

Opinnäytetyö (AMK)

Elektroniikka

Tuotanto

2016

Joni Perkiökangas

# LOISTEPUTKIVALOMAINOKSEN NYKYAIKAISTAMINEN

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikka | Tuotanto

2016 | 38 sivua

Ohjaaja: TKT Timo Tolmunen

Joni Perkiökangas

## LOISTEPUTKIVALOMAINOKSEN NYKYAIKAISTAMINEN

Tässä työssä vertailtiin kolmea eri valaisinratkaisua nakkilalaisen parturi-kampaamon vanhan loisteputkivalomainoksen päivittämiseksi. Suunnitelmissa päädyttiin korvaamaan vanhat loisteputket led-valoputkilla. Vaikka led-valoputket ovat hankintahinnaltaan huomattavasti kalliimpia verrattuna loisteputkiin, ne ovat myös paljon energiatehokkaampia. Lisäksi led-valoputkien niin sanottu retrofit-asennus on TUKESin hyväksymä asennustapa.

Valomainoksesta haluttiin myös mahdollisimman energiatehokas, joten valomainoksen mahdolliseksi tehonlähteeksi vertailtiin verkkoon kytkettävää aurinkovoimalaa, joka varaa energiaa akkuihin. Markkinoilta löytyy nykyään valmiita aurinkosähkölaitepaketteja, joista valittiin Finnwindin Aurinko C30-aurinkosähköpaketti.

Lopuksi tehtiin kustannuslaskelmat nykytilanteelle ja kullekin toteutussuunnitelmalle, sekä laskettiin mahdolliset säästöt. Jo pelkästään led-valoputkien käyttöön siirtymällä voidaan saavuttaa huomattavat säästöt vuositasolla, ja käyttämällä lisäksi aurinkosähköpakettia voidaan saada aikaan vielä suuremmat säästöt. Aurinkosähköpaketin hinta on kuitenkin hyvin korkea saatuun hyötyyn nähden, jolloin takaisinmaksuaika venyy pitkäksi. Myös talvikuukausien pimeys heikentää aurinkovoimalasta saatavaa hyötyä.

### ASIASANAT:

aurinkoenergia, ledit, valomainokset

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Production

2016 | 38 pages

Instructor: Timo Tolmunen, D.Sc.

Joni Perkiökangas

# MODERNISATION OF A FLUORESCENT LIGHT SIGN

This thesis compares three different lighting solutions to upgrade a fluorescent light sign for a barber shop based in Nakkila. Led-light tubes were chosen to replace the old fluorescent light tubes. Although led-light tubes are very expensive compared to fluorescent light tubes, they are much more energy efficient. Moreover, a so called retrofit installation style of led-light tubes is approved by TUKES.

Energy efficiency was also a key factor in designing the upgrade, so an on grid solar power plant with batteries was chosen as a possible power source. There are installation ready packages on the market these days from which a Finnwind Aurinko C30-solar power package was chosen.

Finally, starting costs and savings calculations were made between the current situation and the upgrade solutions. Considerable savings are possible just by switching to led-light tubes, and further saving can be achieved with an additional solar power package. However, the price of the package is very high compared to the savings, so the payback time can prolong itself quite a bit. Also the lack of daylight during winter weakens the overall gains made by the solar power plant.

