



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

JÄTEKESKUKSEN SÄHKÖENERGIAN SÄÄSTÖSUUNNITELMA

TEKIJÄ:

Joonas Niemeläinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Joonas Niemeläinen	
Työn nimi Jätekeskuksen sähköenergian säästösuunnitelma	
Päiväys 20.4.2021	Sivumäärä/Liitteet 55/1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sähköasennus Sähkömestarit Oy	
Tiivistelmä Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja toteuttaa Jätekeskus Oy:n jätekeskuksen sähkönkulutuksen vähentäminen energiatehokkailla ratkaisuilla. Työssä mietittiin ja etsittiin uusia ratkaisuja energiatehokkuuden kasvattamiseksi. Työ sisälsi konkreettista etsintää laitteiden toiminnasta, kuin myös ideointia energiatehokkuuden kehittämiseksi. Teoriaosuudessa on paneuduttu laajalti saatavissa olevaan materiaaliin syvällisemmin ja yritetty löytää parhaimmat energiatehokkuutta edesauttavat asiat. Suunnittelulla etsittiin uusia ratkaisuja niin vanhojen laitteiden korvaamiseksi energiatehokkaammilla laitteilla tai entisten laitteiden ohjauksien muuttamista energiatehokkaammiksi. Lisäksi perehdyttiin jo olemassa olevaan energiamavaraisuutta lisäävään aurinkopaneelijärjestelmään ja kuinka hyvin omatuotettua sähkö saadaan kulutettua kohteessa. Myös aurinkoenergian tuoton ohjauksen tarpeellisuutta ja kannattavuutta pohdittiin. Viimeisessä vaiheessa työssä laskettiin, miten kannattavaksi tulee uusia tai muuttaa laitteita. Tämän pohjalta voitiin tehdä päätöksiä mitkä töistä toteutetaan käytännössä. Lopputuloksena laskelmoitiin, minne kohtaa tavoitteita päästiin.	
Avainsanat Energiatehokkuus, Energiatehokas teollisuuskiinteistö, Energiamittaus, Aurinkoenergia	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Joonas Niemeläinen	
Title of Thesis Garbage center Electrical Energy Saving Plan	
Date 20 April 2021	Pages/Appendices 55/1
Client Organisation /Partners Sähköasennus Sähkömestarit Oy	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to examine electricity consumption at the garbage center Jätekkukko Oy and develop energy-efficient solutions for reducing the overall electricity consumption.</p> <p>New solutions were considered and researched in such a way that energy efficiency would be optimized. The practical work included the mapping of the functionalities of the devices as well as generating ideas for developing energy-efficient solutions. The theoretical part included a detailed search for currently available material with the aim of discovering those factors that significantly affect to the energy efficiency. Then, new solutions were searched by either replacing old devices or changing their operation. In addition, the existing solar panel system which increases energy self-sustainability at Jätekkukko was inspected. It was also estimated how effectively the self-produced electricity was consumed at the garbage center. The importance and cost-effectiveness of channeling the produced solar energy was also considered. Finally, the cost-effectiveness was separately calculated for both cases where the devices would be replaced with new ones or the original devices adjusted.</p> <p>As a result of this thesis, based on the results, it was possible to pinpoint which amendments would be done in practice. As a conclusion, the savings and the overall progress which was achieved by this thesis was presented.</p>	
Keywords Energy efficiency, Energy-efficient manufacturing property, Energy measurement, Solar energy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Opinnäytetyön lähtökohdat	6
1.2	Sähköasennus Sähkömestarit Oy	6
2	ENERGIATEHOKKUUS JA SEN MAHDOLLISUUDET	7
2.1	Energiatehokkuus Suomessa	7
2.2	Energiatehokkuus yleisesti	7
2.2.1	Nollaenergiatalo	8
2.2.2	Teollisuuden ja yritysten energiatehokkuus, maailman trendinä luomassa yritysarvoa	8
2.3	Energiakatselmukset, pohja energiatehokkuuden toteuttamiseen	9
2.4	Energia tehokkuuden kannattavuus	9
2.5	Energiatehokkaiden ratkaisujen haasteellisuus ja mahdollisuudet	10
2.6	Uusiutuvan energian pientuotanto osana tehokkuutta ja ekologisuutta	11
2.6.1	Aurinkoenergia	12
3	KUOPION JÄTEKESKUKSEN ENERGIANSAÄSTÖN LÄHTÖKOHTIEN SELVITTÄMINEN ..	13
3.1	Aistinvarainen tarkastelu	14
3.2	Mittauksien suorittaminen ja laskennallinen analyysi	14
4	KOHTIEN LAITTEISTOJEN MAHDOLLISET ERI RATKAISUT	15
4.1	Lämmitysratkaisuiden muuttaminen	15
4.1.1	Konehallin lämmitys	15
4.1.2	Teknisen tilan lämmitys ja jäähdytys	18
4.1.3	Biokaasupumppaamon lämmitys ja jäähdytys	18
4.1.4	Rännilämmitykset ja sähkösaatot	20
4.1.5	Auditorio ja toimistorakennus	23
4.2	Valaistus	23
4.2.1	DIALux-ohjelmalla jätteenkäsittelyhallin valaistuksen mallintaminen	23
4.2.2	Konekaluston huoltohallin valaistus	26
4.2.3	Kenttävalaistuksen muutokset	27
4.2.4	Pikkukukon valaistus	29

4.3	Ohjaukset	32
4.3.1	Hapetuspumppujen ohjaaminen	32
4.3.2	Rekkavaakojen lämmityksien ohjaus	34
4.3.3	VAK ohjauksien tarkastelu	35
4.4	Ilmanvaihtolaitteiston toiminnallisuus.....	36
5	AURINKOSÄHKÖN KÄYTTÖ JA ENERGIATEHOKAS OHJAAMINEN.....	37
5.1	Aurinkoenergian tuotannon ja kiinteistön kulutuksen analysointi ja mittaus	37
5.2	Aurinkoenergian hyödyntäminen ja ohjaus	38
6	LASKENNALLINEN SÄÄSTÖ JA KANNATTAVUUS	39
7	TÖIDEN TOTEUTTAMINEN.....	40
8	YHTEENVETO JA LOPPUPÄÄTELMÄT	41
	LÄHTEET	43
	LIITE 1: DIALUX RAPORTTI	45

Käytetty erikoissanasto:

kWp = Kilowattipiikki, kuvaa aurinkovoimalan huipputehoa

Teho = Kulutettu energia aikayksikössä

VAK = Valvonta-alakeskus

COP-arvo = Kertoo kuinka paljon lämpöenergiaa voidaan tuottaa suhteessa otettuun sähköenergiaan

Lämpöpumppu = Laite, joka hyödyntää lämpöpumppuperiaatteella ilmasta, vedestä tai maasta saatua lämpöenergiaa

KNX-järjestelmä = Maailmanlaajuinen standardi rakennusten ohjaukseen

DIALux = Valaistuksensuunnitteluohjelma, jolla voidaan määrittää kaikki tarvittava valaistus tilakohtaisesti

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Sähköasennus Sähkömestarit Oy ja työn tilaajana oli Jätekuukko Oy. Työ tehtiin Jätekuukko Oy:n jätteenkäsittelyn lajittelulaitoksella, jonka työ kattaa kokonaisuudessaan alueena. Tavoitteena oli tutkia ja suunnitella kattavasti erilaisia energiansäästö ratkaisuja ja mahdollisuuksien mukaan toteuttaa ne suurimmilta osin.

Jätekuukko Oy on kuntien omistama palveluyhtiö, joka tuottaa jätehuoltoon liittyviä palveluja. Kohteena tavoitteena oli säästää vähintään kymmenen prosenttia sähköenergiasta. Työ sisältää kiinteistössä olevien ulkotilojen, sekä eri rakennuksien ja niiden yhteydessä olevien laitteiden tutkittuja parannusehdotuksia. Tutkimisen jälkeen energiansäästöpotentiaalia sisältäville kohteille suunniteltiin uusia ratkaisuja. Ratkaisuja voi olla eri ohjaustavat laitteille, energiatehokkaampi valaistus, optimaaliset lämmitysratkaisut, viallisten laitteiden korjaaminen, sekä moottoreiden ja ilmanvaihdon toiminnan muuttaminen energiatehokkaammaksi. Myös laitteiston uusiminen, esimerkiksi valaistuksen muuttaminen led-valaistukseksi tai eri lämmitysmuotojen korvaaminen. Laitteistojen uusimisesta tehtiin kannattavuuslaskelmat ja takaisinmaksuaikasuunnitelmat, joiden pohjalta voitiin miettiä mitkä ovat kannattavasti toteutettavissa olevia töitä. Opinnäytetyön aikana suurimmilta osin suunnitellut ehdotukset myös toteutettiin käytännössä.

1.2 Sähköasennus Sähkömestarit Oy

Sähköasennus Sähkömestarit on kuopiolainen sähköalan yritys, joka on perustettu vuonna 2015. Yhtiöittämistä ennen yritys pyöri toiminimellä Sähköasennus Martti Ikonen. Vuonna 2018 Sähköasennus Sähkömestarit osti liiketoimintoja toisesta kuopiolaisesta sähköalan yrityksestä, joka oli lopettamassa. Päätoimialana yrityksellä on sähköurakointi, sähkötarvikemyynti, sähkösuunnittelu ja ilmalämpöpumppujen asennus. Lisäksi vuonna 2020 liiketoiminta laajentui myös aurinkosähköjärjestelmiin, kattaen laajasti mökkijärjestelmistä isompiin kohteisiin. Kyseisenä vuonna myös nettisivut uudistuivat ja saivat uutta ilmettä. Yrityksen on tarkoitus olla kasvu-uralla, aurinkosähköjärjestelmien vauhdittaessa sitä.



Kuva 1. Sähköasennus Sähkömestarit Oy logo

2 ENERGIATEHOKKUUS JA SEN MAHDOLLISUUDET

Megatrendi ilmastonmuutos, sekä siihen liittyvät pakotteet päästöttömän energiantuotannon lisäämiseksi tulee kasvattamaan vääjäämättä myös energiatehokkuutta. Energiatehokkuus on energian tehokkaampaa käyttämistä siten, että ominaiskulutus vähenee. Energiatehokkuudessa on paljon mahdollisuuksia.

2.1 Energiatehokkuus Suomessa

Suomi on sitoutunut pienentämään päästöjä ja tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä (Ympäristöministeriö, 2020). Se on enemmän kuin EU:n tavoitteet. Energiatehokkuussopimukset luovat vaikuttavampia saavutuksia tehokkuuteen. On arvioitu sen olevan suurin vaikuttaja vuoteen 2030 ulottuvalla katselmuksella. Muita suurimpia energiansäästökohteita luovia toimenpiteitä ovat pien- ja rivitalojen lämpöpumput, liikenteen päästöt, tuettu energiakatselmustoiminta ja maatilojen energiatehokkuustoimenpiteet (Ilmastoopas.fi, 2021).

Energiatehokkuuteen kannustetaan suomessa useammalla erilaisella avustuksella. Kohteiden mukaan tukia myöntää esimerkiksi ARA tai Business Finland. Tukia on mahdollista saada muun muassa öljylämmityksestä energiatehokkaampaan lämmitystapaan vaihtamisella, kuin monilla muillakin tehokkuutta tai energialuokkaa parantaviin toimiin. Näitä voi olla energiankäytön tehostaminen, ohjauksien ja säädön optimointi, sekä uusiutuvien energialähteiden käyttöönotto. Avustuksia myönnetään melko laajasti eri yhtiölle, yhteisöille, kuin yksityisiin koteihinkin.

2.2 Energiatehokkuus yleisesti

Yksi tehokkaimmista ja kannattavimmista tavoista energiatehokkuuden parantamiseen on muuttaa käyttötottumuksia. Energian ohjaaminen tarpeeseen, järjestelmä- ja laiteratkaisut ovat varteen otettavia vaihtoehtoja, kuin myös sähkölaitteiden tehokas käyttäminen (Motiva, 2019). Yksinkertaisimmillaan voimme kysyä itseltämme: Miksi kulutamme energiaa niin paljon, kun voimme kuluttaa sitä vähemmänkin? Sähköisien liikkumismuotojen kehittyessä, myös energiatehokkuutemme paranee. Syynä tähän on yksiselitteisesti laitteiden parempi hyötysuhde.

2.2.1 Nollaenergiatalo

Nollaenergiatalo on talo, joka lähtökohtaisesti tuottaa kaiken oman energian uusiutuvalla energian tuotannolla itse. Se on myös erittäin energiaa säästävä ja kehittynyt. Laskennallisesti talojen kulutusarvoa katsotaan koko vuoden kulutuksella ja talo voi siten myydä ja ostaa energiaa, mutta energian lopputulema on nolla tai hyväksi talon puolelle. Matalaenergiatalo ja passiivitalo ovat yleisimpiä pienemmän kustannuksen ja helppouden takia vielä tällä hetkellä (Passiivitalo, 2021). Näissä taloissa on myös yleensä älyä ja ne osaavat optimoida pörssisähkön hintaa ja kulutushuippuja hyödykseen. Se saa aikaan kysyntäjoustoa sähköverkkoon. Lisäksi talon kulutus on varsin maltillinen energiatehokkaiden ratkaisuiden myötä. Vuodesta 2021 alkaen kaikkien talojen tulisi olla lähes nollaenergiataloja. Pohjalla on EU määräys kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi (Passiivitalo, 2021).

2.2.2 Teollisuuden ja yritysten energiatehokkuus, maailman trendinä luomassa yritysarvoa

Yrityksen vastuullisuus on tärkeä liiketoiminnan lähtökohta. Energiatehokkuus on tässä suuressa roolissa. Tämä kasvattaa yrityksen arvostusta monissa asioissa muun muassa maineessa, kilpailuasemassa, korjaustarpeessa kuin työmotivaatiossa. Yrityksen energiatehokkuuden parantaminen voidaan toteuttaa, vaikka ESCO-älykkäällä energiainvestoinnilla. Se on ESCO-yrityksen tarjoama palvelu energiatehokkuuden toteuttamiseksi, jossa toiminnallinen vastuu toteutettavasta investoinnista on palvelun tarjoajalla. Tällöin investoinninkustannukset toteutetaan vain saavutettujen todellisten säästöjen mukaan (Suomi.fi-verkkotoimitus, 2021).

Teollisuuden tehostamisella on paljon mahdollisuuksia. Suomen lämmönkulutuksesta yli neljäsosa kuluu teollisuuskiinteistöjen lämmitykseen. Kiinteistö kuluttaa itsessään myös merkittävästi, vaikka suurin kulutus menee prosessiin. Teollisuuskiinteistössä valaistus vie noin 40 %, LVI-laitteet 40 % ja muut sähkölaitteet loput sähkönkulutuksesta (Motiva, 2019). Määräykset, ohjeet, halukkuus ja pakotteet luovat energiatehokkuuden kasvua. Myös tietoisuus ja taustatutkimukset auttavat helpottamaan investointi päätöksiä.

