiin kuluihin joka helpottaisi niiden seuranta. Järjestelmä on liitetty keskusvalvomoon kaupungin ATK-verkon avulla.

5.3 Toivion koulu

Tämä rakennus on 1.-6. luokkien kolmikerroksinen alakoulu joka on rakennettu vuonna 1958. Rakennuksen peruskorjaus ja laajennus ovat valmistuneet vuosina 2011–2012. Koulussa on noin 280 oppilasta. Kohteen rakennustilavuus on yhteensä 20 006 m³. Rakennuksessa on myös viikonloppuisin toimintaa kirjastossa sekä liikuntasalissa.

Rakennus lämmitetään maalämmöllä, jota täydennetään öljylämmityksellä tarvittaessa. Rakennukseen haluttiin kaukolämpö mutta sitä ei saatu, sillä kaukolämpölinjaa ei kulje lähellä. Ensimmäisessä kerroksessa on lattialämmitys, johon on myöhemmin lisätty huonekohtainen termostaatti. Toisessa kerroksessa on radiaattorilämmitys, jotka ovat kytketty lattialämmityspiiriin. Rakennuksen LVIA-tekniikassa on tullut kuitenkin ilmi useita teknisiä ongelmia kuten maalämmön ja öljylämmityksen yhteen käyminen, maalämpöpumppujen ohitukset eivät ole toimineet sekä niiden taajuusmuuttajia on hajoillut. Ilmanvaihtokoneissa on lämmöntalteenotto, joiden hyötysuhde vaihteli 60–70 % väliltä.

Rakennuksen energiankulutusta on pyritty vähentämään säätämällä sisätilojen valaistusta aikaohjelmilla ja liiketunnistimilla. Kaikissa tiloissa on myös himmennettävä valaistus.

Valaistusasennuksissa on huomioitu energiankulutusta asentamalla elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja loistelamppuvalaisimia ja led-lamppuvalaisia.

Rakennuksessa on Fidelixin automaatiojärjestelmä. Energiamittaukset ovat luettavissa selainpohjaisesta liittymästä, mutta järjestelmä ei kuitenkaan tallenna tietoja mihinkään, eikä niitä ole järjestetty kuukausittaisiin tai vuosittaisiin kulutuksiin joka helpottaisi niiden seurantaan. Järjestelmä on liitetty keskusvalvomoon kaupungin ATK-verkon avulla.

5.4 Vuores-talo

Tämä rakennus on suuri koulukeskus, jonka rakentaminen on vaiheistettu. Ensimmäinen vaihe valmistui kesällä 2013, jolloin otettiin käyttöön päiväkoti ja alakoulun sekä terveydenhoidon tilat. Loppuvuodesta valmistuivat liikuntatilat, koulun keittiö sekä aula/ruokailu- ja monitoimitilat. 1-vaiheen rakennustilavuus on yhteensä 53 431 m³. Vaiheessa 2 otetaan käyttöön yläkoulu näillä näkymin syksyllä 2016. Kun koulu on valmis, siellä toimii 100-paikkainen päiväkoti ja noin 1200 oppilaalle mitoitettu koulu. Päiväkotilasten ja oppilaiden lisäksi talossa työskentelee enimmillään noin 100 aikuista päiväkodin, koulun tai terveydenhuollon palveluissa. Koulukeskuksessa järjestetään myös koululaisten aamu- ja iltapäivätoimintaa sekä vapaa-ajantoimintaa nuorille. Iltaisin ja viikonloppuisin tiloja käytetään eri-ikäisten asukkaisen harrastus- ja muuhun toimintaan.

Rakennushanke on yksi Tampereen Tilakeskus Liikelaitoksen matalaenergiarakentamisen pilottikohteista. Energiatehokkuuteen on kiinnitetty erityistä huomiota etenkin hankkeen ja toteutussuunnittelussa. Rakennus on suunniteltu siten, että se täyttää energiatehokkuusluokan A vaatimukset opetusrakennuksille. Keskeisinä keinoina tavoitteen saavuttamisessa on ollut energiankulutuksen minimoiminen hyvin eristetyllä ulkovälpällä, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton korkealla hyötysuhteella sekä sähköä säästävällä laitetekniikalla (energiatehokkaat valaisimet, sähkömoottorit). Myös koneellisen jäähdytyksen tarvetta on pyritty vähentämään yöaikaisella tuuletuksella ja pienentämällä lämpökuormia mm. ikkunoiden aurinkosuojauksen avulla.

Koulukeskuksen LVIA-suunnittelun lähtökohtana on hyvin käytettävän ja huollettavan

laitoksen lisäksi elinkaaritalous. Koulukeskuksen lämpöenergia saadaan kaukolämpöverkostosta, joilla lämmitetään radiaattoreita, sekä päiväkodissa, pääaulassa ja pesu- ja pukuhuonetiloissa lattialämmitystä. Liikuntasalissa käytetään myös ilmalämmitystä. Rakennus on varustettu koneellisilla tulo- ja poistoilmakoneilla, joissa on ilman lämmitys sekä tapauskohtaisesti lämmöntalteenotto ja jäähdytys. Kylmätilojen jäähdytyskompressorikoneikot on sijoitettu autohalliin, jolloin niiden tuottama lauhdelämpö voidaan hyödyntää hallin lämmitykseen.

Haasteina rakennuksen energiankulutuksessa on ollut lämmitys; aikaisemmin riittävän lämmitystehon saaminen, mutta nyt haasteena on riittävän nopea reagoiminen yllilämpöön. Lämmityspatterit ovat 6 kk vuodessa kylmiä eivätkä sovellu hyvin lämmön säätämiseen. Lattialämmitys toimii tammikuussa hyvänä lämpöakkuna mutta vaikeuttaa syksyllä ja keväällä yllilämmön poistamista.

Sisätilojen valaistuksessa on käytetty pääosin elektronisella liitäntälaitteella varustettuja valaisimia. Luokka- ja toimistotilojen valonlähteinä on pitkäikäisiä ja energiatehokkaita T5-loistelamppuja. Erikoistiloissa on himmennettävät valaistukset. Yleistilojen valaistukseen käytetään rakennusautomaatiojärjestelmää ja/tai liikeilmaisimia sekä painikeohjauksia.

Rakennuksen katolle vesikatolle on sijoitettu aurinkosähköjärjestelmä joka on liitetty rakennuksen pääkeskukseen. Järjestelmä on tehty lähinnä demonstraatiojärjestelmäksi, jotta itse rakennus toimisi myös oppimisympäristönä. Aurinkosähköjärjestelmän teho on yhteensä 45 kWp ja sen arvioitu tuotanto vuodessa on 37,5 MWh. Aurinkopaneelit peittävät lähes puolet 900 m² liikuntasalin katosta. Järjestelmä käy sähköverkon kanssa rinnan, eli kaikki tuotettu sähkö saadaan suoraan rakennuksen käyttöön.

Rakennuksessa on Schneiderin kulutusseurantajärjestelmä, jolla voi nähdä koko rakennuksen energiankulutuksen selainpohjaisen ohjelman kautta. Järjestelmä ei kuitenkaan tallenna tietoja mihinkään, eikä niitä ole järjestetty kuukausittaisiin tai vuosittaisiin kulutuksiin joka helpottaisi niiden seuranta. Järjestelmä on liitetty keskusvalvomoon kaupungin ATK-verkon avulla.

5.5 Puropuiston päiväkot

Tämä rakennus on päiväkot, jonka viereen on rakennettu kokonaan uusi rakennus, ja samalla saneerattu vanha osa. Peruskorjaus ja laajennus ovat otettu käyttöön keväällä 2012. Rakennukset ovat yhdistetty yhdyskäytävällä. Vanhan puolen toimiessa päivävuorossa, uusi puoli toimii nykyisin ympäri vuorokauden. Rakennuksessa hoidetaan yhteensä noin 150 lasta. Rakennustilavuus on yhteensä 10 347 r-m³.

Päiväkot on yhdistetty kaukolämpöön. Päiväkodin saneerattu osa lämmitetään käyttämällä vesikiertoisia radiaattoreita, uudessa osassa on lattialämmitys joiden lämpötilat säädetään termostaateista huonekohtaisesti.

Molemmille rakennuksille on oma ilmanvaihtonsa, joissa molemmissa on myös lämmöntalteenotto joiden hyötysuhteet olivat kohdekäynnin aikana 40–50 % luokkaa.