## KEYWORDS:

solar energy, light-emitting diodes, illuminated advertisements

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 VALO JA FOTOMETRIA</b>	<b>2</b>
2.1 Näkyvä valo	2
2.2 Valovoima	2
2.3 Avaruuskulma	2
2.4 Valovirta ja valotehokkuus	3
2.5 Valaistusvoimakkuus	4
<b>3 LED</b>	<b>5</b>
3.1 Led	5
3.2 Historia [10]	5
3.3 Rakenne	6
3.4 Toimintaperiaate	6
3.5 Valoteho	7
<b>4 LED-VALOPUTKI</b>	<b>8</b>
4.1 Vertailu	8
4.2 Led-valoputki loisteputken korvaajana	8
4.3 Retrofit-asennus [15]	8
<b>5 LED- JA LOISTEVALOPUTKIEN EROT</b>	<b>10</b>
5.1 Valoteho	10
5.2 Vertailu	10
5.2.1 Toimintaperiaate	10
5.2.2 Energiatehokkuus	11
5.2.3 Käyttöikä	11
<b>6 AURINKOVOIMA</b>	<b>12</b>
6.1 Aurinkovoima	12
6.2 Talteenotto	12
6.3 Aurinkovoimalan mitoitus	12
6.4 Paneelit	14
6.5 Yksikiteisten ja monikiteisten paneelien väliset erot	14
6.6 Paneelin tyyppin valinta	14

6.7 Paneelin tehon valinta	15
6.8 Hyötysuhde	18
6.9 Akun mitoitus	18
<b>7 SUUNNITTELU</b>	<b>20</b>
7.1 Toteutussuunnitelmat	20
7.2 Loisteputkien vaihto led-valoputkiin	20
7.3 Loisteputkien vaihto verkkoon kytkettävällä aurinkopaneelilla toimiviin led-putkiin	20
7.4 Loisteputkien vaihto led-valoputkiin ja akkukäyttöiseen verkkoaurinkovoimalaan	21
<b>8 KUSTANNUSLASKELMAT</b>	<b>22</b>
8.1 Kustannukset	22
8.1.1 Loistevaloputket	22
8.1.2 Retrofit led-putket	22
8.1.3 Led-putket ja aurinkovoimala	23
8.2 Säästöt	24
<b>9 YHTEENVETO</b>	<b>25</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>26</b>

## **LIITTEET**

Liite 1. Auringon säteilyvoimakkuus

Liite 2. Solarwatt 60P datalehti

Liite 3. Philips CorePro LEDtube datalehti

## LYHENTEET

$\omega$	avaruuskulma
$d$	etäisyys
$U$	jännite
$A$	pinta-ala
$t$	päälläoloaika
$r$	säde
$P$	sähköteho
$E$	valaistusvoimakkuus
$\eta$	valotehokkuus
$\Phi$	valovirta
$I$	virta
cd	kandela
lx	luksi
lm	lumen
sr	steradiaani
CE-merkintä	Conformité Européenne
EN	European Standards
IEC	International Electrotechnical Commission
Led	Light-emitting diode
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System

# 1 JOHDANTO

Ledien käyttö erilaisissa valaisinratkaisuissa on yleistynyt voimakkaasti viime vuosina. Etuina ledien käyttämisessä on muun muassa energiatehokkuus ja pitkä käyttöikä. Ongelmana taas on korkea hinta verrattuna tavallisiin loiste- ja hehkulamppuihin, mikä kuitenkin korjaantuu säästöinä sähkönkulutuksessa.

Tässä työssä esitellään 3 suunnitelmaa parturi-kampaamo Katri-Johannan vanhan loisteputkivalomainoksen uusimiseksi. Sain idean työlle keskusteltuani kampaamon omistajan kanssa hänen suunnitelmistaan rakennuttaa uusi liikekiinteistö, joten valomainoksen päivittäminen samalla kertaa tuntui luontevalta ratkaisulta. Keskusteluissa tuli ilmi myös, että uuteen liikekiinteistöön saattaisi tulla pienimuotoinen aurinkovoimala hoitamaan sähköntuottoa, joten myös valomainos päätettiin suunnitella aurinkovoimalla toimivaksi.

Valomainoksen runko on 400 mm × 50 mm × 25 mm kokoinen sinkitty metallilaatikko, jonka etureunassa on kaksiosainen irrotettava liikkeen nimellä varustettu muovilevy. Vanha valaistus toimii kuudella OSRAM 58W/840 1500 mm loisteputkella joiden syttymistä ohjaa kolme analogista sytytintä. Suunnitelmissa vanhat loisteputket korvataan Philips LEDtube CorePro T8 22-58W 840 led-valoputkilla, ja lisäksi valomainoksen yhteyteen liitetään aurinkovoimala.