2.3 Energiakatselmuksien, pohja energiatehokkuuden toteuttamiseen

Energiatehokkuuden toteuttaminen lähtee helpoiten käyntiin energiakatselmuksella. Sillä saadaan kartoitettua kuinka ja mistä kohteessa on mahdollisuuksia energiansäästämiseksi. Tarkastukseen voi myös kuulua edellytykset ja mahdollisuudet uusiutuvan energian käyttöönottoon. Energiakatselmuksen tavoitteena on löytää ja selvittää kannattavat energiansäästöratkaisut, ja näiden pohjalta voidaan tehdä helpommin investointipäätöksiä. Suuret yli 250 henkilön yritykset on sidottu pakollisiin energiakatselmuksiin neljän vuoden välein. Energiatehokkuuden selvittäminen vaatii moniosaamista ja perehtymistä laitteistoihin. Eri-tyisesti suurimpia säästökohteita voi olla sähkö, lämpö, höyry, polttoaineiden tai muun energian kulutus sekä laitekohtaiset sähkötehot ja käyntiajat. Energiamittauksella voidaan luoda vertailukuvaa laitteiden oikeanlaisista kulutuksista (Suomi.fi-verkkotoimitus, 2021).

2.4 Energia tehokkuuden kannattavuus

Monesti yritykselle voi olla haasteellista lähteä toteuttamaan energiakatselmusta liikevoiton kasvattaminen mielessä. Jos kaikki asiat rullaavat entuudestaan hyvin, voi se tuntua vain ylimääräiseltä menoerältä ja taakalta aluksi. Todellisuudessa energiatehokkuustoimet ja niihin tehdyt investoinnit tuottavat myös säästön ohella paljon muita hyötyjä ja arvoja. Kuvassa 2 on indikoitu oheishyötyjä. Oheishyötyjä kannattaa myös huomioida investointipäätöksiä tehdessä. Niillä voi olla vaikutusta muun muassa huoltovarmuuteen, työoloihin ja hyvinvointiin (Motiva, 2018).



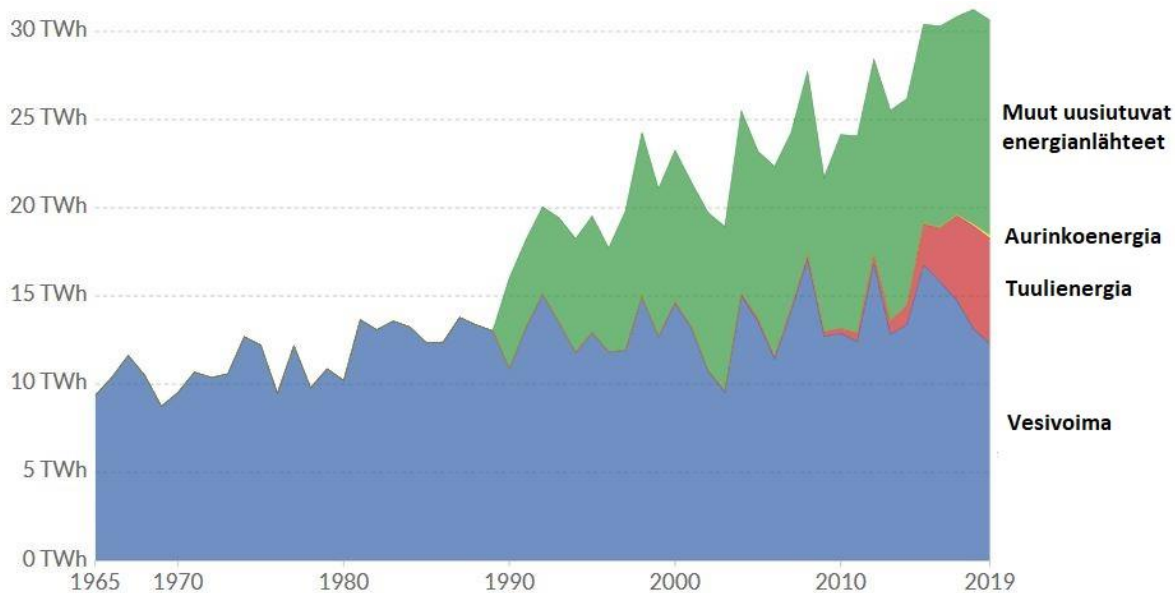
Kuva 2. Energiätehokkuuden tuomat moniulotteiset hyödyt (Motiva, 2018)

2.5 Energiätehokkaiden ratkaisujen haasteellisuus ja mahdollisuudet

Energiätehokkuuden parantaminen tarjoaa paljon mahdollisuuksia säästää ja olla ekologisempi. Moni energiätehokkuutta parantava asia voi olla erittäin haasteellistakin toteuttaa. Helpommin ne olisivat toteutettavissa uudiskohteessa, jo suunnitteluvaiheessa. Tarpeenmukainen käyttö on avainasemassa, mihin ja milloin energiaa oikeasti tarvitaan. Tähän toimivat erilaiset älykkäät ja ohjaavat järjestelmät. Lisäksi toki myös laitteistojen kehittyminen energiätehokkaimmiksi on omassa suuressa roolissaan. Lämpöpumpputekniikka on yksi merkittävimmin kehittynyt lämmityslaitteiston hyötysuhdetta nostanut asia. Energiämittauksella saadaan mitattua kulutusta ja arvioitua onko se järkevällä tasolla. Näin saadaan ylimääräistä energiaa kuluttavat laitteet selville.

2.6 Uusiutuvan energian pientuotanto osana tehokkuutta ja ekologisuutta

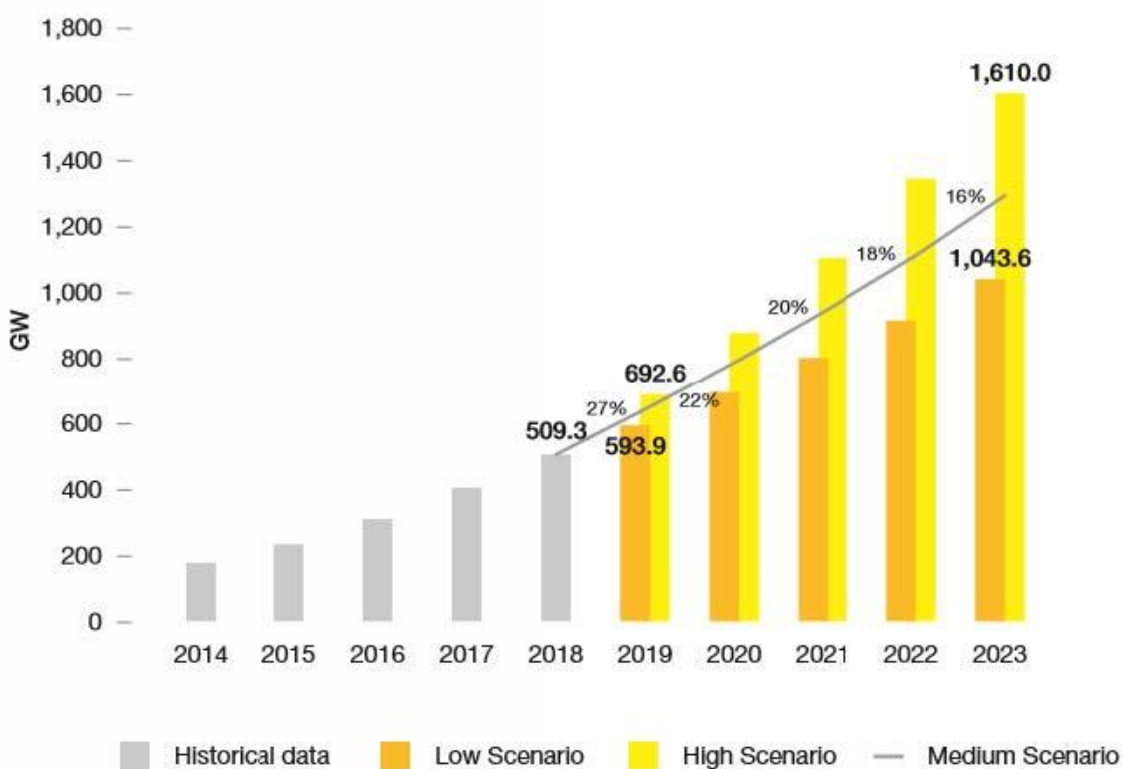
Jatkuvasti lisääntyvä mikrotuotanto on sähkötuotantoa pienolaitteistolla suoraan kohteessa. Näistä yleisimmäksi on noussut aurinkovoima, sen helppouden ja kannattavuuden takia. Muita uusiutuvan energiantuotannon muotoja voi olla tuulivoima, vesivoima ja biovoimala. Nykyisen tekniikan ja kysynnän ansiosta laitteet ja mittaustekniikka on kehittynyt merkittävästi. Sen seurauksena entistä pienemmätkin mikrotuotantolaitteistot ovat kannattavampia. Itse tuotettu energia kasvattaa kohteen omaa energiatasoa ja vähentää ulkopuolisen energian tarvetta. Vähemmän ostoenergiaa tuottaa suoraan vähemmän hiilidioksidipäästöjä. Energiaomavaraisuuden kasvattaminen tuo hyvinvointia, muun muassa ekologisuudellaan. Kuvasta 3 voidaan todeta uusiutuvien energialähteiden kasvu Suomessa. Aurinkoenergian määrä on vielä varsin mitätön ja tuulivoima on noussut jo melko merkittäväksi energialähteeksi.



Kuva 3. Uusiutuvat energialähteet Suomessa vuosittain (Data, 2020)

2.6.1 Aurinkoenergia

Ehtymätön, päästötön ja uusiutuva aurinkoenergia on tulevaisuuden energianlähde. Aurinkoenergia on kestävä, koska emme voi ylikuluttaa sitä. (Vattenfall, 2021). Aurinkovoimaloiden määrä on merkittävässä kasvussa, niin Suomessa kuin maailmallakin kuvan 4 kasvunennusteiden mukaisesti. Suurimpia syitä tähän on aurinkovoimaloiden merkittävä hinnan lasku ja siten niiden kannattavaksi tuleminen. Lähivuosina on arveltu auringolla tuotetun sähköenergian olevan kaikkein edullisinta, ohittaen kaikki muut sähköenergian lähteet edullisuudellaan. Eettiset arvot ovat myös yhä enemmän otsikoissa ja trendiä, jotka myös lisäävät uusiutuvan energian halukkuutta ja investointipäätöksiä. Aurinkoenergian kannattavuutta on haluttu myös tehostaa byrokratiaa vähentämällä. Kuten esimerkiksi taloyhtiöillä on nyt mahdollisuus viimein käyttää itse tuotettua aurinkoenergiaa osakkaiden kesken, pelkän kiinteistön kulutuksen sijasta. Tähän vaaditaan tosin alamittaukset jokaiseen liittymään. Asetusmuutos sallii pientuotannon hyvityslaskelman. Tällöin järjestelmä voi olla kolme kertaa isompi ja siten suhteessa edullisempi ja kannattavampi (Yle, 2020). Pientuotannossa myös tuotantohuippujen ohjaaminen kulutukseen, nostaa tuotannon käyttöastetta ja kannattavuutta.



Kuva 4. Aurinkoenergian kapasiteetti maailmassa ja kasvu ennusteet (Korkia, 2021)

3 KUOPION JÄTEKESKUKSEN ENERGIANSÄÄSTÖN LÄHTÖKOHTIEN SELVITTÄMINEN

Energiansäästökartoitusta lähdettiin pohjustamaan palaverissa, joka pidettiin Jätekeskolla. Jätekeskuksen vuosikulutus oli viime vuonna 701 MW. Valaistusta oli jo uusittu vuosien varrella paljon energiatehokkaammaksi LED-valaistukseksi. Aurinkovoimala tuottaa kattavan osan laitoksen sähkön tarpeesta keväästä syksyyn.

Laskelmissa sähkön ja työn hinnaksi on arvioitu seuraavat suureet:

Sähköenergian hinta siirtoineen: 0,12 €/kWh

Asennustyön hinta tunnilta: 43 € + ALV

Energiankulutus on laskettu kaavalla 1:

$$kW \times h \times pv \times kk = kWh/v$$

Sähköenergian hinta vuodessa kaavalla 2:

$$kWh/v \times €/kWh = €/v$$

Takaisinmaksuaika kaavalla 3:

$$T = \frac{I}{A}$$

Kaavoissa käytetyt lyhenteet:

kW = Laitteen teho

h = tunti

kk = Kuukausien määrä

pv = päivien määrä

kWh/v = Energian kulutus vuodessa

€/kWh = Sähköenergian hinta siirtoineen kilowattituntia kohden

€/v = Sähköenergian hinta vuodessa

T = takaisinmaksuaika

I = investoinninkustannus

A = laitteen säästämä tuotto vuodessa

3.1 Aistinvarainen tarkastelu

Työtä lähdettiin toteuttamaan tutkimalla kaikki laitteet aistinvaraisesti. Erityisesti huomiota kiinnitettiin epämääräisesti toimiviin laitteisiin. Esimerkiksi liian kuumana käyvään lämpöpatteriin ja näitä lähdettiin tutkimaan lisää. Pelkällä maalaisjärjellä voitiin arvioida laitteen toiminnan oikeanlaisuutta ja siitä pohjustaa lisätutkimuksentarve laitekohtaisesti. Myös sähkökuvia ja varsinkin ohjauskaavioita silmäiltiin läpi, ajatellen voisiko jonkun ohjauksen korvata nykytekniikalla paremmin ja tehokkaammin.

3.2 Mittauksien suorittaminen ja laskennallinen analyysi

Mittauksia eri laitteista suoritettiin tavallisella virtapihtimittarilla, sekä sähköenergiamittarilla. Mittauksia toteutettiin avaamalla keskus ja mittaamalla eri laitteiden johtolähtöjä, joissa voisi olla parantamisen varaa. Oli myös tärkeää huomioida, mitä suuruusluokkaa sähköenergian kulutus oli suhteessa kiinteistön kokonaiskulutukseen. Sähköenergian kulutustietoja saatiin menneestä vuodesta, jonka pohjalta voitiin lähteä miettimään tavoiteltavaa energiansäästön määrää. Energiankulutuksen laskentaan käytettiin tavallisia laskutoimituksia, joihin hyödynnettiin mittauksien pohjalta saatuja kulutuksia lyhyeltä ajanjaksolta.

4 KOHTEEN LAITTEISTOJEN MAHDOLLISET ERI RATKAISUT

Alapuolella on lueteltu eri kohteet ja aihealueet omilla alaotsikoilla. Niihin on lueteltu kohteita, jotka ovat tulleet vastaan tutkiessa laitteistoja ja niiden toimintoja. Kyseiset kohteet ovat joko alkuaan huonosti rakennettuja tai ohjattuja, heikolla hyötysuhteella toimivia nykypäivän laitteisiin nähden tai toimivat viallisesti. Uusien ratkaisujen toteuttamisen jälkeen on laskettu investoinnin kannattavuus.