Rakennuksen sisävalaistus on ohjattu käytävätiloissa ohjelmallisesti jatkuvasti päällä oleviksi, ja lisäksi tarvittaessa liiketunnistimin. Muissa tiloissa valaistusta ohjataan manuaalisesti, sekä tunnistinvalaisimilla. Valaistusasennuksissa on huomioitu energiankulutusta asentamalla elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja loistelamppuvalaisimia. Rakennuksessa on YIT:n automaatiojärjestelmä, mutta kulutusseurantaa ei ole vielä kytetty valvomoon.

6 ENERGIANKULUTUKSET JA ANALYSOINTI

6.1 Kulutustiedot

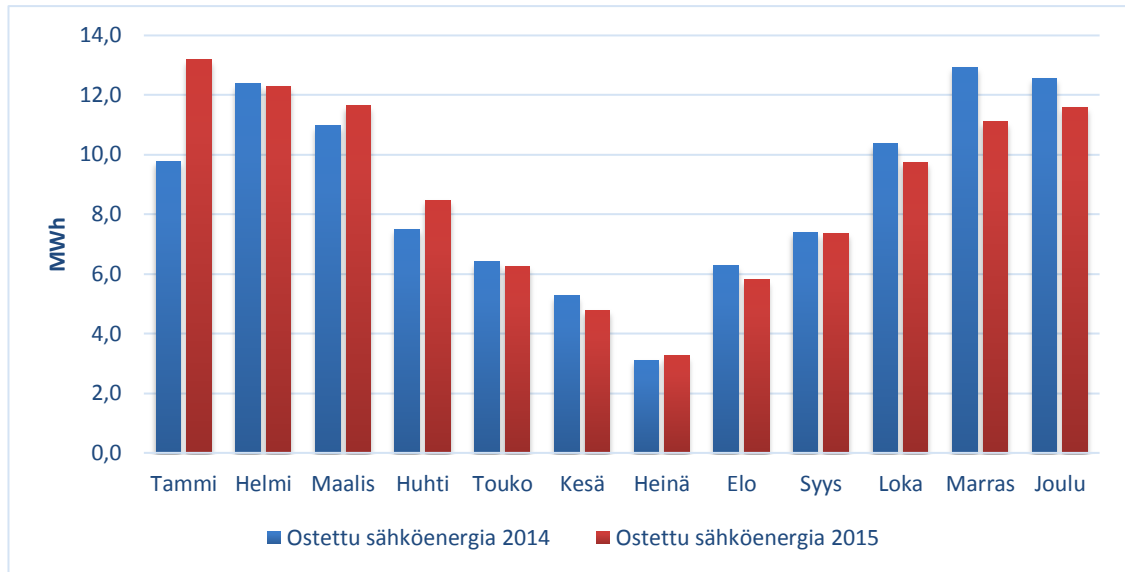
COMBI-hankkeeseen liittytyäni oli ensimmäisenä tehtävänäni hankkia kohteiden kulutustietoja mahdollisimman kattavasti sekä sähköyhtiöiltä, että kohdekäynneiltä. Näin saatiin tietoon tarkemmin rakennusten kokonaisenergiankulutusta. Tuloksia on havainnollistettu taulukoiden ja kuvaajien avulla.

6.1.1 Luhtaan päiväkot

Luhtaan päiväkodin sähköenergiankulutuksessa on suuria vaihteluita vuoden sisällä, joka osaltaan selittyy tilojen kesäajan vähäisellä käyttöasteella, sekä valaistustarpeen väheneemisellä valoisina kuukausina. Tässä näkyy erityisesti valaistuksen päivänvalo-ohjauksen tuoma hyöty energiankulutuksessa. Myöskin aurinkopaneelien laskennallinen sähköenergian tuotto vuodessa on noin 19 MWh, ja mitattu tuotto vuonna 2014 oli 21 MWh. Suurin osa aurinkopaneelien tuottamasta sähköenergiasta saadaan kevät- ja kesäaikaan, joka osaltaan vähentää ostettavan sähkön tarvetta valoisina kuukausina.

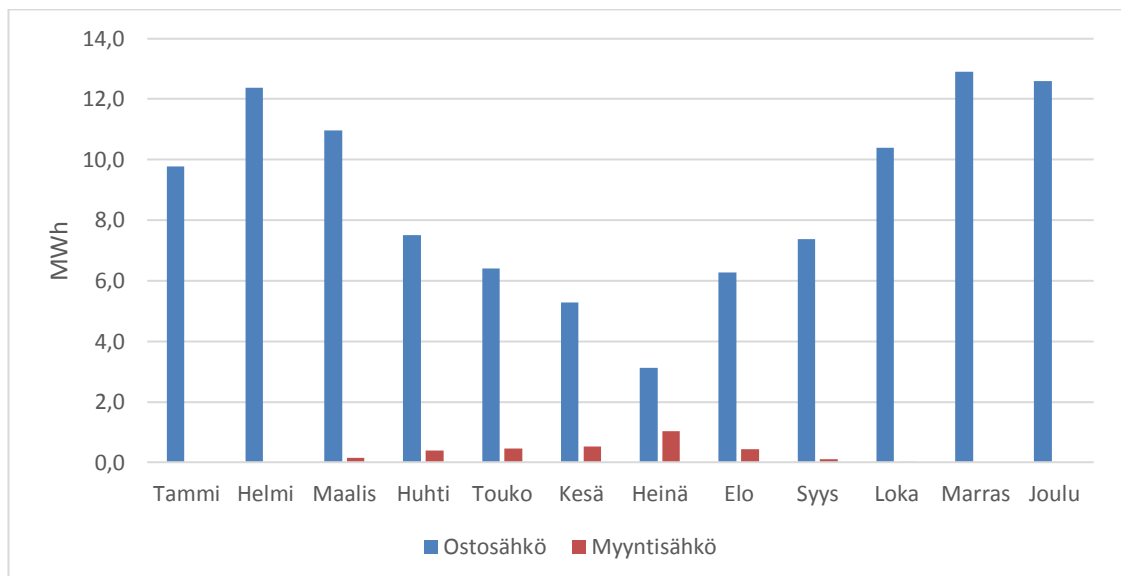
Ostettu sähköenergia, MWh		Rm ³ : 6375	
Kuukausi	2014	2015	Muutos %
Tammi	9,8	13,2	+34,8
Helmi	12,4	12,3	-0,8
Maalis	11,0	11,6	+6,0
Huhti	7,5	8,5	+12,7
Touko	6,4	6,3	-2,4
Kesä	5,3	4,8	-9,6
Heinä	3,1	3,3	+4,5
Elo	6,3	5,8	-7,4
Syys	7,4	7,4	0,0
Loka	10,4	9,7	-5,9
Marras	12,9	11,1	-14,1
Joulu	12,6	11,6	+8,6
Yhteensä	104,9	105	0,5
Sähkö kWh/brm ³	16,5	16,5	0,0

Taulukko 2. Luhtaan päiväkodin ostettu sähköenergia



Kuva 2. Luhtaan päiväkodin ostettu sähköenergia.

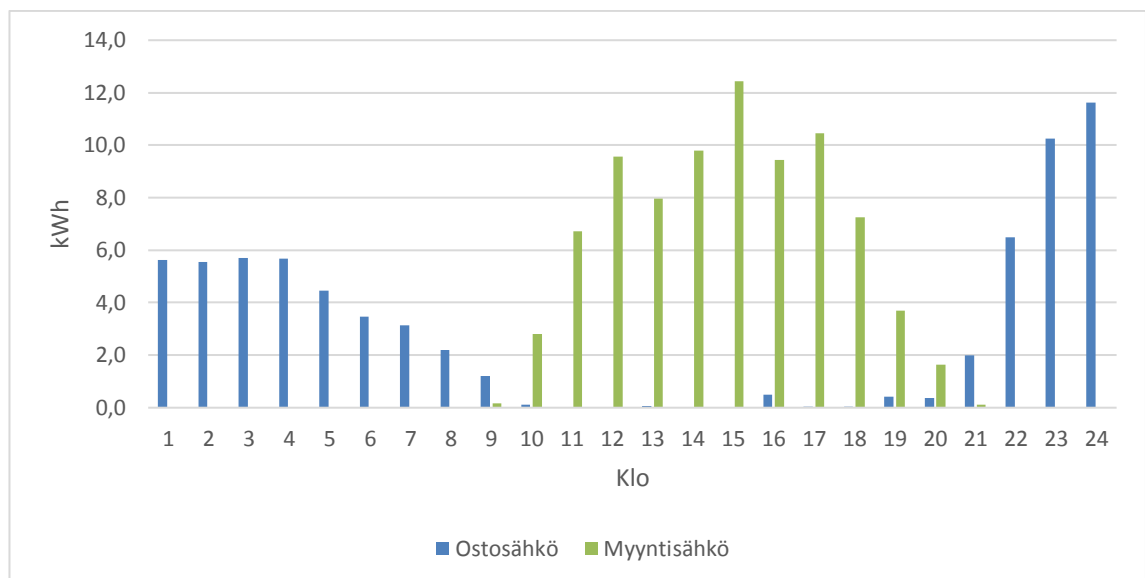
Kuvassa 3 esitetään Luhtaan päiväkodin kuukausittainen osto-, ja myyntisähkö vuodelta 2014. Myyntisähkö on aurinkopaneelijärjestelmän tuottamaa sähköenergiaa, jota rakennus ei käytä. Tämä johtuu siitä, että tällöin aurinkopaneelien tuotto ylittää rakennuksen sähköenergian tarpeen. Puhutaan myyntisähköenergiasta vaikkakin sähköverkkoon päätyvästä sähköenergiasta ei saada rahallista tuottoa.