## 2 VALO JA FOTOMETRIA

### 2.1 Näkyvä valo

Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituusalue, jonka ihmissilmä pystyy havaitsemaan, kutsutaan näkyväksi valoksi. Tämän aallonpituusalueen rajat ovat n. 400–700 nm:ä, joten se kattaa vain pienen osan valon spektristä. Näkyvää valoa lyhyempiä, n. 100–400 nm:n aallonpituuksia, kutsutaan ultraviolettisäteilyksi ja pidempiä, n. 700–1000 nm:n aallonpituuksia, kutsutaan infrapunasäteilyksi. Näitä osia sähkömagneettisesta säteilystä kutsutaan myös optiseksi säteilyksi. Valon väri riippuu valon aallonpituudesta, mutta ihmissilmä ei havaitse kaikkia aallonpituuksia samalla tavalla. Esimerkiksi keltaista, n. 555 nm:n aallonpituudella esiintyvää valoa, havaitaan 10 kertaa voimakkaammin kuin lyhyillä tai pitkillä aallonpituuksilla esiintyvää valoa. [1,2,3]

### 2.2 Valovoima

Valovoima ( $I$ ) on valonlähteen säteilemän tehon voimakkuus avaruuskulmayksikköä kohti. Valovoiman yksikkö on kandela (cd), ja se ilmaisee valonlähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuuden. Kandela kuuluu myös SI-järjestelmän perussuureisiin, ja sen määritelmä löytyy SI-järjestelmästä. Yksi kandela on sellaisen valonlähteen valovoima, joka lähettää tiettyyn suuntaan monokromaattista taajuudeltaan 540 THz valosäteilyä 1/683 W säteilyteholla steradiaania kohden. Käytännössä valonlähteen valovoima  $I_v$  määritetään mittaamalla valonlähteen valaistusvoimakkuus  $E_v$  tunnetulla etäisyydellä  $d$ , jolloin valonlähteen valovoima voidaan laskea kaavalla:

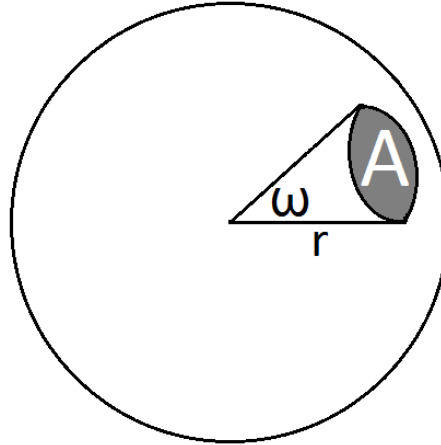
$$I_v = E_v d^2$$

[3,4,5]

### 2.3 Avaruuskulma

Fotometriaan liittyvien suureiden määrittelyissä suuntaa kuvaavana tekijänä käytetään avaruuskulmaa ( $\omega$ ). Valonlähteet suunnitellaan siten, että ne säteilevät valoa koko avaruuteen tai pelkästään tiettyyn osaan avaruudesta. Avaruuskulma on kolmiulotteinen

kulmamitta ja tarkoittaa esimerkiksi kartion sisälle jäävää avaruuden osaa. Kuvassa kartio rajaa  $r$ -säteisen pallon pinnasta alan  $A$  (Kuva 1).



Kuva 1. Avaruuskulma.