4.1 Lämmitysratkaisuiden muuttaminen

Lämmitystä voidaan muuttaa, joko vaihtamalla se energiatehokkaammaksi laitteeksi tai ohjaamalla sitä paremmin. Lämmityksen toteutukseen on monia eri ratkaisuja. Haasteellisuutta lisää vanhojen tilojen muuttaminen erilaisella lämmitysratkaisulla toimivaksi. Alla esitelyjen ratkaisuiden lisäksi kohteessa oli myös tiloja, joiden oikean lämpötilan asettamisella saadaan pieniä säästöjä. Tällaisia tiloja olivat muun muassa lämmitetyt ja jäädytetyt keskushuoneistot. Yhden asteen muutos vaikuttaa 5 % lämmityskuluihin, joten turhaa lämmitämistä kannattaa välttää (Motiva, 2021).

4.1.1 Konehallin lämmitys

Hallin lämmitys on toteutettu tällä hetkellä sähkövastus puhallin lämmittimellä. Joskus aikaisemmin hallia on lämmitetty kahdella ilmalämpöpumpulla, jotka ovat tulleet jossain vaiheessa tiensä päähän. Sähkövastuslämmitin toimii ilmalämpöpumppuun nähden todella huonolla hyötysuhteella. Tila on noin 6 metriä korkea ja kooltaan suuri, hallin osan ollessa 212 m² ja korjaamon 50 m²



Kuva 5. Hallin suorasähkölämmitin

Sähkövastus lämmittimen kulutus oli kiinteä 7,54 kW, eri ajanjakson aikana mitattuna. Se paahtoi lämpimälläkin kelillä samalla teholla, koska siinä itsessään ei ollut termostaattia vaan pelkkä tehon säätö.

Laskettu kulutus 12 kk lämmitysjaksolla: $7,54 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 12 \text{ kk} = 65137 \text{ kWh}$

Kuopion keskilämpötila lämmitettävällä jaksolla (Lokakuu – Toukokuu) on $-2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (Weatherbase, 2021). Ilmalämpöpumpun laskennallinen hyötysuhde keskimääräisellä lämpötilalla on 2,3 (Niiranen, 2014). Lämpöpumppujen hyötysuhteet on jatkaneet koko ajan kasvuaan, tekniikan kehittyessä. COP-arvo kertoo ilmalämpöpumpun hyötysuhteen. Se kertoo, kuinka paljon lämpötehoa voidaan suhteessa tehdä ottoteholla.

$$\text{Kulutus ilmalämpöpumpuilla samalla lämmitysteknillä} = \frac{65137 \text{ kWh}}{2.3} = 28320 \text{ kWh}$$

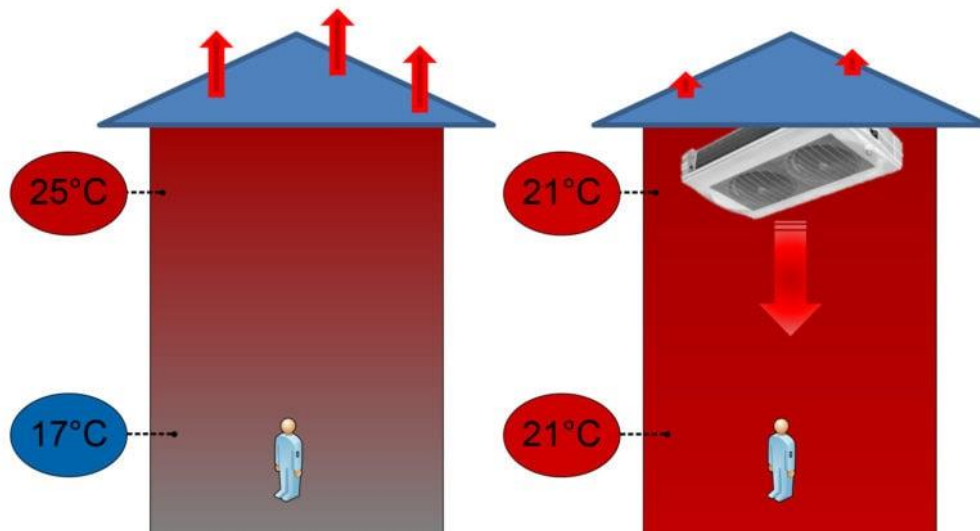
Säästöpotentiaali: $65137 \text{ kWh} - 28320 \text{ kWh} = \mathbf{36817 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: 1,1 v (Tavallisilla ilmalämpöpumpuilla)

Takaisinmaksuaika: 2,5 v (Suurtehoilmalämpöpumpulla)

Tutkiessa tuli vastaan myös suurtehoilmalämpöpumppu Mitsubishi Electric IDH-D sarja, joka sopii erittäin hyvin korkeaan tilaan. Se kestää myös hyvin pölyä ja likaa, koska sen kennostot ovat suuria ja avoimia. Alas puhaltavan tekniikan ansiosta korkeaan tilaan ei synny lämpötilakerrostumia, niin kuin kuvasta 6 voidaan havainnollistaa. Tällöin säästö pel-

kästään puhallin tekniikan ansiosta on parhaimmillaan 15 %. Suurtehoiset konvektiolämpöpumput ovat toki selvästi kalliimpia myös suhteessa, mutta ne ovat myös huoltovapaampia ja paremmin soveltuvia hallikiinteistöön.



Kuva 6. Mitsubishin puhallinkonvektorin vaikutus lämpötilakerrostumiin (Scanoffice, 2021)

Kulutuksen ollessa suurta on myös säästöpotentiaali iso. Hallissa oli jo entuudestaan IV-laitteisto, joka imee ilmaa katonrajasta alas ja kompensoi suurtehoilmalämpöpumpun toimintaa. Kahdella rikkinäisellä ilmalämpöpumpulla oli vielä myös takuu voimassa, joten niiden korjaaminen takuun puitteissa on järkevää. Lisäksi päätettiin asentaa yksi uusi ilmalämpöpumppu korjaamoon. On myös järkevää jättää entinen lämmitin varalämmönlähteeksi. Tosin vanhan lämmittimen ohjauksen toiminnallisuutta kannattaa muuttaa. Suositeltavinta olisi asentaa siihen esimerkiksi termostaatti ja säätää se alemmaksi kuin ilmalämpöpumppujen lämmitys lämpötila. Tällöin lisälämmitin ei jäisi myöskään päälle kokoajaksi, niin kuin on useasti ennen käynyt. Ilmalämpöpumppujen puhdistamisesta pitää muistaa myös huolehtia likaisessa ympäristössä, muuten se voi laskea hyötysuhdetta merkittävästi. Tällöin myös laskennallinen takaisinmakuu-aika pitenee.

4.1.2 Teknisen tilan lämmitys ja jäähdytys

Teknisessä tilassa oli jäähdytyslaitteisto jäähdyttämässä, kun samaan aikaan 300 W lämpöpatterin lämmitin huonetta käyden kuumana. Lämpöpatterin termostaatti toimi puutteellisesti ja sen kääntämisellä ei ollut vaikutusta lämpöpatterin ohjauksen toimintaan. Lämpöpatterin uusimisella tilanne korjaantuisi.

Säästöä on suhteellisen vaikea arvioida, miten paljon lämmitin on vienyt ja kuinka paljon jäähdytin kumotakseen toisensa. Arviossa lämmitin olisi vain kesäajan päällä turhaan. Energiansäästö voi olla helposti suurempikin, jäähdytyslaitteiston viedessä oman lisänsä.

Säästöpotentiaali: $0.3 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 6 \text{ kk} = \mathbf{1296 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: 2 v

4.1.3 Biokaasupumppaamon lämmitys ja jäähdytys

Ulkona olevan ison jäähdytyslaitteiston kenno oli täysin tukossa, kuten kuvasta 7 näkyy. Jäähdytyskennon läpivirtaava ilmavirtaus oli siten täysin nolla. Muutaman kerran jäähdytyslaitteella käydessäni se toimi aina täysteholla kulutusta mitatessani. Hukkaenergian määrä on merkittävä. Hetkelliseksi sähköverkosta otettavaksi tehoksi mittasin 11,56 kW.



Kuva 7. Jäähdytyslaitteiston kenno oli täysin tukossa

Jäähdytyslaitteiston arvioitu kulutus: $11,56 \text{ kW} \times 10 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 6 \text{ kk} = 20808 \text{ kWh}$

Arvioitu säästöpotentiaali: $20808 \text{ kWh} \times 0,5 = \mathbf{10404 \text{ kWh}}$

Takaisinmaksuaika: 1 v

Releen koskettimen liittimille tulevat johtimet olivat kytketty saman liittimen alle. Pattereita on ohjattu ennen ohitusta automaation kautta, huonelämpötilan perusteella. Lämpöpatterit olivat siten nyt täysillä koko ajan, koska niitä ohjaava rele oli ohitettu. Kuvassa 8 mitataan virtapihtimittarilla lämmityslähdön virtaa. Lämpöpatterin yläpuolella on lisäksi putkistoja, joita jäähdytyslaite jäähdyttää. Lisähäviöitä syntyy siitäkin. Voisi olettaa, että kesäaikaan se on ainakin täysin turhaan päällä. Myös ulkopuolisena ajankohtana lämpöpatteri ei varmasti ole täysteholla koko aikaa.



Kuva 8. Biokaasupumppaamon lämmityspattereiden ohjauslähden virrankulutuksen mittaus

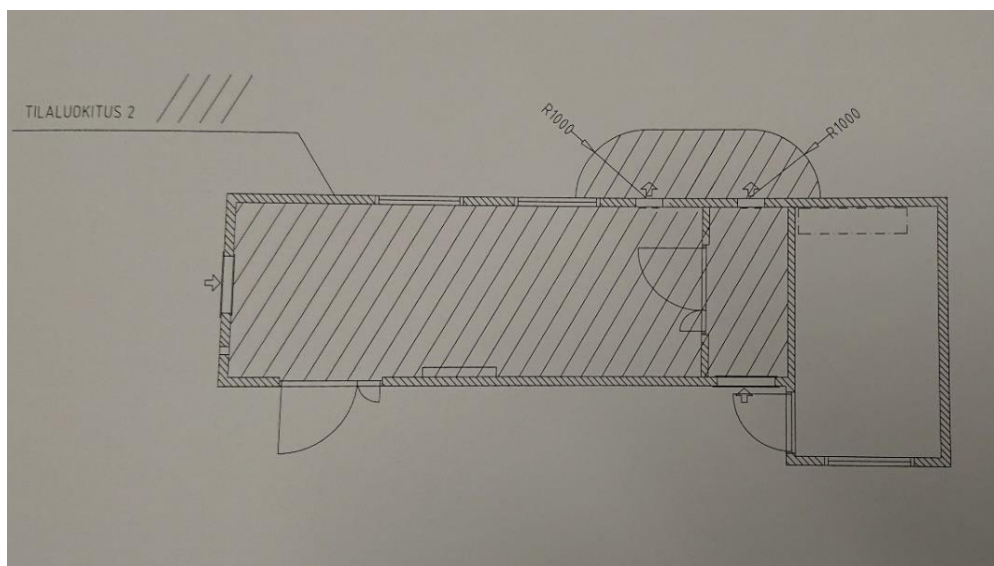
Venttiilihuoneen lämpöpattereiden vuosikulutus:

$1,53 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 12 \text{ kk} = 13235 \text{ kWh}$

Säästöpotentiaali: $13235 \text{ kWh} \times 0,5 = \mathbf{6617 \text{ kWh}}$

Takaisinmaksuaika: 1 v

Samalla huomioni kiinnittyi tilaluokitukseen. Tila on luokiteltu ATEX-tilaksi, tilaluokitukseltaan 2 luokan tilaksi kuvan 9 mukaisesti. Entiset lämmityspatterit ovat ainoastaan paloluokiteltuja, eivätkä sovellu edes räjähdysvaaralliseen tilaan.

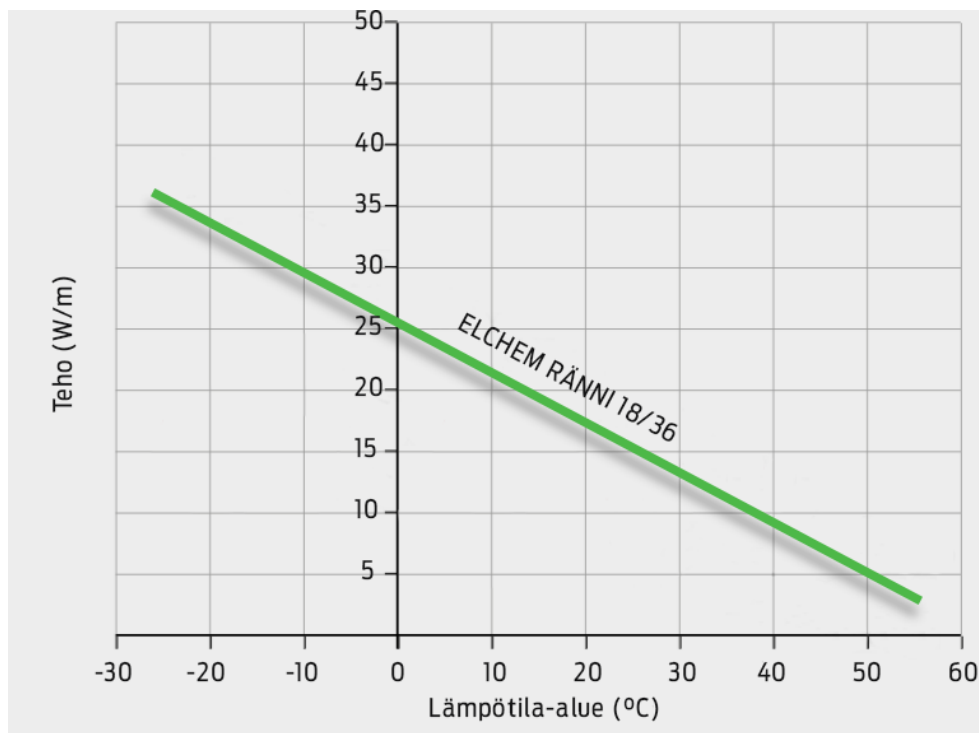


Kuva 9. ATEX-tila

Ratkaisuksi päädyttiin vaihtamaan patterit yhteen tehokkaampaan 1000W ATEX-patteriin ja sitä ohjaamaan erillisellä termostaatilla. ATEX-lämmittimissä ei itsessään ole termostatteja. Kytkennät suoritettiin ATEX-jakorasiasa.

4.1.4 Rännilämmitykset ja sähkösaatot

Rännien sulanapitolämmitys vie erittäin paljon energiaa, varsinkin väärin ohjattuna. Turhaa lämmitystä tuo sekä liian kovalla pakkasella lämmitys, kuin myös kesälläkin lämmityksien päällä olo. Optimioloissa lämmitys painottuu nolla lämpötilan molemmille puolille muutama asteen. Itsestään säätyvä kaapeli vie myös kuvan 10 mukaisesti paljon sähköä lämpimänäkin, mutta selkeästi vähemmän energiaa kuin kylmällä säällä. Kuvasta voidaan myös todeta, että sulanapitokaapelia kannattaa pitää päällä vain tarvittaessa eikä yhtään enempää. Tutkimukset ovat osoittaneet, että ohjatuissa järjestelmissä lämmityskaapelin päällä olo aika on vain 20 % järjestelmän päällä oloajasta, ja kyseinen investointi voi maksaa itsensä jo ensimmäisenä vuonna takaisin (Edox, 2021)



Kuva 10. Sulanapitokaapelin lämpötilanvaikutus tehoon (Pistesarjat.fi, 2021)

Rännilämmityksien saattokaapelit olivat VAK ohjattuja ja tarkastellessa, ne vaikuttivat järkeville. Niin toimistorakennuksessa, kuin halleissakin.