Kuva 3. Ostosähkö ja myyntisähkö Luhtaassa vuonna 2014.

Kuten kuvasta kolme nähdään, aurinkopaneeleilla tuotettu sähköenergia ylittää paikoin rakennuksen sähköenergiantarpeen. Tällöin ylimääräinen tuotettu sähköenergia päätyy ilmaiseksi takaisin verkkoon, sillä järjestelmässä ei ole akkuja varaamassa aurinkoenergiaa. Hyödyntämätön aurinkosähköenergia on vuosittain 2,5-3 MWh. Aurinkopaneelien tuotto on noin viidesosa rakennuksen ostamasta sähköstä.

Täysin omavaraisia tunteja, eli rakennus on käyttänyt vain aurinkopaneeleilla tuotettua sähköenergiaa, on yhteensä 444 tuntia 22 kuukauden tarkasteluajanjaksolla. Näitä tunteja on laajasti huhtikuusta marraskuuhun, eli aurinkopaneeleista on hyötyä pitkälle syksyyn. Kuvassa 4 esitetään rakennuksen yhden päivän, 20.7.2014 osto-, ja myyntisähkön määrä kilowattitunteina. Aurinko on noussut kello 4.24 ja laskenut kello 22.38 (Päivyri.fi).



Kuva 4. Ostosähkö ja myyntisähkö Luhtaassa 20.7.2014

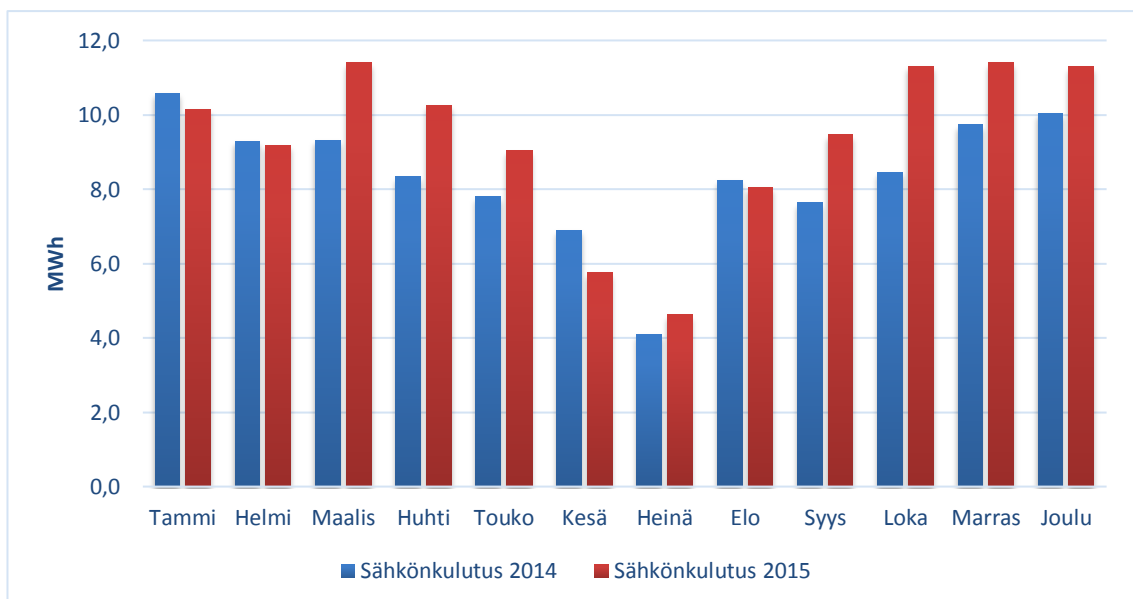
Kuvasta 4 nähdään että ostosähkön määrä alkaa laskea heti auringon noustessa ja rakennus on lähes kokonaan omavarainen kello 10. Aurinkopaneelien tuottaman sähköenergian huippu on kello 15, jolloin se kattaa rakennuksen tarvitseman sähköenergian sekä tuottaa 12,4 kWh sähköverkkoon. Aurinkopaneelien tuottama sähköenergiamäärä alkaa laskea iltaa kohti, mutta jatkuu silti auringon laskuun asti.

6.1.2 Koivurinteen päiväkotiki ja koulu

Koivurinteen päiväkodin energiankulutus vähenee merkittävästi kesä- ja heinäkuussa, joka selittyy vähäisestä käyttöasteesta kesäaikaana. Kasvanut kulutus vuoteen 2015 johtuu suurelta osin siitä, että rakennus on valmistunut vuonna 2014 ja otettu käyttöön syysluku- kaudella. Myös ilmanvaihtoa pidetään yleisesti normaalia käyttöä suuremmalla teholla rakennuksen ensimmäisen toimintavuoden aikana joka on vaikuttanut vuoden 2015 sähkökulutukseen. Rakennuksesta ei saatu muita sähköenergian kulutustietoja kuin sähkölaitokselta saadut tiedot.

Ostettu sähköenergia, MWh		Rm ³ :9440	
Kuukausi	2014	2015	Muutos %
Tammi	10,6	10,1	-4,1
Helmi	9,3	9,2	-1,0
Maalis	9,3	11,4	+22,4
Huhti	8,3	10,3	+23,2
Touko	7,8	9,0	+15,9
Kesä	6,9	5,8	-19,7
Heinä	4,1	4,6	+12,5
Elo	8,2	8,1	-2,3
Syys	7,6	9,5	+23,9
Loka	8,5	11,3	+33,7
Marras	9,7	11,4	+17,1
Joulu	10,0	11,3	+12,6
Yhteensä	100,4	112	+11,9
Sähkö kWh/brm ³	10,6	11,9	+12,2

Taulukko 3. Koivurinteen päiväkodin sähköenergiankulutus.



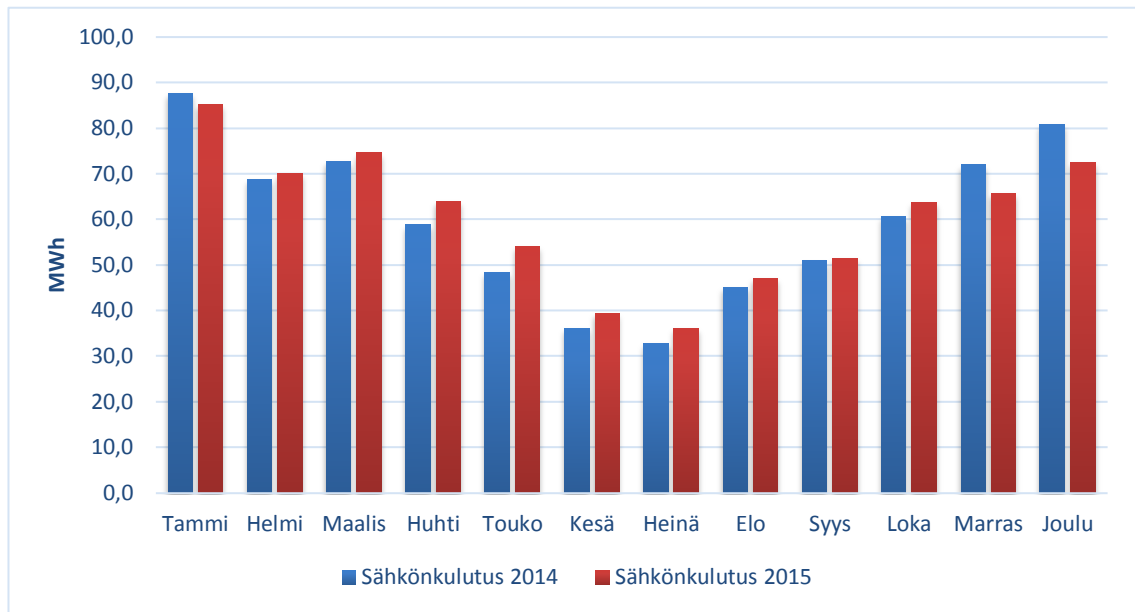
Kuva 6. Koivurinteen päiväkodin sähköenergiankulutus.