Avaruuskulman määritelmä on:

$$\omega = \frac{A}{r^2}$$

Avaruuskulman yksikkö on steradiaani (sr). Koko pallon pinta-ala on  $4\pi r^2$ , ja näin koko avaruutta vastaava avaruuskulma  $\omega=4\pi$  sr. [3,6,7,8]

## 2.4 Valovirta ja valotehokkuus

Suurin osa sähkövalaisimen sähkötehosta poistuu lämpösäteilynä rakenteita ja ympäröivää tilaa lämmittäen, joten valaisimen ottamasta sähkötehosta saadaan valon säteilytehoksi vain murto-osa. Tehoa, jonka valonlähde tuottaa, ja joka nähdään valona, kutsutaan valovirraksi ( $\Phi$ ). Valovirta on siis silmän spektrialueella näkyvän valon säteilytehoa kuvaava määre. Valovirran määritelmä on valonlähteen valovoiman ja avaruuskulman tulo:

$$\Phi = I\omega$$

Valovirran yksikkö on  $\text{cd} \times \text{sr}$ , jolle on käytössä erityisnimi lumen (lm).

Valonlähteen valovirta  $\Phi$  suhteessa sen ottamaan sähkötehoon  $P$  ilmaisee valohyötysuhteen eli valotehokkuuden  $\eta$ :

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

Valotehokkuuden yksikkö on lm/W. Valotehokkuus riippuu sekä valaisinteknisistä ratkaisuksista että säteilyn aallonpituudesta. Tavallisen hehkulampun valotehokkuus on vain alle 20 lm/W, koska suuri osa lampun säteilystä on infrapuna-alueella. Loistelampuilla valotehokkuus voi parhaimmillaan olla lähes 100 lm/W ja monimetallilampuilla noin 80 lm/W. Teoreettinen maksimiarvo valotehokkuudelle on 683 lm/W, jos valonlähde säteilee vain 555 nm aallonpituutta. Jos säteilyteho jakautuu tasaisesti koko näkyvälle aallonpituusalueelle, valotehokkuus on teoreettisesti laskettuna 187 lm/W. [3]

## 2.5 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus ( $E$ ) on suure, joka määritellään pintaan kohtisuorasti tulevan vakiosuuruisen valovirran ja pinnan alan suhteenä:

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

Jos pinnalle saapuva valovirta ei ole vakio, määritellään valaistusvoimakkuus yhtälöllä:

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on lm/m<sup>2</sup>, jonka erityisnimi on luks (lx). [3]

## 3 LED

### 3.1 Led

Led on lyhenne sanoista Light-emitting diode, eli suomennettuna valo- tai hohtodiodi, puhekielessä ledi. Ledit ovat puolijohdekomponentteja, joiden väri määräytyy valmistusmateriaalin mukaan. Ledeissä puolijohderajapinnan yli kulkeva sähkövirta muuttuu suoraan fotoneiksi. Ledien toiminnasta lisää luvussa 3.4. [9]

### 3.2 Historia [10]

Ledien historia on monivaiheinen. Vuonna 1907 Marconin laboratorioissa työskennelleen brittiläisen Henry Joseph Roundin onnistui tuottamaan valoa puolijohdekiteen avulla, ja vuonna 1927 venäläinen Oleg Losev raportoi kehittäneensä ensimmäisen ledin. Losevin keksinnöstä raportoitiin venäläisissä, saksalaisissa sekä brittiläisissä tieteellisissä julkaisuissa, mutta sille ei löydetty käytännöllistä käyttötarkoitusta vielä muutamaan vuosikymmeneen.

Radio Corporation of Americassa työskennellyt Rubin Braunstein havaitsi vuonna 1955, että eräät puolijohdekiteet lähettävät infrapunasäteilyä. Samaan tulokseen päätyivät myös vuonna 1961 Texas Instrumentsille työskennelleet James Biard ja Gary Pittman. Vuonna 1962 Biard ja Pittman jättivät patenttihakemuksen USA:n patenttitoimistolle, ja vaikka Braunstein oli tehnyt saman havainnon vuosia aiemmin, Biard ja Pittman voittivat prioriteetti kiistan, ja patentti myönnettiin heille.