Lisäksi kentällä on putkistoja, joiden sulatusta ylläpidetään saattolämmityskaapelilla. Näitä ovat biokaasupumppaamon ja hapetusaltaan lähetyvillä ulkotiloissa. Kuvassa 11 on kaasuputkistojen sähkösaattolämmitykset. Näiden ohjaus on toteutettu vain joko pistotulpalla tai kytkimellä. Yleensä siis syksyllä ne kytketään päälle ja keväällä pois. Tämä ei ole optimaalisin tapa, sekä toiminnallisuuden että energiansäästön kannalta. Suositeltavaa olisi lisätä tähän termostaatti, tällöin käyntiaika ja riski jäätymiseen pienenesi. Valinnassa pitää huomioida ympäristönlämpötila, koska ohjauskotelo sijaitsee ulkona ja kaikki termostaatit eivät kestä kylmyyttä. Ohjaamiseen voidaan käyttää esimerkiksi Danfoss RT34 mallia, joka ohjaa ohjauskotelossa olevaa kontaktoria. Yhden kuukaudenkin käyttöajan pienemisellä, säästö on jo 1246 kWh. Lisäksi kannattaa huomioida, että unohduksen riski pidemmäksi aikaa on todennäköinen.

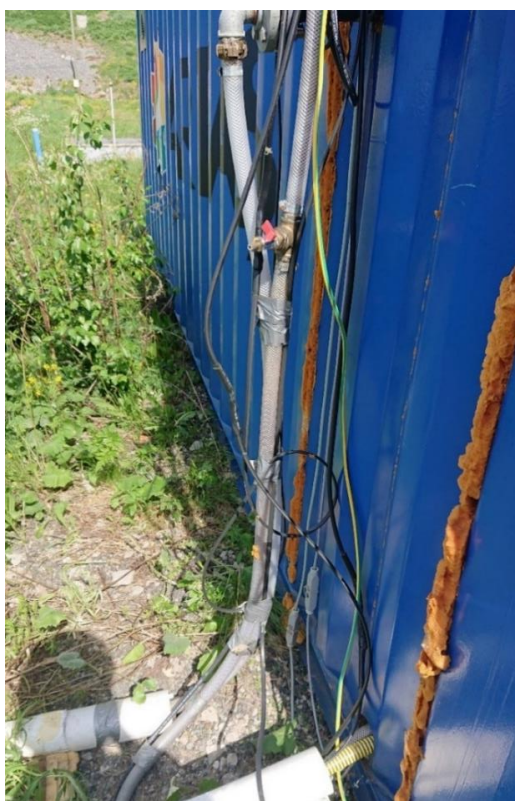
Säästöpotentiaali: $1,73 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 1 \text{ kk} = \mathbf{1246 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: 3 v



Kuva 11. Kaasuputkistojen sähkösaattolämmitykset

Lisäksi osittain pienessä määrin sulanapitokaapeleita oli valtoimenaan irti putkistosta ja ilman eristepäällistä, niin kuin kuvasta 12 voidaan todeta. Eristeiden lisäämisellä estetään jäätyksen vaara ja saadaan nimellinen pieni säästö kulukseen.



Kuva 12. Ulkoilmaa lämmittävät sähkösaattokaapelit

4.1.5 Auditorio ja toimistorakennus

Auditorio lämpenee sähköpattereilla. Auditorion lämmitys ilmalämpöpumpulla parantaisi energiatehokkuutta. Viikkoajastetulla ilmalämpöpumpulla saataisiin optimoitua vielä lisää tehokkuutta. Sillä voitaisiin säätää lämpötilaa alemmaksi silloin kun tilaa ei käytetä.

45 m² tilan lämmitys kuluttaa vuodessa lämpöenergiaa noin $80 \text{ kWh/m}^2 \times 45 \text{ m}^2 = 3600 \text{ kWh}$

Mitsubishi ilmalämpöpumpun hinta on 1800 € asennettuna.

Säästöpotentiaali: **2215 kWh/v**

Takaisinmaksuaika: 6 v

4.2 Valaistus

Valaistus oli pitkälti jo entuudestaan hyvin toteutettu. Yleisissä toimistorakennuksen tiloissa oli liiketunnistimet suurimmilta osin. Yksittäisissä tiloissa kuten tekninen tila, voisi vaihtaa LED-putken loisteputkien tilalle. Tilan käyttö on tosin vähäistä. Saatava hyöty on siten melko pieni. Tosin esimerkiksi IV-konehuoneessa valot olivat jääneet edelliseltä käyttäjältä päälle ja siten hyöty voi olla suurikin, vaikkei se olisi välttämättä tavoitteellisuuden mukainen.

4.2.1 DIALux-ohjelmalla jätteenkäsittelyhallin valaistuksen mallintaminen

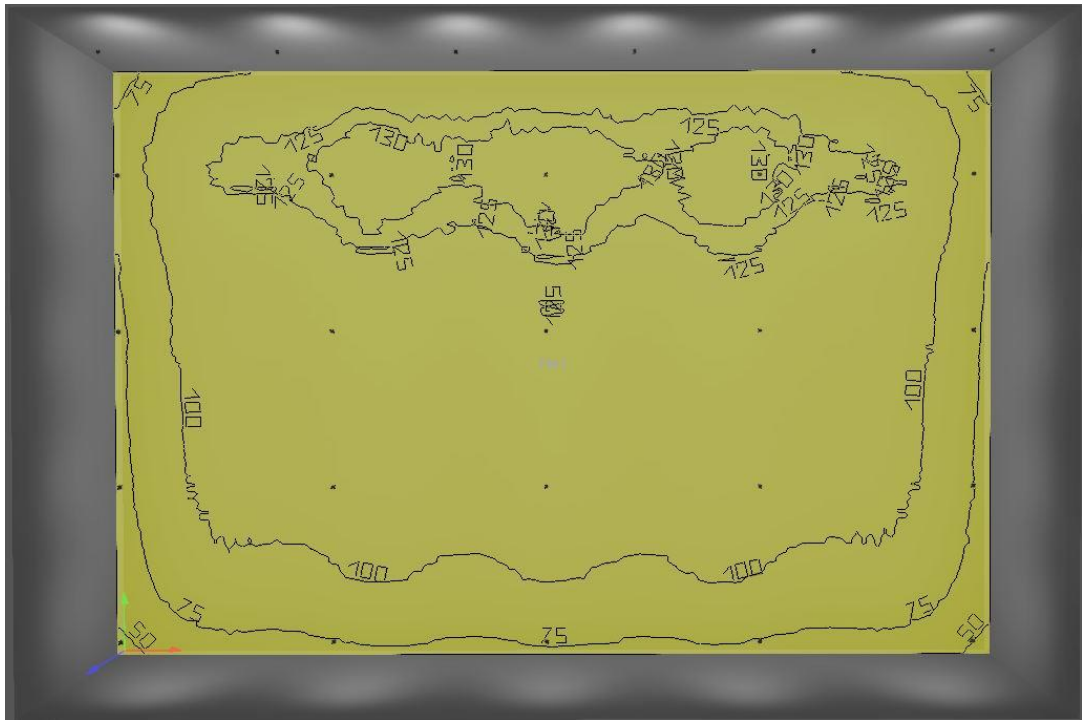
Jätteenkäsittelyhalli on valaistu vanhoilla loisteputkivalaisinrungoilla, joihin on asennettu led-putket. Jätteenkäsittely- ja lajittelualueen valaisimien mitattu kulutus oli 4,48 kW. Lisäksi reunassa on lastausalue, jonka valaistuksen kulutus oli 0,96 kW. Kyseiset valaisimet eivät ole optimaalisia kyseiseen korkeaan tilaan. Nykyisin LED-syväsiteilijöitä saa kohtuulliseen edulliseen hintaan. Lisäksi valaisimien kuvut ovat tummuneet ja likaantuneet ajan saatossa. Riittävä ja tasainen valaistus lisää huomattavasti työturvallisuutta. Kiinteistön omistajalle kustannustehokkuus on merkittävässä roolissa, koska isojen hallikiinteistöjen sähkönkulutuksesta valtaosa menee valaistukseen. Dialux suunnitteluohjelmalla on kuvattu uusilla valaisimilla varustetun tilan uutta valaistusta. Kyseisellä ohjelmalla voidaan suunnitella erilaisten tilojen valaistuksia. Ohjelmaan voidaan syöttää valitun valaisimen data, joka

sisältää valaisimesta kaiken tiedon muun muassa sen valokuvioista ja tehokkuudesta. Ohjelma osaa laskea ja sijoittaa valaisimet tilaan valitun valaistusvoimakkuuden mukaan. Valaistuksen vaatimustasona on käytetty kuvan 13 mukaisesti kohtaa 2, jatkuvan tavarankäsittelyn ehtona. Vaatimuksena on 50 lux valaistusvoimakkuus. Pois lukien hallin yläosaan vähimmäisvoimakkuutta 100 lux, joka on lastausaluetta.

Tehtävä	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus	Tasaisuus
Väliaikainen tavarankäsittely, Irtotavaroiden lastaus	20lux	0,25
Jatkuva tavarankäsittely, Kuorman purku ja lastaus, Avoimet lastausalueet	50lux	0,4
Katetut lastausalueet, Osoitekorttien lukeminen, Työkalujen käyttö	100lux	0,5
Vaativat sähkö-, laitteisto- ja putkiasennukset, Tarkastukset	200lux	0,5

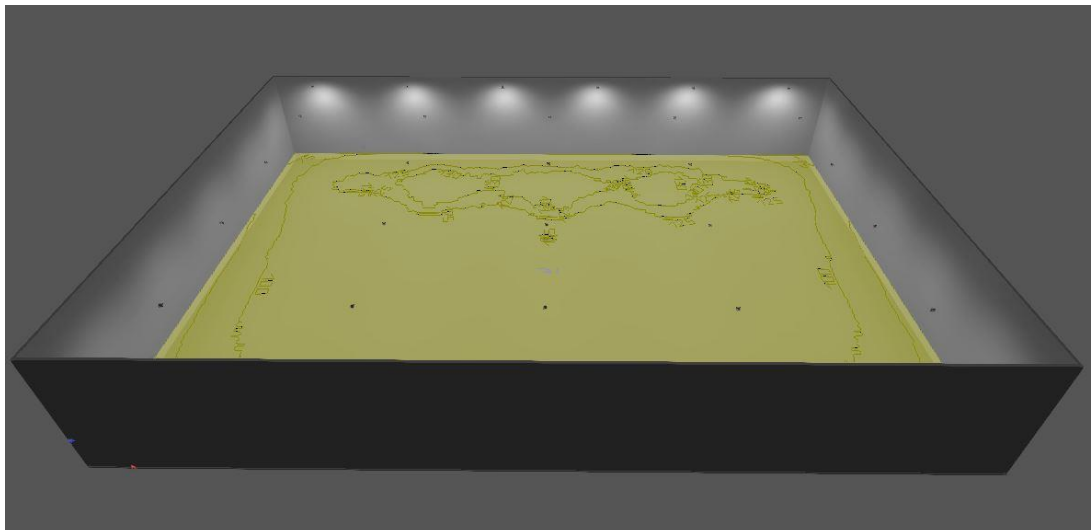
Kuva 13. Valaistusalueen vaatimukset ulkotiloihin, teollisuusalueille ja varastohalleille (Winled, 2021)

Alueeseen määrityksi 26 kappaletta led-syvästeilijöitä. Malliksi valitsin Ledvance High-BayLed 95 W 110 asteen keilalla, saatavuuden, sopivuuden ja matalan hintatason takia. Kapeammalla valokeilalla testatessani valon epätasaisuus lisääntyi ja olisi siten huonompi valinta. Valoteho yhdessä valaisimessa on 13000 luumenia. Kuvan 14 mukaisesti valaistuksen voimakkuus on vähän yli tavoiteltujen tasojen. Tosin valaisimien vanhetessa valaistusteho laskee ajan saatossa ja huomioon pitää ottaa huolto- tai alenemakerroin. Kokonaistehoksi koko halli kokonaisuudessa tuli 2,47 kW.



Kuva 14. Valaistusvoimakkuudet lukseissa päältä kuvattuna

Kuvassa 15 on sama alue kuin kuvassa 14, mutta vertikaaliselta tasolta lähemmäksi horisontaalista tasoa kuvattuna. Se auttaa hahmottamaan valaisimien sijoittelua ja alueen valaistusta tarkemmin.