6.1.3 Toivion koulu

Toivion koulun sähköenergiankulutus on ylivoimaisesti suurin valituissa kohteissa suhteutettuna rakennustilavuuteen. Rakennus kuluttaa lähes yhtä paljon energiaa kuin kolme kertaa suurempi Vuores-koulutuskeskus. Tässä suurimmaksi tekijäksi nousevat varmasti rakennuksen suuret ongelmat talotekniikassa, joista oli tarkemmin tietoa kohteen esittelyssä. Rakennuksen sähköenergian kulutuksen kuukausittainen vaihtelu on kuitenkin normaalia luokkaa koulurakennukselle, jonka kesäajan käyttö on vähäistä. Rakennuksesta ei saatu muita sähköenergian kulutustietoja kuin sähkölaitokselta saadut tiedot.

Sähkönkulutus, MWh	Rm ³ : 20006		
Kuukausi	2014	2015	Muutos %
Tammi	87,7	85,2	-2,8
Helmi	68,8	70,1	+1,9
Maalis	72,6	74,6	+2,7
Huhti	58,9	63,9	+8,6
Touko	48,4	54,2	+12,0
Kesä	36,2	39,4	+9,0
Heinä	32,7	36,1	+10,4
Elo	45,1	47,1	+4,6
Syys	50,9	51,5	+1,1
Loka	60,7	63,8	+5,2
Marras	72,0	65,6	-8,9
Joulu	80,9	72,6	-10,3
Yhteensä	714,9	724	+1,3
Sähkö kWh/bm ³	35,7	36,2	+1,4

Taulukko 4. Toivion koulun sähköenergiankulutus.



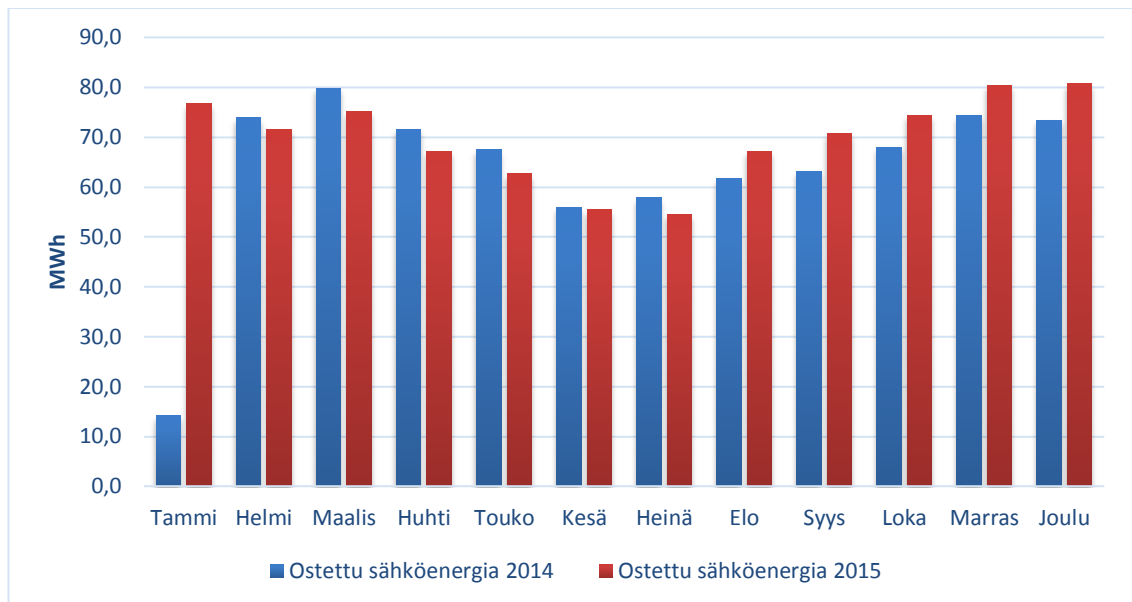
Kuva 7. Toivion koulun sähköenergiankulutus.

6.1.4 Vuores-talo

Vuores-talon sähköenergiankulutuksessa on pienempiä kuukausittaisia vaihteluita, johdettua rakennuksen suuresta ympärivuotisesta käyttöasteesta. Myöskään aurinkopaneelijärjestelmä ei tuo suurta hyötyä kulutuksen vähentämiseen, sillä sitä ei ole mitoitettu oleellisesti vähentämään rakennuksen käyttämää ostosähköenergian määrää.

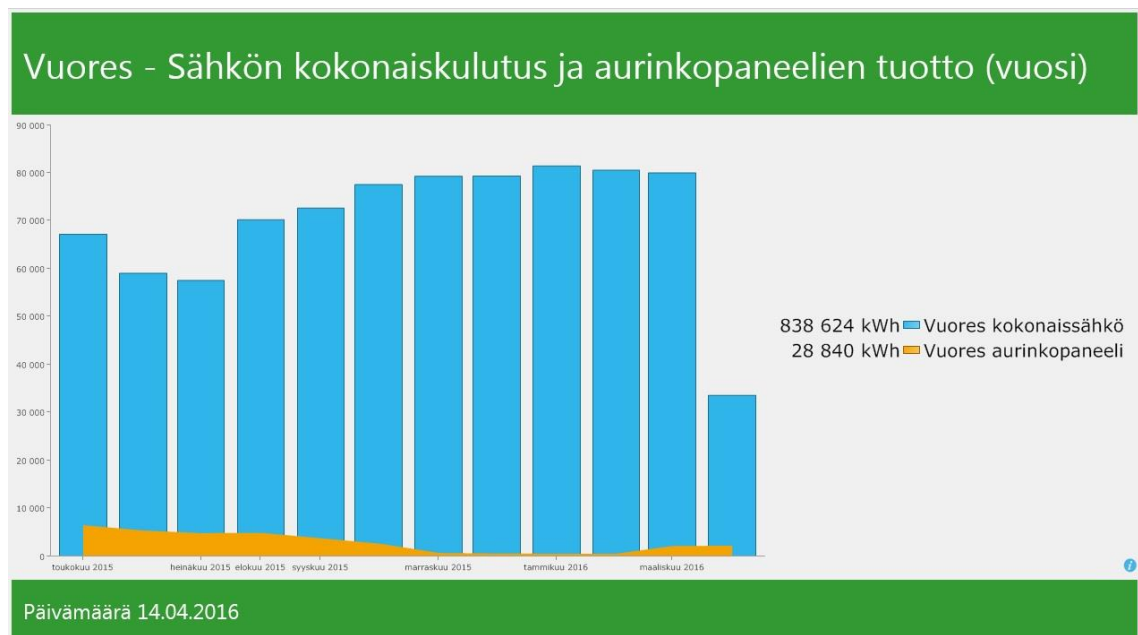
Ostettu sähköenergia, MWh		Rm ³ : 53431	
Kuukausi	2014	2015	Muutos %
Tammi	14,2	76,7	-
Helmi	74,0	71,6	-3,2
Maalis	79,8	75,1	-5,9
Huhti	71,6	67,2	-6,1
Touko	67,6	62,6	-7,3
Kesä	56,0	55,5	-0,9
Heinä	57,9	54,5	-6,0
Elo	61,7	67,3	+9,0
Syys	63,3	70,8	+12,0
Loka	68,1	74,5	+9,4
Marras	74,4	80,5	+8,2
Joulu	73,3	80,8	+10,2
Yhteensä	761,9	837	+3,26
Sähkö kWh/bm ³	14,3	15,7	+9,8

Taulukko 5. Vuores-talon ostettu sähköenergia



Kuva 8. Vuores-talon ostettu sähköenergia.

Kuvassa 9 esitetään Vuores-talon sähkön kokonaiskulutus ja aurinkopaneelien tuotto viimeisen vuoden ajalta 05.2015–04.2016.



Kuva 9. Sähkön kokonaiskulutus ja aurinkopaneelien tuotto Vuores-talossa (vuosi).