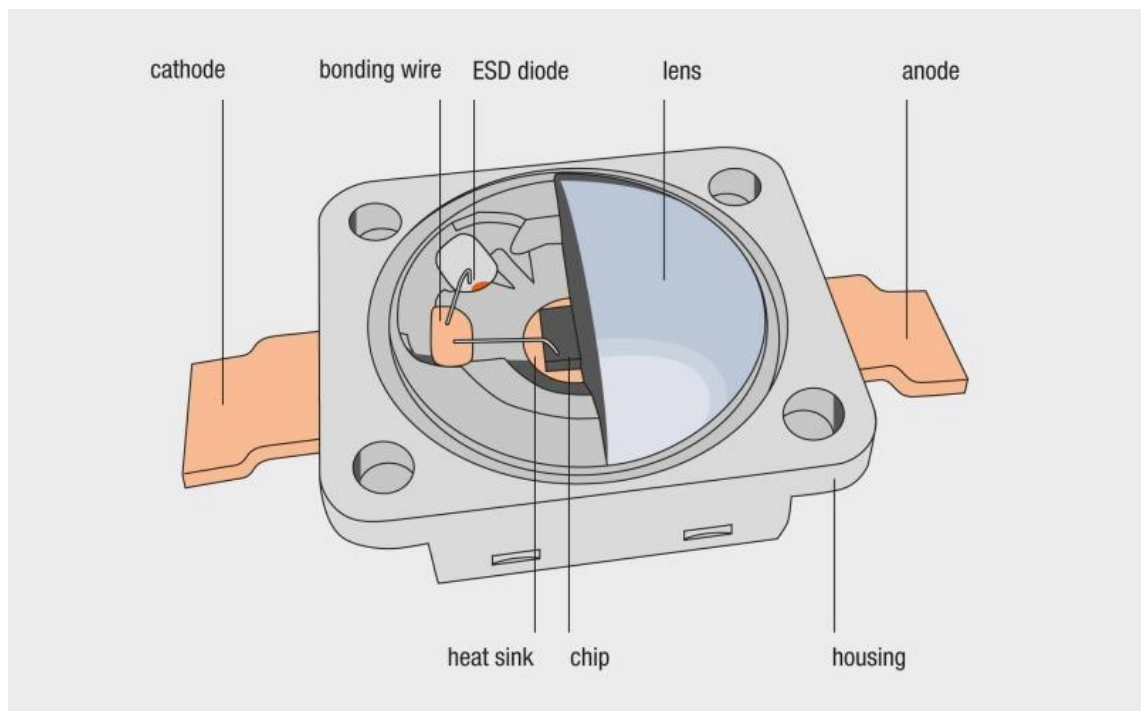
Ensimmäisen näkyvää punaista valoa kehittävän ledin kehitti Nick Holonyak vuonna 1962 työskennellessään General Electric Companylle, ja häntä pidetäänkin nykyisen ledin isänä. Vuonna 1972 opettajana toimineen Holonyakin oppilas M. George Craford kehitti ensimmäisen keltaista valoa tuottavan ledin ja paransi punaisen ja puna-oranssia valoa tuottavien ledien valotehoa kymmenkertaisesti.

Shuji Nakamura kehitti vuonna 1993 ensimmäisen kirkasta sinistä valoa tuottavan ledin, jota seurasi pian ensimmäinen valkoista valoa tuottava ledi, jossa käytettiin  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  fosforipinnoitetta sekoittamaan keltaista ja sinistä valoa. Nakamura sai

vuonna 2006 suomalaisen Millennium-tekniologiapalkinnon valkoisen ledin kehittämises-  
tä.