Kuva 15. Valaistun alueen valovoimakkuus alue sivusta kuvattuna

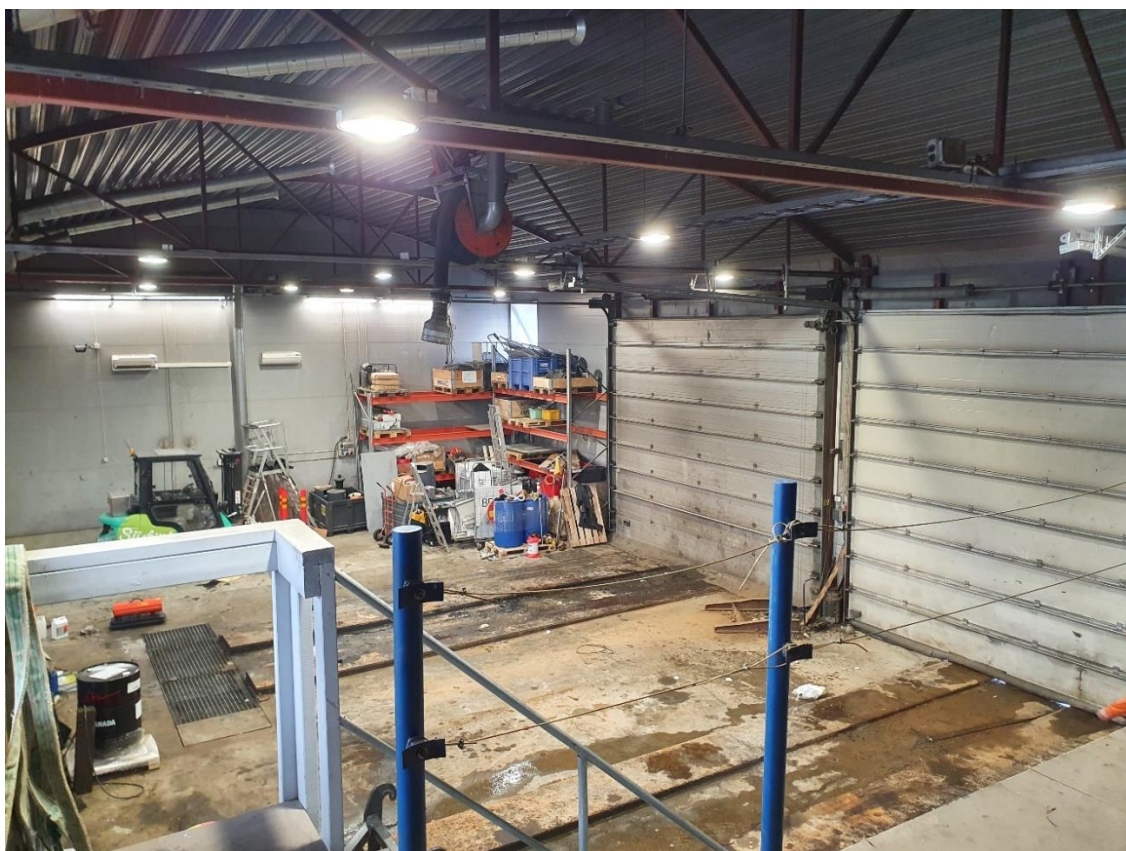
Uusien valaisimien kulutus = 26 kpl x 95 W = 2,47 kW

Vanhojen- ja uusienväläisimien tehoerotus = 4,48 kW – 2,47 kW = 2,01 kW

Säästöpotentialiaali: 2,01 kW x 8 h x 30 pv x 7 kk = **3377 kWh/v**

4.2.2 Konekaluston huoltohallin valaistus

Kuvassa 16 on huoltohallin valaistus, joka on toteutettu muuten hyvin. Monesti kiinnitin huomiota siihen, että valaistus on täysin turhaan päällä. Kesäaikaan tilassa on jo paljon luonnonvaloa. Tilassa ei ole edes useasti ketään paikalla. Läsnaolotunnistimilla valaistuksen käyttöaika voitaisiin tiputtaa huomattavasti. Älykkäät valaistusratkaisut huomioivat tilojen käytön. Mitoitin, että neljällä läsnäolotunnistimella saataisiin alueineen katvealueet hyvin haltuun. Läsnaolotunnistimet ovat paremmin tilaan soveltuvia, koska ne huomioivat jatkuvan liikkeen. Tällöin ei synny tilannetta, jolloin valot vilahtavat päälle uudestaan, asetetun tunnistus ajan jälkeen. Valitsin läsnäolotunnistimeksi Esylux PD-C360D/24m plus mallin. Lisäksi kolme alaohjattavaa mallia, jotka kytketään pääyksikön alaisuuteen. Ne ovat muuten toiminnallisuudeltaan ja havainnointialueeltaan samanlaisia. Ohjelmointi tapahtuu kaukosäätimellä, mutta tunnistimissa on entuudestaan perusasetukset tehtaan jäljiltä.

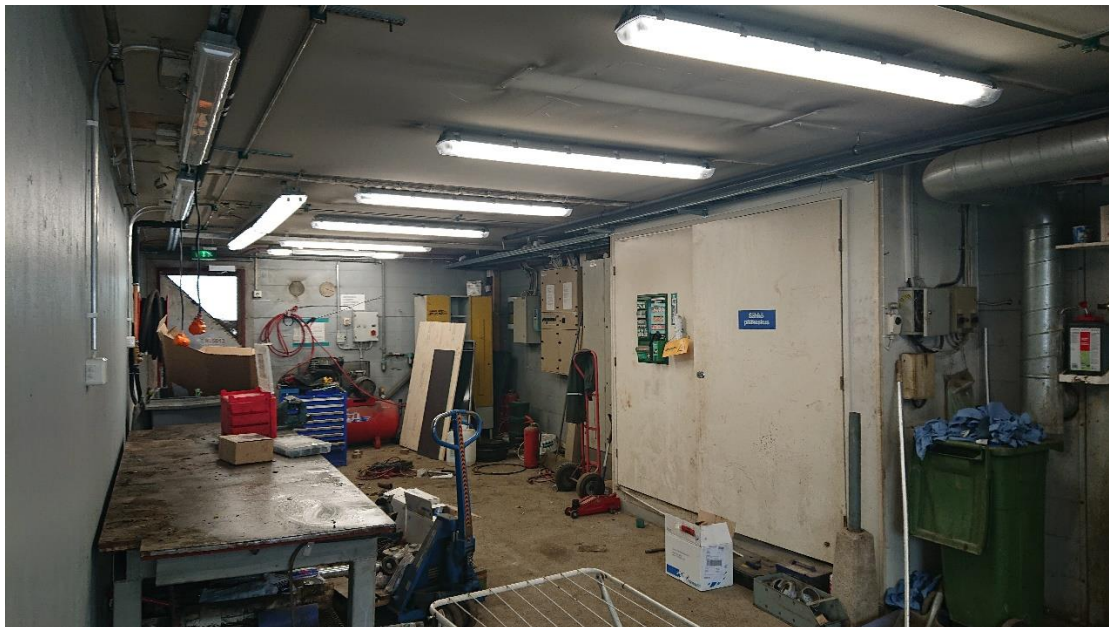


Kuva 16. Konekalustohallin valaistus

Säästöpotentiaali: $1,44 \text{ kW} \times 8 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 12 \text{ kk} \times 0,66 = \mathbf{2762 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: 4 v

Kuvassa 17 on hallin korjaamo osan valaistusta. Myös tässä tilassa on vastaava epätehokkaan käyttöajan ongelma. Vastaavanlaisesti ongelma korjaantuisi matalamman korkeusalueen läsnäolotunnistimilla.



Kuva 17. Korjaamon valaistusta

Säästöpotentiaali: $0,2 \text{ kW} \times 8 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 12 \text{ kk} \times 0,66 = \mathbf{384 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: 7 v

4.2.3 Kenttävalaistuksen muutokset

Jätekentän aluevalaistus on jo ennestään hyvin pitkälti led-valonheittimillä valaistu. Kentällä on kymmeniä valaisimia, joista 3 kpl on vanhoja 400 W suurpainenatrium valaisimia. Kuvassa 18 on vanhempaa valaistusta. Suurpainenatrium valaisimet toimivat melko hyvällä hyötysuhteella, hitaan syttymisen jälkeen. Korvaava LED-valaisin olisi teholtaan 300 W. Toisin myös huollon tarve ja kestävyys ovat led-valaisimella parempaa tasoa. Takaisinmaksuaika on kymmenen vuoden tasolla, joten kannattavinta on vaihtaa valaisin vasta uuteen led valaisimeen, kun siitä palaa polttimo tai siihen ilmenee muuta vikaa.



Kuva 18. Jätekentän valaistusta

Säästöpotentiaali: **432 kWh/v**

Takaisinmaksuaika: 10 v

Kuvassa 19 on konehallin kolme ulkovalaisinta, jotka olivat aina välillä koko ajan päällä. Olisi suositeltavaa asentaa, joko kokonaan uusi valaisin liiketunnistimella tai lisätä valaisimeen liiketunnistusohjaus kytkimen sijasta. Silloin se ei palaisi myös päivällä ja silloin, kun sille ei ole tarvetta.



Kuva 19. Konehallin ulkovalaisimet

Säästöpotentiaali: $0,12 \text{ kW} \times 8 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 12 \text{ kk} = \mathbf{346 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: 7 v

4.2.4 Pikkukukon valaistus

Pikkukukko on lajitteluasema, jonne jokainen voi tuoda jätteitensä, joko maksuttomasti tai maksullisesti riippuen jätteestä. Kuvasta 20 näkyy kuinka aluetta valaistaan kahdella valoheitin mastolla, joissa molemmissa on neljä heitintä. Alue toimii aikaisin aamulla ja iltaisin itsepalveluna. Valaisimet ovat kyseisen ajan päällä vaikkei kävijöitä olisikaan. Lisäksi alueelle johtava katuvalaistus valaisee aluetta. Energiat ehokkaampaa olisi saada valaistuksesta himmeä silloin kun ketään ei ole paikan päällä. Paremmiin varustelluissa DALI-valaisimissa ja ohjauksissa tätä hyödynnetään esimerkiksi autoliikkeissä. Asiakkaan tullessa tilaan valaistuksen tasoa nostetaan hitaasti, jolloin illuusio luo tilasta ja tuotteista paremman näköisiä huomaamatta.



Kuva 20. Pikkukukko alueen valaistusta

Pääsemällä lähelle tällaista tasoa nykyisellä valaistuksella, voitaisiin taempaa mastoa ohjata riittävän laajankantaman liiketunnistimella. Mallilla Theben theluxa s360 360D on 360 asteen havainnointi alue 32 metrin halkaisijalla. Tällä ohjattuna lisävalaistus syttyisi ajoissa, eikä katvealueita tulisi. 5 minuutin ajastuksella asiakas olisi ehtinyt poistua jo alueelta, jolloin lisävalaistus sammuisi.

Säästöpotentialiaali: **324 kWh/v**

Takaisinmaksuaika: 8 v

Lajitteluasemalle johtaa katu ja sen viereinen parkkipaikka on valaistu 100 W suurpainenatrium valaisimilla. Kyseisiä vanhoja valaisimia on noin 10 kpl. Led valaisimilla saataisiin pientä säästöä, mutta ero on melko mitätön huomioiden investoinnin vaikutus.

Säästöpotentialiaali: $0.27 \text{ kW} \times 5 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 6 \text{ kk} = \mathbf{241 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: 10 v

Kuvassa 21 on toimistoparakin loisteputki valaisimet. Niiden vaihto liikeohjattuihin led-valaisimiin toisi pientä säästöä. Esimerkiksi LUMI II 400 IP44 18W/840 RA MS malliin.



Kuva 21. Toimistoparakin valaistusta

Säästöpotentiaali: **129 kWh/v**

Takaisinmaksuaika: 9 v

Kuvassa 22 on erikoisjätekontit. Jätteenlajittelukonttien valaisimien ohjaus hämäräkytimellä ja kellokytkimellä, pienentäisi päällä oloaikaa merkittävästi. Kontteja on 3 kappaletta ja jokaisessa 60 W tehoiset led-valaisimet, jotka ovat nyt jatkuvasti päällä. Turha päivällä, sekä yöaikainen päällä olo saataisiin silloin pois. Toisena vaihtoehtona olisi ohjata valaisimia liiketunnistimella, mutta tällöin se olisi todennäköisesti liian pimeä ja saattaisi aiheuttaa hämmennystä asiakkaissa.



Kuva 22. Erikoisjätteen kontit, joissa valaisimet sisällä

Säästöpotentiaali: $0.18 \text{ kW} \times 16 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 8 \text{ kk} = \mathbf{691 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: 4 v

4.3 Ohjaukset

Automaatio ja sen hyödyntäminen laitteiden ohjauksessa tuo merkittävästi säästöjä. Tällöin voidaan optimoida laitteiden käyttö niihin ajankohtiin, jolloin niitä oikeasti tarvitaan. Tyypillisimpiä ohjauksia ovat aikaohjaukset, ne ovat taloudellinen tapa ohjata tehokkaasti ja yksinkertaisesti. Esimerkiksi IV-koneen tunnin mittainen ylimääräinen käyntipäivässä lisää n. 10 % koneen energiakulutusta. Eräs heikon energiatalouden merkki on käyntiaikojen epätehokkuus suhteessa tilojen käyttöön. Syitä tähän voi olla vaikka poikkeuksellinen tapahtuma, jonka takia aikaohjelmaa muokataan palauttamatta sitä tavan omaiseen tarpeeseen. Vastaavaa tapahtuu myös käsikäyttöohjauksilla. Käyntiaikaseuralla voidaan huomata ja vaikuttaa tarpeettomiin käyntiaikoihin. Nykyään tilojen valaistusta, ilmanvaihtoa ja lämmitystä ohjataan läsnäoloon perustavalla tavalla, tällöin ohjataan myös tilan sisäolosuhteita todellisen käytön mukaan (ST Kortisto, 2016). KNX-järjestelmä ja sen mahdollisuudet tarjoavat melkein kaiken ohjaamisen samalla laitteistolla, mielikuvituksen ollessa rajoitteena. Helposti skaalautuva ja käytettävä järjestelmä on miellyttävä energiansäästäjä. Kyseisiä laitteistoja käytetään jo kohtuullisen paljon, esimerkiksi Helsingissä kalasatama hankkeessa. (Purmonen, 2020)

4.3.1 Hapetuspumppujen ohjaaminen

Jätteenkäsittely alueella on lampi, jota hapetetaan pumppaamalla sinne ilmaa. Kuvassa 23 on hapetuspumput. Alkujaan hapetin moottoreita on kokoaikaisessa käytössä kaksi kappaletta kolmesta. Käyttöaste ja tarpeellisuus ei ole näinkään suurta. Ohjaamalla näitä vuoron perään kello ohjauksella, joka antaa tiedon taajuusmuuttajan käy-koskettimen tuloon. Tällöin toinen näistä on vain päällä kerrallaan ja säästöpotentiaali on puolet.



Kuva 23. Hapetuspumput

Ohjaus haluttaisiin toteuttaa mahdollisimman yksinkertaisesti. Myös siten että kuka vaan voisi muuttaa tarvittaessa pumppujen päällä oloaikaa. Ohjauskelloiksi valitsin kuvan 24 näköisen Schneider Electric:in Acti 9 sarjan mekaanisen kellon 24 tunnin ajastuksella. Sääto-
välit ovat 15 minuutin välein ja kellokytkin on lisäksi akku varmennettu. Jokaiselle moottorille tulisi oma kellokytkin, jotka sijaitsevat moduulikotelossa. Sieltä kaapeloitaisiin Jamak instrumentointikaapelilla taajuusmuuntajalle. Kellokytkin ohjaa asetetun ajanjakson mu-
kaan kosketinta, joka ohjaa taajuusmuuntajan moottorille antamaa päällä olo käskyä.



Kuva 24. Acti 9 sarjan mekaaninen kellokytkin (Sähkönumerot, 2021)

Molempien moottoreiden yhteiskulutus = 2,02 kW

Pumppujen vuosikulutus: $2,02 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ pv} \times 12 \text{ kk} = 17453 \text{ kWh}$

Säästöpotentiaali: $17453 \text{ kWh} \times 0,5 = \mathbf{8726 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: Alle vuosi

4.3.2 Rekkavaakojen lämmityksien ohjaus

Toimistorakennuksen viereisen vaa'an saattolämmitykset toimivat puutteellisesti. Kesäaikaan niiden sulanapitolämmitys on luonnollisesti turhaa ja ne kannattaisi kytkeä silloin pois päältä. Kesäkelillä mittasin sulanapitolähtöjen yhteiskulutukseksi 3,8 kW. Viaksi paljastui ulkona oleva viallinen termostaatti, jonka kosketin oli jumittunut päälle. Uudella termostaatilla ongelma korjaantuisi.