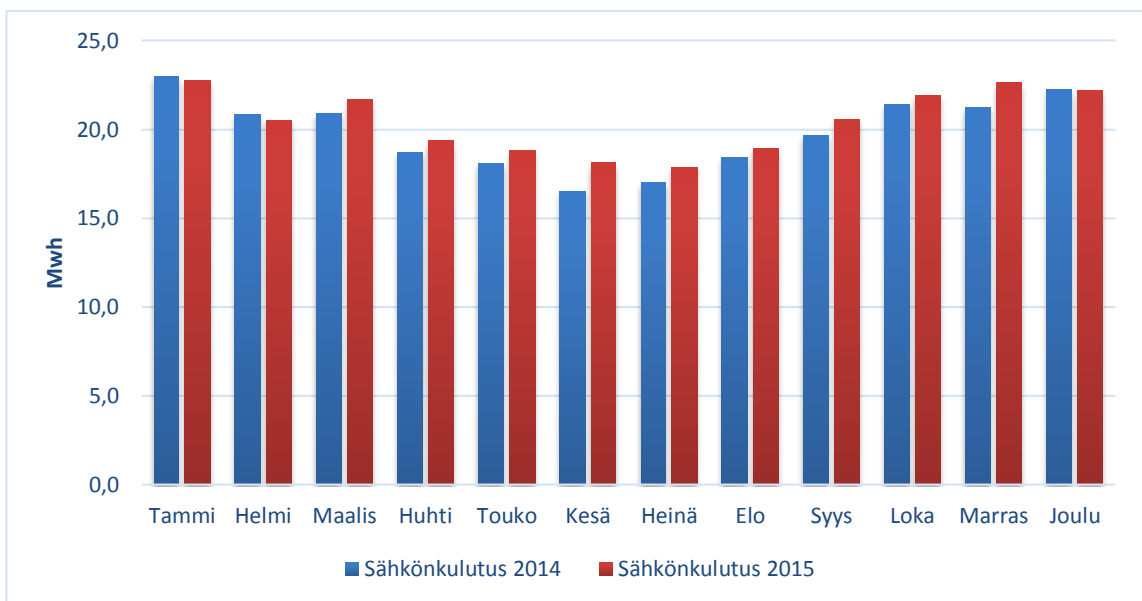
Kuvasta 9 huomataan, aurinkopaneelien tuotto edellisen vuoden aikana on ollut hieman alle 30 MWh joka on murto-osa Vuores-talon kokonaissähkön kulutuksesta.

6.1.5 Puropuiston päiväkoti

Päiväkodin energiankulutus on melko tasaista ympäri vuoden, johtuen uuden rakennuksen ympärivuorokautisesta ja ympärivuotisesta käytöstä joka nostaa energian vuosittaista kulutusta. Rakennuksesta ei saatu muita sähköenergian kulutustietoja kuin sähkölaitokselta saadut tiedot, sillä automaation mittaustietoja ei ollut yhdistetty valvomoon.

Ostettu sähköenergia, MWh		Rm ³ : 10347	
Kuukausi	2014	2015	Muutos %
Tammi	23,0	22,7	-1,3
Helmi	20,9	20,5	-1,6
Maalis	20,9	21,7	+3,8
Huhti	18,7	19,4	+3,7
Touko	18,1	18,8	+3,9
Kesä	16,5	18,1	+9,7
Heinä	17,0	17,8	+5,1
Elo	18,4	19,0	+2,8
Syys	19,7	20,6	+4,6
Loka	21,4	21,9	+2,3
Marras	21,2	22,6	+6,6
Joulu	22,3	22,2	-0,4
Yhteensä	238,1	245	+3,0
Sähkö kWh/brm ³	23,0	23,7	+3,0

Taulukko 6. Puropuiston päiväkodin sähköenergiankulutus.



Kuva 9. Puropuiston päiväkodin sähköenergiankulutus.

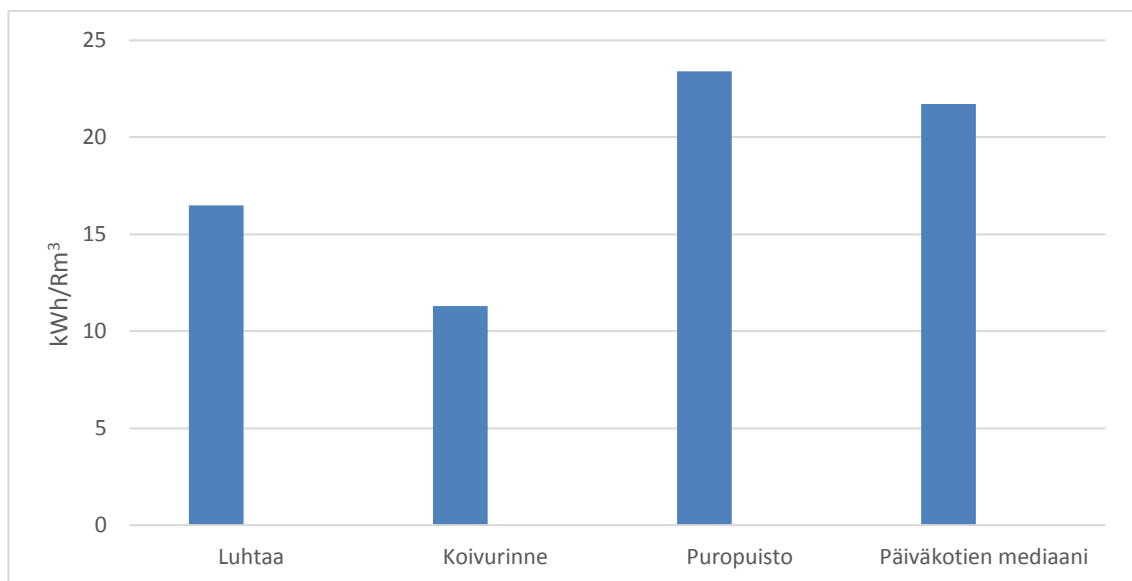
6.2 Vertailut

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan saman käyttötarkoituksen kohteita toisiinsa sekä mediaanikulutuksiin kohteiden sähköenergiankulutusta kWh kohteen rakennustilavuutta r-m^3 kohti. Vertailen myös passiivitaloksi suunniteltua Luhtaan päiväkotia sen tavoiteltuihin passiivirakentamisen energiankulutusvaatimuksiin.

Sähköenergian mediaanikulutukset on saatu Motiva Oy:ltä. Motiva on valtion omistama asiantuntijayritys, joka tarjoaa julkishallinnolle, yrityksille, kunnilla ja kuluttajille tietoa, ratkaisuja ja palveluja, joiden avulla he voivat tehdä resurssitehokkaita, vaikuttavia ja kestäviä valintoja.

6.2.1 Case-kohteiden keskinäinen vertailu

Kuvassa 10 esitetään päiväkotien ostosähköenergia tarkasteluvuosien keskiarvosta verrattuna päiväkotien mediaanikulutukseen.



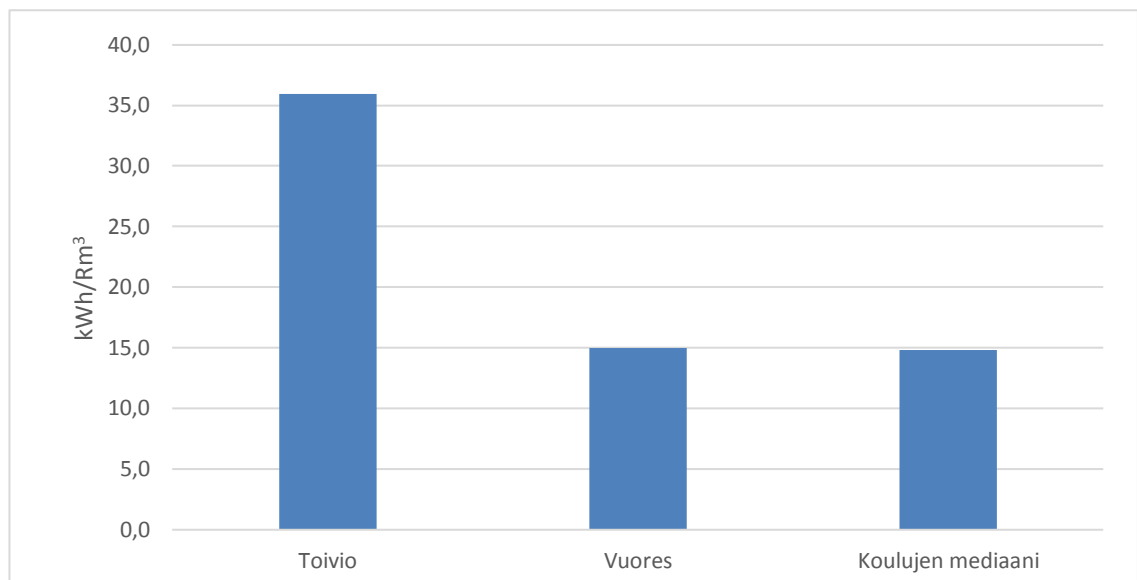
Kuva 10. Päiväkotien ostosähköenergiavertailu.

Kuvasta 10 huomataan että vain Puropuiston päiväkoti ylittää Motivan mediaaniarvon. Tämä selittyy sillä, että uudisrakennus on toiminnassa ympäri vuorokauden, jota ei ole laskettu mediaaniarvoon, eikä tällaista toimintaa ole muissa vertailuissa kohteissa. Luhtaan päiväkoti ostaa melkein neljäsosan mediaaniarvoa vähemmän sähköenergiaa, jota voidaan pitää hyvänä lukuna, sillä tämän passiivitalon energiansäästökeinojen pääpaino

on rakennusteknisissä ratkaisuissa lämmöneristyksessä ja ilmanvaihdon hyötykäytöllä. Tässä vaiheessa pitää huomioida myös Luhtaan päiväkodin aurinkopaneelit, jotka tuottavat noin viidesosan ostetusta sähköstä. Rakennuksen sähköenergiankulutus nousee siis hyvin lähelle mediaaniarvoa.

Koivurinteen päiväkodilla ja koululla on hyvin alhainen sähköenergiankulutus, joka selittyy hyvin toteutetusta yksinkertaisesta talotekniikasta. Sähkötekniikka on myös pidetty yksinkertaisena ja valaistuksessa hyödynnetty ulkoa tulevaa valoa päivävalo-ohjauksessa.

Kuvassa 11 esitetään koulujen ostosähköenergia verrattuna koulujen mediaanikulutukseen.

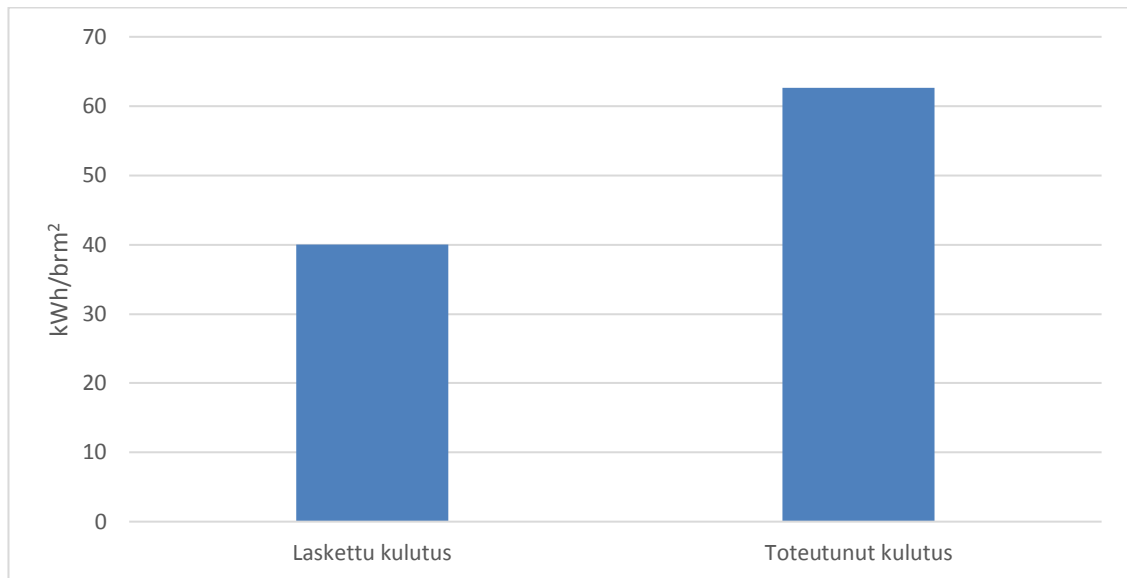


Kuva 11. Koulujen ostosähköenergiavertailu.

Kuvasta 11 huomataan että Toivion koulun sähköenergiankulutus on 243 % korkeampi kuin mediaanikulutus. Tämän aiheuttavat monet ongelmat talotekniikassa ja erityisesti LVIA-tekniikassa.

6.2.2 Luhtaan päiväkot

Kuvassa 11 esitetään Luhtaan päiväkodin vuosien 2014 ja 2015 keskiarvoinen toteutunut ostosähköenergiankulutus verrattuna laskettuun ostosähköenergiankulutukseen joka oli laskettu energiasimuloinneilla rakennuksen valmistuessa 2011.



Kuva 11. Luhtaan päiväkodin ostosähköenergiavertailu.

Kuvasta 11 huomataan että toteutunut ostosähkönkulutus 62,6 kWh/brm² on 36 % suurempi kuin rakennuksen simuloitu 9540kWh/brm² kulutus. Laskennallinen ja toteutunut energiankulutus ei kuitenkaan ole suoraan vertailukelpoisia, koska rakennuksen käyttäjien toiminta voi vaikuttaa huomattavasti toteutuvaan energiankulutukseen.

7 PARANNUSEHDOTUKSET

Yleisellä tasolla kohteiden kulutukset oli saatu vähäisiksi, ja pärjäsivät hyvin vertailtuihin mediaaniarvoihin, pois lukien Toivion koulu. Koska kohteet ovat kouluja ja päiväkoteja, on luonnollista että kesäaikana rakennuksien käyttö vähenee. Kesäajan käyttö olisi kuitenkin energiatehokasta, sillä esimerkiksi valaistuksen ja lämmityksen tarve ei ole tällöin suuri. Myös aurinkopaneelien tuotto on tällöin suurinta, eikä kaikkea tuotettua energiaa välttämättä pystytä hyödyntämään vähäisen kulutuksen myötä.

Sähköenergiankulutusten mittarointia ja seuranta tulisi kohteissa yleisellä tasolla parantaa. Useissa kohteissa on luotu edellytykset kattavaan kulutusseurantaan, mutta joko mittareita ei ole yhdistetty rakennusautomaatioon tai tietoja ei tallenneta siten, että niistä nähtäisiin hetkellisten tietojen lisäksi kuukausittaisia vai vuosittaisia tietoja.

7.1 Luhtaan päiväkotia

Luhtaan päiväkotia ei ole päässyt sille asetettuihin tavoitteisiin energiankulutuksissa, mutta se on silti kuluttanut 24 % vähemmän ostettua sähköenergiaa kuin Motivan vertailuarvo. Näin ollen voidaan sanoa että rakennuksen sähköenergian kulutusta on saatu hyvin vähennettyä.

Aurinkopaneelijärjestelmän mitoitus on hyvin onnistunut, sillä järjestelmä tuottaa tarpeeksi sähköenergiaa oleellisesti vähentämään ostosähköenergiankulutusta. Kuitenkin suurempi määrä paneeleita tuottaisi enemmän sähköenergiaa jota rakennus ei pystyisi hyödyntämään, ja näin ollen tämän hetken käyttöprofiililla varsinkin kesäaikaan investointi ei olisi kannattava.

Rakennuksessa on edelleen ongelmia kulutusten mittaroinneissa, vaikka ongelmat on havaittu jo rakennuksen toimivuustarkastelussa vuonna 2014. Muun muassa seuraavissa mittaroinneissa on ongelmia:

- Sähkön päämittaus (väärä kerroin)
- Aurinkopaneelien sähkömäärä (ei liitetty automaatioon)
- Sähkömäärä LVI (ei liitetty automaatioon)
- Aurinkokennon tuottama sähkö (väärä kerroin)

Koska mittarit ovat kuitenkin rakennukseen hankittu, ne tulisi korjata oikeiksi sekä puuttuvat mittaukset liittää automaatioon.

Kohde on kuitenkin ”matalaenergiatalo” ja energiatehokas päiväkotien mediaaniarvoon verrattuna. Rakennuksesta on vaikea tehdä tehokkaampaa sähköenergian osalta ilman merkittäviä investointeja. Mikäli rakennukselle olisi enemmän käyttöä kesäaikana, voisi tontin omaa energiatuotantoa lisätä, ilman että tuotetaan enemmän hyödyntämätöntä sähköenergiaa.