Säästöpotentiaali: $3,8 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 6 \text{ kk} \times 30 \text{ pv} = \mathbf{16416 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: Alle vuosi

Pitkän vaa'an lämmityksiä puolestaan ohjaa DEVIreg 850 maa-alueen sulanapitotermostaatti järjestelmä. Se koostuu termostaatin lisäksi virtalähteestä ja maa-anturista. Toiminta perustuu sekä lämpötilan että kosteuden mittaukseen. Näiden yhdistelmällä se osaa analysoida, kannattaako maa-aluetta lämmittää, ettei se täyty lumesta ja jäästä. Sulanpidoille on yhteensä 24 johdonsuojakatkaisijaa, jotka on jaoteltu kahdeksaan kolmivaiheiseen ryhmään. Kaikkien ollessa päällä tehon kulutus on 45 kW. Termostaatin tehdasasetuksena lämpötila asetus on 4 °C. Silloin lämmitysjärjestelmä käynnistyy, kun lämpötila menee alle kyseisen arvon. Järjestelmä menee pois päältä ylittäessään kyseisen arvon. Pois lukien tilanne, jossa kosteutta on yli asetetun rajan, silloin lämmitys jatkuu 1,5 °C yli raja-arvon jälkilämmitystilassa (Kesko, 2021). Itsessään termostaatin toiminta oli toimivaa, ja se näytti maa-alueen lämpötilaksi 6,2 °C. Tällöin sen ohjauskosketin oli oikeaoppisesti auki ja maa-alueen kosteusprosentti 99 %.

Huomioni kiinnittyi kesäkuun lopussa järjestelmää tutkiessani, että se ohjasi silloinkin pohjalaatan sulanapidon saattolämmityksiä päälle. Ulkoilman ollessa silloin noin 20 °C. Suurimalta osin muuten lämmitykset olivat pois päältä. Syyksi tähän paljastui, että pohjalaatan sulanapitoa ohjataan vain suoralla käsikäytöllä, ilman että termostaatin toiminta vaikuttaa sen toimintaan ollenkaan. Pohjalaatan sulanapidon ohjaus kannattaa muuttaa muiden ohjauksien tapaan termostaatin ohjauksen perään. Lisäksi olisi hyvä asentaa käsikäyttökytkin,

jolla on mahdollista ohjata automaattista- tai käsikäyttötilaa. Pelkän pohjalaatan sulatuksen tehoksi mittasin 8,04 kW.

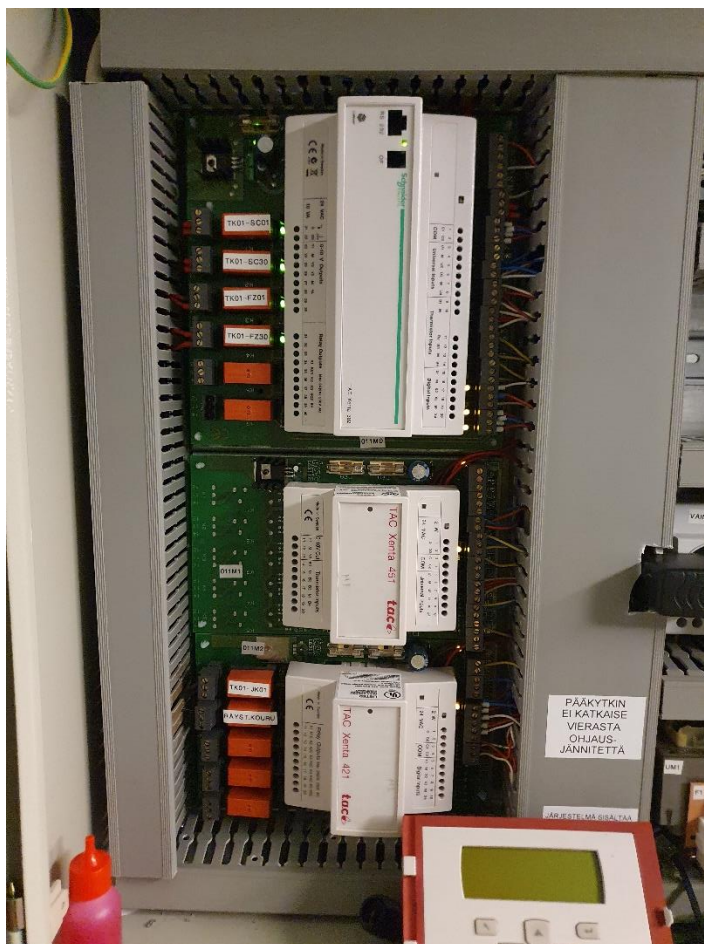
Säästöpotentiaali: $8,04 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 6 \text{ kk} \times 30 \text{ pv} = \mathbf{34733 \text{ kWh/v}}$

Takaisinmaksuaika: Alle vuosi

Lisäksi huomasin, että yksi vikavirtasuojia oli lauennut. Viaksi paikallistin yhden saattolämmityksen, joka vuoti eristyksestä maihin. Myös kyseinen vika pitää korjata kuntoon.

4.3.3 VAK ohjauksien tarkastelu

Kuvassa 25 on kohteen toimistorakennuksen valvonta alakeskuksen sisältöä. VAK on valvonta alakeskus, jolla voidaan säätää ja ohjata lämmitystä, ilmanvaihtoa ja valaistusta. Sitä käytetään nykyisin pitkälti kaikissa vähänkin isommista ja ohjauksia vaativissa kohteissa. Nykyaikaisessa järjestelmässä aikaohjelmien teko on helppoa ja tarkasti säädeltävissä. Kohteessa oli kaksi tällaista keskusta. Tietoja tarkastellaan tietokoneella RJ45 portin kautta. Niiden tarkastelu ja säätäminen on suhteellisen helppoa. Lisäksi on pieni erillinen näyttöpaneeli, jolla voidaan tarkastella ja säätää arvoja, mutta sen käyttö on epäselvempää. VAK:ssa on useita relelähtökortteja. Kohteessa ohjauksia oli muun muassa rännilämmityksille, valaistuksille ja ilmanvaihdolle.



Kuva 25. Toimistorakennuksen VAK keskuksen sisältöä

4.4 Ilmanvaihtolaitteiston toiminnallisuus

Suosittelava ilmanvaihtosuodattimien vaihtoaika on yleisesti 6 kk. Likainen suodatin luo painehäviön. Jo puolivuotta vanha suodatin voi lisätä sähkönkulutusta kolminkertaisesti mitauksien perusteella pitääkseen ilmanvaihdon samalla tasolla (Pietiläinen, 2015).

Ilmanvaihtosuodattimien vaihto on organisoitu toiselle yritykselle ja vaikutti olevan kunnossa, joten tähän osioon ei tässä opinnäytetyössä paneuduttu enempää.

Lisäksi erilaisissa pienissä tiloissa on omat suodattimet tuloilmalle. Näitä on muutamia muun muassa parakkikeskukset, joissa kierrätetään ilmaa. Sekä myös hapetuspumppujen tuloilmasuodattimet. Pienienkin suodattimien huoltaminen on erittäin suositeltavaa.

5 AURINKOSÄHKÖN KÄYTTÖ JA ENERGIATEHOKAS OHJAAMINEN

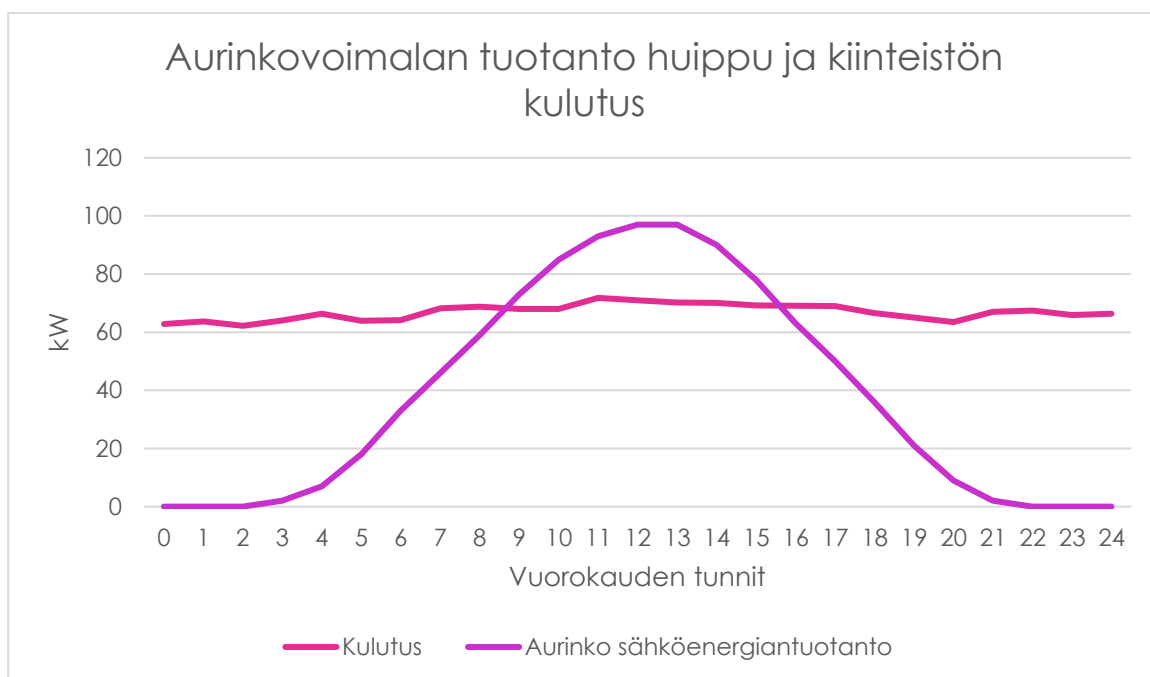
Aurinkosähkön kulutuksenoptimointi omaan käyttöön tuo taloudellista etua. Myydystä sähköstä saa huomattavasti vähemmän kuin itse käytettynä. Ero syntyy niin sähköverosta, arvonlisäverosta, kuin suuremmilta osin siirtomaksuista. Täten aurinkovoimalan tuoton ja kulutuksen kohtaaminen luo säästöjä.

5.1 Aurinkoenergian tuotannon ja kiinteistön kulutuksen analysointi ja mittaus

Kohteeseen on asennettu 99 kWp aurinkovoimala maa-asennettuna etelään suunnattuna. Sekä myös toimistorakennuksen katolle 10 kWp aurinkovoimala. Sain Jätekuolta 2019 vuoden sähkön kulutuksen tuntitason tarkkuudella. Kesäaikaan kulutus on matalimmillaan noin 50 kWh tunnissa ja talvella korkeimmillaan yli 100 kWh. Keskiarvallisesti kulutus on noin 80 kWh luokkaa ympärivuotisesti laskettuna. Päivällä kulutus on yleensä vähän korkeampaa kuin muuna aikana. Muuten kulutus on erittäin tasainen ja perus pohjakuormaa on paljon, joka soveltuu aurinkovoimalantuotannon kanssa oikein hyvin. Aurinkovoimalan tuotto on kovimmillaan toukokuussa.

Taulukossa 1. on aurinkovoimalan arvioitu tuotto täysin aurinkoisena päivänä ja kiinteistönkulutus suhteessa kesäkuussa. Kesäkuussa tuotanto on lähes toukokuun tasoa, ja siten vuoden suurinta. Muina aikoina tuotanto on pienempää ja on harvemmin yli kulutuksen. Tuotanto ja kulutus on melko hyvin linjassaan toisiinsa, myyntisähköäkin tulee jonkin verran. Useimmiten poutakesäpäivinä on myös pientä pilvisyyttä, joka leikkaa huippua välillä matalammaksi. Pilvisyys leikkaa jyrkästi tuotannon 20 % tasolle. Tosin myös tavoiteltu vähintään 10 % sähköenergiansäästö, aiheuttaa sähkönmyynnin kasvua.

Taulukko 1. Aurinkovoimalan tuotanto arvio maksimissaan ja kiinteistön kulutus kesäkuun alussa



5.2 Aurinkoenergian hyödyntäminen ja ohjaus

Tällä hetkellä aurinkovoimalan tuottoa ei sinänsä optimoida tuotannon ja kulutuksen kanssa mitenkään. Yksinkertaisimpia ja helpoiten toteutettavia kulutuksen ohjauksia on muun muassa lämminvesivaraajan ohjaus kellokytkimellä. Tosin tässä kokonaisuudessa se olisi melko mitätön osa kokonaiskulutukseen, toisinkuin esimerkiksi omakotitalossa. Maa-aurinkovoimalan paneeliston putsaus lumesta kevättalvella vaikuttaa vähän tuoton lisääntymiseen. Älyttömän suuri säästö ei siltikään ole, mutta se on melko helppo toteuttaa paneelien ollessa maan tasalla.

Lisäksi hapetuspumppujen kulutuksen painotus päivä aikaan kellokytkimien ajastuksella on yksi vaihtoehto. Muuten ylituotanto on suhteellisen pientä ja ohjauksen tarpeellisuus vähäistä. Johtuen siitäkin, ettei helposti ohjattavia kuormia juurikaan kohteessa ole. Muuten aihealue on mielenkiintoinen ja esimerkiksi uudiskohteessa kattavalla suunnittelulla sillä voidaan saada merkittäviäkin säästöjä irti.

6 LASKENNALLINEN SÄÄSTÖ JA KANNATTAVUUS

Vuonna 2019 sähkön kulutus oli 704110 kWh. Kaikkien suunniteltujen kohteiden toteutuksessa sähköenergian säästö olisi 123106 kWh. Alla olevassa taulukossa 2 on rajattu paljonko mistäkin aihealueesta mahdollinen säästöpotentiaali on. Taulukkoon on huomioitu vain työt, jotka päätettiin toteuttaa. Lisäksi suluissa on säästöpotentiaali, joita ei toteutettu laitteiston hyvän kunnon tai pitkän takaisinmaksuajan takia.

Taulukko 2. Säästöpotentiaalit aihealueittain

Toimenpide alue	Säästöpotentiaali kWh
Sähkösaattojen ohjaus	52395
Lämmitys	46945
Jäähdytys	10404
Ilmanvaihto	Nimellinen, ei huomioida
Valaisimien muutokset	129 + (4050)
Valaistuksen ohjaus	1421 + (3086)
Moottoreiden ohjaukset	8726

Säästöpotentiaali kokonaisuudessaan: 120020 kWh + 7136 kWh = **127156 kWh**

Säästöpotentiaaliprosentti: (17,0 %) **18,1 %**

7 TÖIDEN TOTEUTTAMINEN

Kannattavien töiden kohdalla pidettiin 10 vuoden takaisinmaksuaikaa järkevänä takarajana, tietysti riippuen millaisesta laitteistosta on kyse. Aina takaisinmaksuaika ei ole se oikein tapa investoinnin perustana. Merkittävästi vaikuttaa myös kuinka pitkä elinaikaodote ja huollontarve uusitulla laitteistolla on. Esittelin ideani ja ratkaisut tekemänäni PowerPoint esitelmänä. Esitelmässä havainnollistin asiat aina kuvilla kohdennetusta laitteistosta, parannusehdotuksen ja laskennallisen säästöpotentiaalin kulutuksesta. Töistä päätettiin toteuttaa melkein kaikki. Lukuun ottamatta yksittäisiä valaistusratkaisuja, joiden uusiminen jätettiin mahdollisesti tulevaisuuteen, kun valaisimien uusiminen on ajankohtainen. Myöskään suurtehoilmalämpöpumppua ei vielä päätetty investoida, vaan pelkästään vanhan lämmittimen ohjauksen muuttaminen.