7.2 Koivurinteen päiväkoti ja koulu

Koivurinteen kohteessa on pienin sähköenergiankulutus kWh/Rm³ verrattuna muihin kohteisiin ja päiväkotien mediaaniarvoon. Tämä on pienoinen yllätys varsinkin kun rakennuksen energiansäästöön ei ole panostettu tavallista enempää energian omatuotannolla tai rakennusteknisillä ratkaisuilla. Sähköenergian kulutus lisääntyi lähes 12 % vuoteen 2015, mutta tämän pitäisi olla tilapäistä johtuen ilmanvaihdon normaalia suuremmalla käytöllä. Yleisesti voidaan sanoa että sähköenergian kulutuksen kannalta rakennus on hyvin onnistunut.

Rakennuksessa on säästetty energiaa yksinkertaisilla taloteknisillä ratkaisuilla. Kaukolämpö ja rakennuksen jäähdytys ilmanvaihdolla ovat osoittautuneet oikeiksi ratkaisuiksi tähän kohteeseen. Valaistusta ohjataan pääosin päälle/pois kytkimillä ja läsnäolotunnistimilla, rakennus lämmitetään kaukolämmöllä ja lämmöntalteenoton hyötysuhde on korkea (87,6 % kohdekäynnin aikana).

Rakennuksen energiamittaukset ovat liitetty automatiikkaan, mutta tiedot nähdään vain koko rakennuksen käyttöajalta, eivätkä tallennu automaattisesti minnekään. Näiden tietojen erittelemine ja tallentaminen aikajanallisesti olisi tärkeää jotta äkilliset kulutuksen vaihtelut huomattaisiin nopeammin ja selvemmin.

7.3 Toivion koulu

Toivion koulussa on ylivoimaisesti suurin sähköenergiankulutus verrattuna sekä muihin kohteisiin, että Motivan koulujen mediaaniarvoon. Toivio kuluttaa lähes 2,5 kertaisesti sähköenergiaa kWh/Rm³ verrattuna Vuores-taloon sekä mediaaniarvoon. Toivion koulua

voidaan pitää suurena ongelmakohtena talotekniikan toimivuudessa joka näkyy rakennuksen sähköenergian kulutuksessa.

Rakennuksessa on toimiva automaatiojärjestelmä joka mittaa energiankulutuksia, mutta näihin tietoihin ei päästä järkevästi käsiksi, sillä tietoja ei pystytä takautuvasti lukemaan kuukausittain tai vuosittain. Rakennuksen käyttöönotosta alkaen kerätty data yhtenä suurena lukemana ei itsessään auta selvittämään kulutuksen ongelmakohtia.

Rakennuksen suurin ongelma on lämmitystekniikka, jota ei ole saatu toimimaan hyvin. Kun maalämpö ja öljylämmitys eivät käy yhteen, lämpöpumppujen ohitukset ja taajuusmuuttajat eivät ole toimineet ja lämmöntalteenoton hyötysuhde on alhainen, on selvää että sähköenergiaa menee hukkaan lämmityksessä.

Vaikka rakennuksen sähköenergiankulutuksessa on suuria kuukausittaisia vaihteluita, voitaisiin uusiutuvaa energian omatuotantoa kohteeseen suunnitella. Rakennus kuluttaa kuitenkin jopa kesäaikaankin yli 30 MWh vaikka käyttö sille on tällöin vähäistä. Tämä ei kuitenkaan ratkaise rakennuksen ongelmia, mutta olisi energiataloudellisesti järkevää.

7.4 Vuores-talo

Vuores-talon sähköenergiankulutus oli samaa luokkaa kuin Motivan vertailuarvo. Kohde ei siis täytä matalaenergiarakentamisen kriteerejä. Vaikka Vuores-talon lähtökohtana ollut hyvin käytettävän ja huollettavan laitoksen lisäksi elinkaaritalous ja energiatehokkaat järjestelmät ja laitevalinnat, ei kohde ole päässyt vertailuarvoa tehokkaampaan energiankulutukseen. Tämä johtuu omalta osaltaan myös rakennuksen käytöllä iltaisin ja viikonloppuisin, sekä kesäisin. Vertailukohteissa on usein pienempi käyttöaste ilman erityistä käyttöä tiloille kesäaikaan.

Rakennuksen energiankulutuksen haasteet ovat lämmitystekniikassa. Kun aikaisemmin haasteena on ollut riittävän lämmitystehon saaminen, on haasteena nykyään riittävän nopea reagoiminen yllilämpöön. Lämmityspatterit ovat 6 kk vuodessa kylmiä eivätkä sovellu hyvin lämmön säätämiseen. Lattialämmitys toimii tammikuussa hyvänä lämpöakkuna mutta vuorostaan vaikeuttaa syksyllä ja keväällä yllilämmön poistamista.

Rakennuksien aurinkopaneelijärjestelmää voisi hyvin suurentaa nykyisestä. Rakennuksien kuukausittainen sähköenergiankulutus on niin tasaista, että kaikki itse tuotettu sähköenergia menisi rakennuksen omaan kulutukseen. Tällä hetkellä paneelit peittävät lähes puolet 900 m² liikuntasalin kattopinta-alasta. Rakennuksien kaikki katot ovat tasakattoja, joten paneeleja voitaisiin lisätä huomattavasti nykyistä enemmän jolla saataisiin lisättyä merkittävästä rakennuksen sähköenergian omatuotantoa.

Vuores-talossa on kattavasti yhdistetty energiankulutustiedot automatiikkaan ja näitä pystytään seuraamaan rakennuksittain. Järjestelmä näyttää kulutustiedot kuitenkin rakennuksen käyttöönotosta asti, eikä tietoja ole järjestetty kuukausittaisiin tai vuosittaisiin kulutuksiin joka helpottaisi niiden seuranta ja huomaamaan nopeammin kulutuksen vaihtelun.

7.5 Puropuiston päiväkot

Puropuiston päiväkodin sähköenergiankulutus oli noin 8 % suurempi kuin Motivan vertailuarvo. Tämä selittyy osaltaan siitä, että päiväkodin laajennusosa toimii ympäri vuorokauden ja verrattuna muihin päiväkoteihin Puropuistossa ylläpidetään jatkuvasti hyviä olosuhteita päiväkodin toimintaa varten, joka nostaa rakennuksen kulutusta.

Puropuiston sähkötekniikassa ja sähköenergiankulutuksessa ei tullut vastaan merkittäviä ongelmia tai parannuskohteita. Rakennuksessa on kattava automaatiojärjestelmä joka on luettavissa selaimen kautta, mutta mitään sähköenergiamittauksia ei ole vielä kytketty valvomoon. Tämä on merkillistä sillä rakennus on kuitenkin ollut toiminnassa jo neljättä vuotta, eikä sähköenergian kulutustietoja saada tällä hetkellä kuin kohdetta palvelevalta sähkölaitokselta. Toimivalla kulutusseurannalla olisi kuitenkin helppo löytää poikkeamat kulutuksesta normaalikäytöstä, tai syitä äkillisesti kasvaneeseen kulutukseen.

Rakennuksen sähköenergiankulutusta voisi vähentää asentamalla kohteeseen aurinkopaneelijärjestelmän. Rakennukselle on kuitenkin paljon käyttöä myös kesäaikaan jolloin saadaan suurin hyöty aurinkopaneelijärjestelmästä. Esimerkiksi Luhtaan päiväkodin kokoinen järjestelmä josta kerättäisiin vuosittain noin 20 MWh sähköenergiaa, alentaisi rakennuksen keskimääräistä sähköenergiankulutuksen 21,4 kWh/brm³ joka jo alittaisi Motivan vertailuarvon.

8 POHDINTA

Lähes kaikissa tutkituissa kohteissa sähköenergiankulutukset olivat hyvällä tasolla. Vertailtaessa Motivan mediaaniarvoihin kaikki kohteet joko alittivat tai olivat melko samoissa arvoissa lukuun ottamatta Toivion koulua. Luhtaan päiväkotia ja Vuores-talo eivät täyttäneet niille asetettuja tavoitteita, vaikkakin Luhtaassa energiansäästö onkin jo merkittävä ja sitä voidaan sanoa matalaenergiataloksi. Kaikissa kohteissa löytyi kuitenkin parannettavaa energiankulutuksen kannalta.