8 YHTEENVETO JA LOPPUPÄÄTELMÄT

Kohteessa oli selkeitä ja helppoja säästökohteita, mutta myös monia haasteellisia ja erittäin vaativiakin. Lähtökohtaisesti laskennallisesti tavoitteeseen päästiin täysmääräisesti ja ylikin. Lopullinen tulos tulee näkymään konkreettisesti tulevaisuuden sähkölaskussa. Työ oli varsin mielenkiintoinen ja pisti tutkimaan ja miettimään uusia asioita ja näkökohtia laitteistojen toimintaan. Tietoa sai etsiä vaativiin asioihin tosissaan ja haastaa itseään osaamisella. Aikataulu venyi alkuperäisestä suunnitellusta, mutta mikään kiire ei kumminkaan työn valmistamisella ollut. Jossain määrin oli yllättävää, että varsinkin sähkösaatot voivat kuluttaa niin paljon hukkaenergiaa. Tosin se on ymmärrettävää, jos ne ovat päällä aina ja pitkällä aikavälillä pienikin kulutus luo suuria kuluja. Energiakatselmuksessa tulee huomioida monta asiaa laitteiston tarpeesta kuin sen todellisesta käyttötarpeesta. Se vaatii moniosaamista ja perehtymistä, varsinkin yksilöllisten laitteiden kohdalla. Nykyteknisistä laitteistoista ja niiden tehokkuudesta pitää olla ajan tasalla, että voidaan saada maksimaalinen hyöty ja tavoite energiatehokkuudesta.

Näkisin että myös teollisuuden ja isojen kiinteistöjen lisäksi, ihan tavallisissa omakotitaloissa ja kiinteistöissäkin on paljon potentiaalia tehokkuuden kasvattamiseksi. Olisi erittäin kiintoisaa rakentaa ja toteuttaa älykäs nollaenergiatalo. Mielessä on monia ideoita, kuinka talo voisi hyödyntää ja varata energiaa. Kuin myös teknisten laitteidenpuolesta olisi jo useampi laitteistokokonaisuus mielessä. Suurta roolia mielenkiinnossa lisää myös se, että taloudellisesti se on erittäin kannattavaa toimiessaan. Tällöin moni ratkaisu kannattaa olla mietittynä ennen rakentamista, koska jälkikäteen on vaikeaa ja kalliimpaa toteuttaa vaativampia ratkaisuja. Tosin vanhoissa kohteissakin voi olla helposti toteutettavissa esimerkiksi öljylämmityksen vaihto lämpöpumppu tekniikkalliseen lämmitykseen tai aurinkopaneelien asennus. Näissä kohteissa älykkäät ohjaukset tai energianvaraaminen on selvästi vaikeampaa, mutta kyseisilläkin toimilla päästään huomattavasti parempaan lopputulokseen. Tekniikan kehittyessä pientuotanto ja uudet energianvarastointi ratkaisut tulevat pikkuhiljaa aina vain kannattavammiksi. Tällöin aukeaa uusia mahdollisuuksia, niin yksityisille kuluttajille kuin teollisuudellekin.

Lisäksi taloyhtiöissäkin olisi varmasti markkinasaumaa toteuttaa energiakatselmuksia. Ne voivat olla hyvin kannattaviakin taloyhtiölle. Monesti kukaan ei mieti laitteen väärää toimintaa tai kehittämistä, sen jälkeen, kun kohde on valmistunut. Vasta sitten, kun laite on oike-

asti rikki ja ilman laitteisto ei toimi. Moni kohde voi olla kymmeniäkin vuosia vanha ja hukkaenergian määrä voi olla merkittävä ja pienistäkin asioista kiinni. Kevyt muotoisella energiakatselmuksella ja puutteiden korjaamisella voidaan saada merkittäviä säästöjä.

Uskon, että työstä oli hyötyä tulevaisuuden työkohteissani, työurallani, kuin omienkin kiinteistöjen energiatehokkuuden hallinnan kannalta. Energiatehokkuus ja sen tarve tulee varmasti vain korostumaan yhteiskunnassa tulevaisuudessa. EU:n lisätessä pakotteita ja hiilidioksidipäästöjen vähetessä, asiat tulevat olemaan pinnalla haluttiin tai ei, mutta syystäkin.

LÄHTEET

- Data, O. W. (2020). *Our World in Data*. Noudettu osoitteesta <https://ourworldindata.org/renewable-energy>
- Edox. (2021). *Edox.fi*. Noudettu osoitteesta https://edox.fi/media/wysiwyg/Edox/kuvastot/2020_EDOX_sulanapito_kuvasto.pdf
- Ilmasto-opas.fi. (29. Tammikuu 2021). *Energiatehokkuustoimista on taloudellista hyötyä*. Noudettu osoitteesta <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/75ef09a7-01a2-489a-862e-0dce463a8e1c/energiatehokkuustoimista-on-taloudellista-hyotya.html>
- Kesko, O. (2021). *DEVIreg 850 manuaali*. Noudettu osoitteesta https://kesko-onninen-pim-resources-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/pimdocuments/FISTK_3531184_66827.pdf
- Korkia. (9. Helmikuu 2021). *Korkia*. Noudettu osoitteesta <https://www.korkia.fi/aurinkoenergiakapasiteetin-rajahdysmainen-kasvu-viisi-syyta-miksi-aurinkoenergia-kiinnostaa-sijoittajia/>
- Motiva. (2018). *Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä*. Helsinki: Motiva.
- Motiva. (2019). *Energiatehokas teollisuuskiinteistö*. Helsinki: Motiva.
- Motiva. (17. Helmikuu 2021). *Lämmityksen energiatehokkuus*. Noudettu osoitteesta https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato/lammityksen_energiatehokkuus
- Niiranen, T. (2014). *Ilmalämpöpumpun investoinnin kannattavuus pientalossa*. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu. Haettu 8. 2. 2021
- Passiivitalo. (7. Helmikuu 2021). Noudettu osoitteesta <https://www.passiivikivitalot.fi/blogi/nollaenergiatalo>
- Pietiläinen, J. (2015). *Ilmanvaihtokoneiden suodattimien vaihtovälin optimoiminen sähkönkulutuksen perusteella*. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu. Haettu 8. Helmikuu. 2021
- Pistesarjat.fi. (2021). Noudettu osoitteesta <https://pistesarjat.fi/fi/itsesaatyva-lampokaapeli-elchem-ranni-18-36>
- Purmonen, N. J. (2020). *Case kalasatama*.
- Scanoffice. (7. Helmikuu 2021). *Scanoffice*. Haettu 2021 osoitteesta <https://www.scanoffice.fi/tuote/mitsubishi-electric-idh125-d-250d/>
- ST Kortisto. (2016). *Energiatehokkuusvaatimusten huomioiminen rakennusten sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käytössä ja kunnossapidossa* (Osa/vuosik. ST 98.50). (S. Oy, Toim.) Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 16. 2 2021
- Suomi.fi-verkkotoimitus. (15. Tammikuu 2021). *Energiatehokkuus*. Noudettu osoitteesta <https://www.suomi.fi/yritykselle/vastuut-ja-velvollisuudet/ymparistovastuu/opas/yrityksen-ymparistovastuu/energiatehokkuus>
- Sähkönumerot. (2021). Noudettu osoitteesta Sähkönumerot.fi: <https://www.sahkonumerot.fi/2609069>

Vattenfall. (7. Helmikuu 2021). *Aurinkovoima*. Haettu 2021 osoitteesta

<https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/aurinkovoima/>

Weatherbase. (2021). *Kuopion maantiede*. Haettu 2021 osoitteesta

<http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=71920&refer=&units=metric>

Winled, J. S. (14. Helmikuu 2021). *Led valot teollisuus*. Noudettu osoitteesta

<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/LED-valot-teollisuuteen>

Yle. (20. Lokakuu 2020). *Tässä kerrostalossa tuotetaan osa itse sähköstä- ja näin saatat asua sinäkin, sillä uudistus tekee aurinkosähköstä nykyistä houkuttelevampaa*. (P. Juuti, Toimittaja) Noudettu osoitteesta

<https://yle.fi/uutiset/3-11594666>

Ympäristömisteriö. (2020). *Ympäristömisteriö*. Haettu 25. Helmikuu 2021 osoitteesta

<https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>

LIITE 1: DIALUX RAPORTTI

jätehalli

DIALux

Valaisinluettelo

Φ kokonaan 338000 lm	P kokonaan 2470.0 W	Valotehokkuus 136.8 lm/W
------------------------------	------------------------	-----------------------------

Kpl	Valmistaja	Tavaranimero	Tuotteen nimi	P	Φ	Valotehokkuus
26	LEDVANCE GmbH	405807507435 4	HighBayLED 95W/4000K 110DEG IP65	95.0 W	13000 lm	136.8 lm/W

Jätehalli

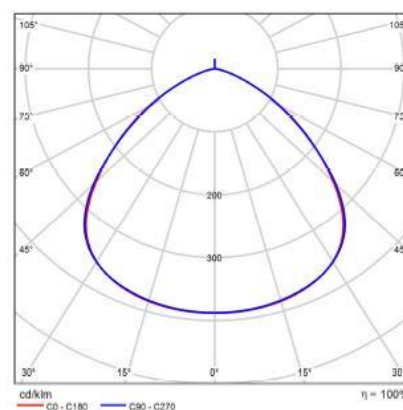
DIALux

Tuotteen tietolehti

LEDVANCE GmbH HighBayLED 95W/4000K 110DEG IP65



Tavaranumero	4058075074354
P	95.0 W
Φ_{Lamppu}	13000 lm
Φ_{Valaisin}	13000 lm
η	100.00 %
Valotehokkuus	136.8 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Polaarinen valonjakautumiskäyrä

Häikäisyarvot UGR-N mukaan													
		70	75	80	85	90	95	30	35	40	45	50	
μ-Serot		50	20	50	30	30	50	30	50	30	50	30	
μ-Lähte		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tilan koko x y		Näkösuuna poikittain Lampun keskikoivaan						Näkösuuna pitkittäin Lampun keskikoivaan					
		2H	2H	3H	4H	6H	8H	12H	2H	3H	4H	6H	8H
	2H	29.2	30.5	29.5	30.7	30.9	29.2	30.4	29.5	30.7	30.9	31.0	31.3
	3H	29.7	30.8	30.0	31.0	31.3	29.6	30.7	30.0	31.0	31.3	31.4	31.5
	4H	29.7	30.8	30.1	31.1	31.3	29.7	30.7	30.0	31.0	31.3	31.4	31.5
	6H	29.7	30.7	30.1	31.0	31.3	29.7	30.6	30.0	30.9	31.2	31.2	31.2
	8H	29.7	30.6	30.1	30.9	31.2	29.6	30.5	30.0	30.8	31.2	31.2	31.2
	12H	29.7	30.5	30.0	30.9	31.2	29.6	30.5	29.9	30.8	31.1	31.1	31.1
	2H	29.5	30.6	29.9	30.8	31.1	29.5	30.5	29.8	30.8	31.1	31.1	31.1
	3H	30.1	31.0	30.5	31.3	31.6	30.0	30.9	30.4	31.2	31.6	31.6	31.6
	4H	30.2	31.0	30.6	31.3	31.7	30.1	30.9	30.5	31.2	31.6	31.6	31.6
	6H	30.2	30.9	30.6	31.2	31.6	30.1	30.8	30.5	31.2	31.5	31.5	31.5
	8H	30.2	30.8	30.6	31.2	31.6	30.1	30.7	30.5	31.1	31.5	31.5	31.5
	12H	30.1	30.7	30.6	31.1	31.6	30.0	30.6	30.2	31.0	31.4	31.4	31.4
	2H	30.2	30.8	30.6	31.2	31.6	30.1	30.7	30.5	31.1	31.5	31.5	31.5
	3H	30.2	30.7	30.7	31.1	31.6	30.1	30.6	30.6	31.0	31.5	31.5	31.5
	4H	30.2	30.6	30.7	31.1	31.6	30.1	30.5	30.5	31.0	31.4	31.4	31.4
	6H	30.2	30.6	30.7	31.0	31.5	30.0	30.4	30.5	30.9	31.4	31.4	31.4
	8H	30.1	30.7	30.6	31.1	31.5	30.1	30.6	30.5	31.0	31.5	31.5	31.5
	12H	30.2	30.6	30.6	31.1	31.5	30.1	30.5	30.5	31.0	31.4	31.4	31.4
	6H	30.2	30.5	30.5	31.0	31.5	30.0	30.4	30.5	30.9	31.4	31.4	31.4
Väliteho laskojen perusteella valokäytön säätötiloissa tarkastettavissa S													
S = 1.0H		+0.4 / -0.5						+0.4 / -0.6					
S = 1.5H		+0.8 / -1.0						+0.9 / -1.6					
S = 2.0H		+1.7 / -3.0						+1.9 / -3.2					
Valokäytökko		BK02						BK02					
Korjauskokki		12.5						12.4					
Korjauksen näkösuuna on suhteessa 10000:n Kätelevälitehoon													

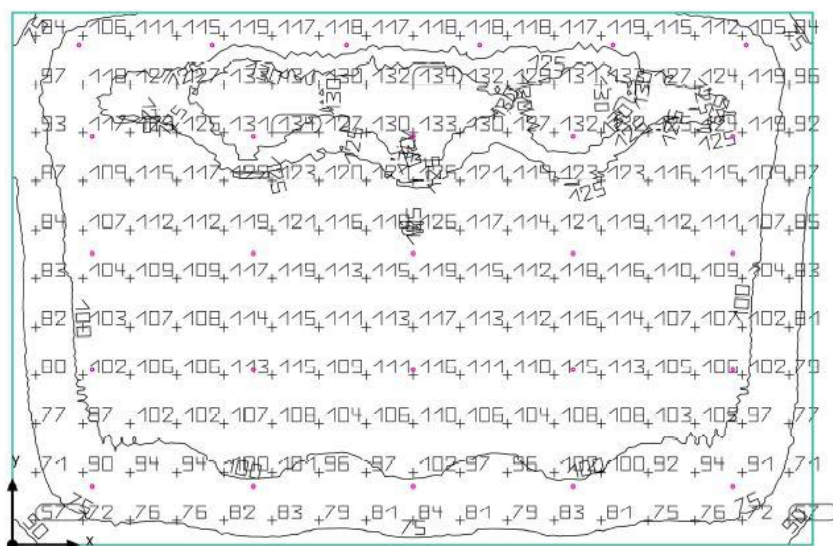
UGR-diagrammi (SHR: 0.25)

Jätehalli

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 1 · Tila 1

Yhteenveto

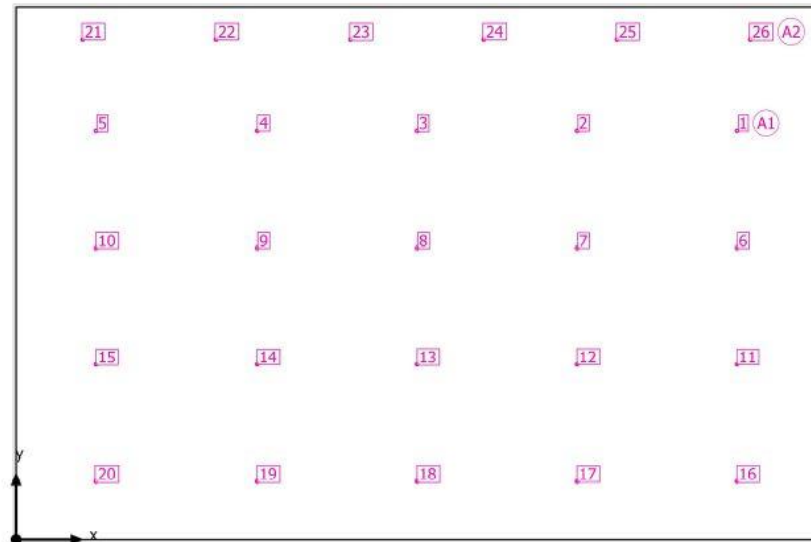


Pohjapinta-ala: 2400,00 m² | Heijastussuhteet: Katto: 70,0 %, Seinät: 50,0 %, Lattia: 20,0 % | Alenemäkerrain: 0,80 (yleiskäyttöinen) |
 Tilan vapaa korkeus: 10,280 m | Asennuskorkeus: 10,280 m

Jätehalli

DIALux

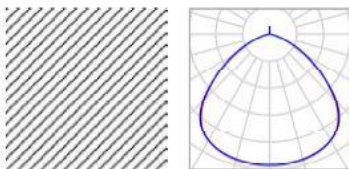
Rakennus 1 · Kerros 1 · Tila 1

Valaisinten sijaintikaavio

Jätehalli

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 1 · Tila 1

Valaisinten sijaintikaavio

Valmistaja	LEDVANCE GmbH
Tavaranumero	4058075074354
Tuotteen nimi	HighBayLED 95W/4000K 110DEG IP65

20 x LEDVANCE GmbH HighBayLED 95W/4000K 110DEG IP65

Tyyppi	Kentäksi järjestely	X	Y	Asennuskorkeus	Valaisin
1. valaisin (X/Y/Z)	54.000 m / 30.625 m / 10.280 m	54.000 m	30.625 m	10.280 m	1
X-suunta	5 Kpl, Keskikohta - keskikohta, 12.000 m	42.000 m	30.625 m	10.280 m	2
		30.000 m	30.625 m	10.280 m	3
Y-suunta	4 Kpl, Keskikohta - keskikohta, 8.750 m	18.000 m	30.625 m	10.280 m	4
Järjestely	A1	6.000 m	30.625 m	10.280 m	5
		54.000 m	21.875 m	10.280 m	6
		42.000 m	21.875 m	10.280 m	7
		30.000 m	21.875 m	10.280 m	8
		18.000 m	21.875 m	10.280 m	9
		6.000 m	21.875 m	10.280 m	10
		54.000 m	13.125 m	10.280 m	11
		42.000 m	13.125 m	10.280 m	12
		30.000 m	13.125 m	10.280 m	13
		18.000 m	13.125 m	10.280 m	14

Jätehalli

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 1 · Tila 1

Valaisinten sijaintikaavio

X	Y	Asennuskorkeus	Valaisin
6.000 m	13.125 m	10.280 m	15
54.000 m	4.375 m	10.280 m	16
42.000 m	4.375 m	10.280 m	17
30.000 m	4.375 m	10.280 m	18
18.000 m	4.375 m	10.280 m	19
6.000 m	4.375 m	10.280 m	20

6 x LEDVANCE GmbH HighBayLED 95W/4000K 110DEG IP65

Tyyppi	Kentäksi järjestely	X	Y	Asennuskorkeus	Valaisin
1. valaisin (X/Y/Z)	5.000 m / 37.500 m / 10.280 m	5.000 m	37.500 m	10.280 m	21
X-suunta	6 Kpl, Keskikohta - keskikohta, 10.000 m	15.000 m	37.500 m	10.280 m	22
Y-suunta	1 Kpl, Keskikohta - keskikohta, 5.000 m	25.000 m	37.500 m	10.280 m	23
Järjestely	A2	35.000 m	37.500 m	10.280 m	24
		45.000 m	37.500 m	10.280 m	25
		55.000 m	37.500 m	10.280 m	26

Sanasto

A

A Kaavamerkki geometriassa olevalle pinnalle

Alenemakerroin

Ks. MF

C

CCT

(engl. correlated colour temperature)

Lämpöä säteilevän lähteen lämpötila, jota käytetään sen valon värin kuvaamiseen. Yksikkö: kelvin [K]. Mitä pienempi tämä arvo on, sitä punaisempaa valo on ja mitä suurempi arvo, sitä sinisempi valo. Kaasupurkauslampujen ja puolijohteiden värilämpötilaa kutsutaan toisin kuin lämpöä säteilevien lähteiden kohdalla "korreloiduksi värilämpötilaksi".

Valon värien osoitus värilämpötila-alueille standardin EN 12464-1 mukaan:

Valon väri - värilämpötila [K]
 lämminvalkoinen (lv) < 3300 K
 neutraalin valkoinen (nv) ≥ 3300 – 5300 K
 päivänvalvalkoinen (pv) > 5300 K

CRI

(engl. colour rendering index)

Valaisimen tai polttimon värintoistoindeksi, määritetty standardissa DIN 6169: 1976 tai CIE 13.3: 1995.

Yleinen värintoistoindeksi Ra (tai CRI) on dimensioton suure, joka kuvaa valkoisen valonlähteen laatua suhteessa kahdeksan eri testivärin (ks. DIN 6169 tai CIE 1974) toistumiseen referenssivalonlähteessä.

E

Eta (η)

(light output ratio)

The light output ratio describes what percentage of the luminous flux of a free radiating lamp (or LED module) is emitted by the luminaire when installed.

Unit: %

G

g1

Usein myös Uo (engl. overall uniformity)

Valaistusvoimakkuuden kokonaistasaisuus yhdellä pinnalla. Se lasketaan jakamalla Emin E:llä, ja useat työpaikkojen valaistusstandardit vaativat sitä.

Jätehalli

DIALux

Sanasto

g2	Tarkkaan ottaen valaistusvoimakkuuden "epätasaisuus" tietyllä pinnalla. Se lasketaan jakamalla Emin Emax:illa, ja sillä on yleensä merkitystä vain standardin EN 1838 mukaisen hätävalaistuksen toteutuksessa.
H	
Heijastussuhde	Pinnan heijastussuhde ilmaisee, kuinka paljon sille saapuvasta valosta heijastuu takaisin. Heijastussuhde määritetään pinnan värin avulla.
K	
Käyttötaso	Virtuaalinen mittaus- tai laskelmapinta näkötehtävän korkeudella, mikä määritetty yleensä tilageometrian mukaan. Käyttötasolle voi antaa myös reuna-alueen.
L	
LENI	(engl. lighting energy numeric indicator) Numeerinen valaistuksen energiatehokkuusindikaattori standardin EN 15193 mukaan Yksikkö: kWh/m ² vuosi
LLMF	(engl. lamp lumen maintenance factor)/määritetty standardissa CIE 97: 2005 Valonlähteen valovirran pysyvyyserroin eli valovirranalenema, joka huomioi lampun tai LED-moduulin valovirran vähenemisen käyttöajan aikana. Valonlähteen valovirran pysyvyyserroin on desimaaliluku, jonka suurin arvo voi olla 1 (ei valovirranalenemaa).
LMF	(engl. luminaire maintenance factor)/määritetty standardissa CIE 97: 2005 Valaisimien huoltokerroin, joka huomioi valaisimen likaantumisen käyttöajan aikana (valaisimen valovirranalenema). Valaisimen valovirranalenema on desimaaliluku, jonka suurin arvo voi olla 1 (ei likaa).
LSF	(engl. lamp survival factor)/määritetty standardissa CIE 97: 2005 Valonlähteen eloonjäämiskerroin, joka huomioi valaisimen täydellisen rikkoutumisen käyttöajan aikana. Valonlähteen eloonjäämiskerroin on desimaaliluku, jonka arvo voi olla enintään 1 (huomioitavalla aikavälillä ei ole ollut rikkoutuneita valaisimia tai ne on vaihdettu välittömästi rikki menemisensä jälkeen).

Jätehalli

DIALux

Sanasto

Luminanssi	<p>Suure kirkkauden vaikutelmalle, joka ihmissilmällä on pinnasta. Pinta itse voi joko säteillä tai heijastaa valoa (säteilysuure). Tämä on ainoa fotometrinen suure, jonka ihmissilmä pystyy havainnoimaan.</p> <p>Yksikkö: kandela per neliometri Lyhenne: cd/m² Tunnus: L</p>
M	
MF	<p>(engl. maintenance factor)/määritetty standardissa CIE 97: 2005 Huoltokerroin, desimaaliluku välillä 0 ja 1, on uuden laitteen fotometrisen suunnittelusuureen (kuten valaistusvoimakkuus) arvon suhde tietyn ajan kuluttua muodostuneeseen huoltoarvoon. Huoltokerroin huomioi valaisinten ja tilojen likaantumisen, valovirranalenneman ja valonlähteiden rikkoutumisen. Huomioitava huoltokerroin on joko yleiskäyttöinen arvo tai yksityiskohtainen standardin CIE 97: 2005 mukaan kaavalla $RMF \times LMF \times LLMF \times LSF$ laskettu arvo.</p>
N	
Näkötehtävän alue	<p>Alue, jota tarvitaan näkötehtävään standardin DIN EN 12464-1 mukaan. Sen korkeus vastaa korkeutta, jolla näkötehtävä suoritetaan.</p>
P	
P	<p>(engl. power) Sähköinen tehonotto</p> <p>Yksikkö: watti Lyhenne: W</p>
Päivänvalokerroin	<p>Vain päivänvalon synnyttämä valaistusvoimakkuus tietyssä pisteessä sisätalassa suhteessa vaakasuoraan valaistusvoimakkuuteen ulkona esteettömän taivaan alla.</p> <p>Tunnus: D (engl. daylight factor) Yksikkö: %</p>
Päivänvalosuhte - hyötypinta	<p>Laskettava pinta, jonka alueelle päivänvalosuhte lasketaan.</p>
R	
Reuna-alue	<p>Alue käyttötason ja seinien välissä, jota ei huomioida laskelmassa.</p>

Jätehalli

DIALux

Sanasto

RMF	(engl. room surface maintenance factor)/määritetty standardissa CIE 97: 2005 Tilan huoltokerroin, joka huomioi huonepintojen likaantumisen käyttäjän aikana (huonepintojen likaantumiskerroin). Huonepintojen likaantumiskerroin on desimaaliluku, jonka suurin arvo voi olla 1 (ei likaa).
T	
Tausta-alue	Tausta-alue rajautuu standardin DIN EN 12464-1 mukaisesti välittömään ympäröivään alueeseen ja ulottuu tilan rajoihin saakka. Suuremmissa tiloissa tausta-alue on vähintään 3 m leveä. Se on vaakatasossa lattian korkeudella.
Tilan vapaa korkeus	Lattian yläreunan ja katon alareunan välinen etäisyys (kun tila on rakennettu valmiiksi).
U	
UGR (max)	(unified glare rating) Measure for the psychological glare effect in interiors. In addition to luminaire luminance, the UGR value also depends on the position of the observer, the viewing direction and the ambient luminance. Among other things, EN 12464-1 specifies maximum permissible UGR values for various indoor workplaces.
UGR-katsoja	Tilassa oleva laskelmapiste, jolle DIALux määrittää UGR-arvon. Tämän pisteen sijainnin ja korkeuden tulisi vastata tyypillistä katsojan paikkaa (henkilön sijainti ja silmien korkeus).
V	
Valaistusvoimakkuus	Pinnalle lankeava valovirta suhteessa pinnan kokoon ($\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lx}$). Valaistusvoimakkuus ei ole sidoksissa objektin pintaan. Sen voi määrittää kaikkialta tilasta (sisällä ja ulkona). Valaistusvoimakkuus ei ole tuotteen ominaisuus, koska se on vastaanottajan suure. Sen mittausta tapahtuu valaistusvoimakkuuden mittareilla. Yksikkö: luks Lyhenne: lx Tunnus: E
Valaistusvoimakkuus, adaptiivinen	Pinnan adaptiivisen keskivalaistusvoimakkuuden määrittämiseksi siihen sovelletaan rasteria "adaptiivinen". Jos pinnan valaistusvoimakkuuserot ovat suuria, rasteri on hienojakoisempi, jos erot ovat pieniä, suurijakoisempi.
Valaistusvoimakkuus, horisontaali	Valaistusvoimakkuus, joka lasketaan tai mitataan vaakasuoralla tasolla (kuten esim. pöydän pinta tai lattia). Horisontaalivalaistusvoimakkuuden tunnus on yleensä Eh.

Jätehalli

DIALux

Sanasto

Valaistusvoimakkuus, pystysuora	Valaistusvoimakkuus, joka lasketaan tai mitataan pystysuorassa pintaan nähden. Tämä on huomioitava kaltevien pintojen kohdalla. Jos pinta on vaak- tai pystysuora, vaakasuoran ja pystysuoran tai vertikaalin valaistusvoimakkuuden välillä ei ole mitään eroa.
Valaistusvoimakkuus, vertikaali	Valaistusvoimakkuus, joka lasketaan tai mitataan pystysuorassa tasossa (kuten esim. hyllyn etupuoli). Vertikaalivalaistusvoimakkuuden tunnus on yleensä Ev.
Valotehokkuus	Ratio of the emitted luminous flux Φ [lm] to the absorbed electrical power P [W] Unit: lm/W. This ratio can be formed for the lamp or LED module (lamp or module light output), the lamp or module with control gear (system light output) and the complete luminaire (luminaire light output).
Valovirta	Suure kokonaisvaloteholle, joka säteilee valonlähteestä kaikkiin suuntiin. Kyseessä on siis "säteilysuure", joka ilmaisee säteilyn kokonaistehon. Valonlähteen valovirran määrittäminen on mahdollista vain laboratorioissa. Lampun tai LED-moduulin valovirta on erotettu valaisimen valovirrasta. Yksikkö: lumen Lyhenne: lm Tunnus: Φ
Valovoima	Valon voimakkuus tiettyyn suuntaan (säteilysuure). Valovoima on tiettyssä avaruuskulmassa Ω säteilevä valovirta Φ . Valonlähteen säteilyominaisuudet esitetään graafisesti valonjakautumiskäyränä (VJK). Valovoima on SI-järjestelmän mukainen perusyksikkö. Yksikkö: kandela Lyhenne: cd Tunnus: I
Ympäröivä alue	Ympäröivä alue rajautuu suoraan näkötehtävän alueeseen ja sille tulisi varata leveyttä standardin DIN EN 12464-1 mukaisesti vähintään 0,5 m. Se on samalla korkeudella kuin näkötehtävän alue.