Kaikissa tutkituissa kohteissa havaittiin puutteita sähköenergiankulutusten mittaroinnissa ja datan tallentamisessa. Tähän pitäisi kiinnittää rakentamisessa enemmän huomiota, sillä energiankulutusten seuranta luo kuitenkin edellytykset tehokkaalle energiankäytön hallinnalle. Tällöin saadaan hyödyllistä tietoa kiinteistön energiankäytön jakaantumisesta, ajallisista vaihteluista ja energian vuotokohdista. Osassa kohteista edellytykset yksityiskohtaiselle mittaroinnille oli luotu, mutta mittareita ei ollut yhdistetty rakennuksen automatiikkaan jolloin tietoja ei myöskään saada kuin mittarien näyttöpäätteistä jos niistäkään. Myöskään liian yleiskattava mittarointi ei auta selvittämään energiankulutuksen vaihteluita kun niitä halutaan tietää tarkemmin tai tiettyinä ajankohtina.

Valituista kohteista kaikkiin sopisi sähköenergian omatuotannoksi aurinkopaneelijärjestelmä ja kahdessa sellainen jo onkin. Tämä ratkaisu on osoittautunut toimivaksi ja varsinkin Luhtaassa vaikuttanut oleellisesti sähköenergian kulutukseen. Haasteeksi aurinkopaneelijärjestelmässä muodostuvat järjestelmän oikea mitoitus, jotta rakennus hyödyntäisi kaiken tuotetun sähköenergian myös kesäisin jolloin siitä saadaan suurin hyöty.

Kokonaisuudessaan palvelurakennusten nollaenergiarakentaminen on vielä kaukana. Tavoitteena rakentaa kaikki Suomen palvelurakennukset vuodesta 2019 lähtien nollaenergiarakennuksina on todella haastava. Siihen vaaditaan saumattomasti yhteensopiva talotekniikka, jonka tekniset ratkaisut olisivat sekä energiataloudellisia että yksinkertaisia. Myös energian omatuotantoon tulisi panostaa nykyistä enemmän, varsinkin kun tekniikka kehittyy jatkuvasti. Energiankulutukseen kun vaikuttaa kuitenkin myös käyttäjät, jotka eivät välttämättä osaa käyttää monimutkaisia lämmitys- tai sähköjärjestelmiä.

LÄHTEET

FInZEB. FInZEB-projektin nettisivut. Luettu 2015. <http://www.finzeb.fi/>

IDES-EDU. Energy Performance of Building Directive. Verkkodokumentti. Luettu 2016. <http://www.ides-edu.eu/wp-content/uploads/2013/04/4-Energy-certification-of-buildings.pdf/>

Koivurinne. 2016. Haastattelu 22.3.2016. Haastattelijat Montonen, S. & Virta, S. Litteroitu. Koivurinteen päiväkoti ja koulu. Kangasala.

Luhtaan päiväkoti Tapre-toimivuustarkastelun pilotointi. 2014. AX-Suunnittelu & Axovaatio Oy. Raportti 1.9.2014. Tampere.

Motiva Oy. Motiva Oy:n nettisivut. Luettu 2016. <http://www.motifa.fi/>

Passiivi.info. Ohjeita passiivitalon arkkitehtisuunnitteluun. Verkkodokumentti. Luettu 2016. http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf

Puopuisto. 2016. Haastattelu 11.2.2016. Haastattelijat Kortetmäki, A. & Virta, S. & Montonen, S. Litteroitu. Puopuiston päiväkoti. Nokia.

Päivyri. Auringon nousu- ja laskuajat. Luettu 2016. <http://www.paivyri.fi/>

Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. 2010. Matalaenergiarakentaminen – asuinrakennukset. 3. korjattu painos. Saarijärvi: Offset Oy.

Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. 2010. Matalaenergiarakentaminen – toimitalat. 3. korjattu painos. Saarijärvi: Offset Oy.

Tampereen Tilakeskus. Aurinkoenergia osana Vuores-talon energiaratkaisua. Verkkodokumentti. Luettu 2016. <http://www.tampere.fi/tilakeskus/>

Tampereen teknillinen yliopisto. Yliopiston nettisivut. Luettu 2016. <http://www.tut.fi/fi/>

Toivio. 2016. Haastattelu 9.2.2016. Haastattelijat Kortetmäki, A. & Virta, S. Litteroitu. Toivion koulu. Pirkkala.

Vuolle, M. 2004. Rakentajain kalenteri 2005. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

LIITTEET

Liite 1. Sähköenergian vuotuisia rakennustyyppiakohtaisia ominaiskulutuksia (kWh/r-m³) raportoidussa palvelusektorin rakennuskannassa.

SÄHKÖ

Kohteet vuosilta 2009-2014, 1331 kohdetta

Tyyppi	Kohteita kpl	Tilavuus 1000 r-m ³	Sähkö - ominaiskulutus (kWh/r-m ³)									
			Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max	
TK 1994			1 208	9,4	10,1	10,5	14,5	18,0	25,6	94,4	104,2	118,9
11 Myymälärakennukset (poislukien Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset)	20		4 323	1,6	3,1	5,2	15,2	30,2	44,3	56,7	62,7	95,0
12 Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset	49		1 933	4,6	14,2	25,0	32,1	39,9	45,9	56,2	62,8	90,4
13 Majoitusliikarakennukset	53		7	101	4,3	6,3	8,2	11,4	17,9	22,6	24,4	25,1
14 Asuntolarakennukset	7		6	43	24,6	24,8	25,0	26,9	33,9	64,2	102,4	131,2
15 Ravintolat	6		173	5 838	1,7	7,6	9,4	14,3	20,7	29,4	45,1	63,6
15 Toimistorakennukset (kaikki)	173		62	1 208	9,4	10,1	10,5	14,5	18,0	25,6	94,4	104,2
15 Toimistorakennukset, julkisen palvelusektori	62		102	4 165	4,9	7,9	9,4	15,4	24,0	30,4	41,7	59,4
15 Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	102		14	207	5,3	7,0	8,2	14,2	28,4	49,8	209,4	339,0
16 Liikenteen rakennukset	14		37	2 186	15,7	17,8	18,8	27,6	41,0	55,3	64,0	69,3
21 Terveystieteiden rakennukset (pois lukien Terveyskeskukset ja -asemat)	37		48	643	6,9	11,7	14,2	18,4	23,9	29,7	35,1	38,5
214 ja 219 Terveyskeskukset ja -asemat	48		21	117	8,5	9,6	11,1	17,0	20,8	31,7	40,0	48,7
22 Huoltolaitosrakennukset (pois lukien Vanhainkodit)	21		33	430	11,0	13,9	15,9	19,6	26,6	33,4	36,0	40,0
221 Vanhainkodit	33		19	85	6,2	7,3	9,1	11,6	20,1	24,8	26,7	27,6
23 Muut sosiaalitoimen rakennukset (pois lukien Päiväkodit)	19		216	788	2,7	11,4	13,7	17,1	21,7	27,1	32,0	37,0
231 Päiväkodit	216		7	231	6,3	8,7	11,1	15,1	16,4	16,9	17,5	17,8
31 Teatteri- ja konserttirakennukset	7		28	330	5,2	7,5	10,1	12,3	16,2	24,7	30,2	31,4
32 Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	28		24	133	5,1	6,2	7,3	11,1	15,3	17,6	23,9	27,7
33 Seura- ja kerhorakennukset	24		9	76	4,4	8,2	12,0	14,5	15,1	20,7	26,0	36,0
34 Uskonnollisten yhteisöjen rakennukset	9		30	630	1,8	4,4	6,8	10,1	14,8	35,1	43,4	67,7
35 Urheilu- ja kuntolurakennukset (pois lukien Jää- ja uimahallit)	30		6	333	12,2	15,4	18,7	26,8	33,1	40,7	43,8	44,8
351 Jäähallit	6		11	208	37,5	38,3	39,1	40,2	45,2	64,4	75,4	82,5
352 Uimahallit	11		7	81	1,6	2,8	4,0	9,6	16,0	18,9	48,7	71,0
36 Muut kokoonntumisrakennukset	7		253	4 497	4,3	9,5	10,3	12,4	14,8	18,3	26,6	30,8
51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	253		5	1 451	11,3	11,6	12,2	14,0	16,9	21,5	29,9	31,6
52 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	40		5	145	12,7	14,6	16,5	22,3	38,3	45,7	60,1	65,0
53 Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset	5		12	78	6,1	6,7	7,5	11,4	15,9	23,0	29,7	31,9
54 Muut opetusrakennukset	12		19	2 471	2,0	4,7	5,7	7,3	10,4	20,9	34,1	76,9
71 Varastorakennukset	19		20	226	4,5	5,3	6,6	11,9	19,1	23,0	33,1	35,6
72 Palo- ja pelastustoimen rakennukset	20		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
89 Muut maatalousrakennukset	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
93 Muut rakennukset	nd		nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd = ei dataa, energiakatselmuskohteita tässä rakennustyyppiä tarkastelukaudella kolme tai alle