### 3.3 Rakenne

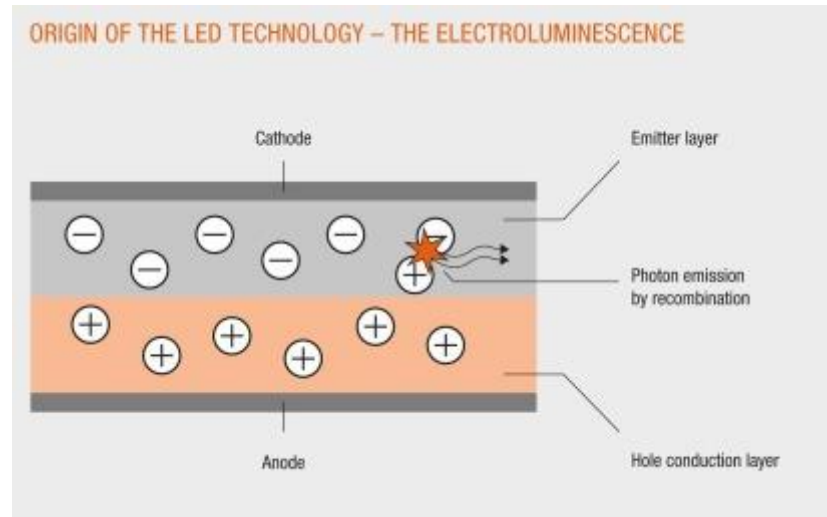
Yksittäinen led koostuu osista, jotka ovat runko, linssi, puolijohdesiru, lämmönjohdin  
sekä liitosnavat anodi ja katodi. Kuvassa 2 läpileikkaus teholedistä.



Kuva 2. Läpileikkaus teholedistä. [9].

### 3.4 Toimintaperiaate

Led on p-n-liitoksen sisältävä puolijohdekomponentti, joka säteilee näkyvää valoa, kun siihen johdetaan sähkövirta. Led on siis diodi, jossa katodilta anodille kulkeva sähkövirta kuljettaa elektroneja sekä elektroniaukkoja kohti sirun liitoskohtaa. Liitoskohdassa elektronit ja elektroniaukot yhdistyvät, jolloin syntyy energiaa. Osa tästä energiasta säteilee valona, ja osa muuntuu lämpöenergiaksi (Kuva 3). [9,11]



Kuva 3. Ledin toimintaperiaate.

### 3.5 Valoteho

Ledien valotehokkuus on noussut merkittävästi muutaman viime vuoden aikana. Kauttalliseen käyttöön suunnatut ledit pystyvät jo jopa 120 lm/w valotehokkuuteen, mutta keskimäärin ne ylävät noin 70–90 lm/w tasolle [12]. Amerikkalainen led-valmistaja Cree on laboratorio-olosuhteissa pystynyt luomaan 303 lm/w tuottavan ledvalon. [13]

## 4 LED-VALOPUTKI

### 4.1 Vertailu

Led-valoputki on ulkokuoreltaan samankaltainen kuin tavallinen loisteputki. Myös led-valoputken kannat ovat samanlaiset kuin tavallisessa loisteputkessa, joten ne sopivat erittäin hyvin vaihdettavaksi vanhojen loisteputkien tilalle. Led-valoputket kuluttavat noin kolmanneksen vähemmän energiaa kuin vastaavan valotehon antavat tavalliset loistevaloputket. [12]

Kuten tavallisten loistevaloputkien myös led-valoputkien tulee täyttää niille laissa määritellyt turvallisuusvaatimukset. Led-valoputkessa tulee olla valmistajan CE-merkintä, josta käy ilmi, että led-valoputki täyttää kaikkien sitä koskevien direktiivien vaatimukset.

### 4.2 Led-valoputki loisteputken korvaajana

Led-valoputkia käytetään sekä T8-loisteputkien G13-kantaisissa että T5-loisteputkien G5-kantaisissa sovelluksissa korvaavina valaisinratkaisuina. Markkinoilla on nykyään myös valaisimia, jotka on suunniteltu led-valoputkien ensiasennuksia varten. Tyypillisiä käyttökohteita led-valoputkille ovat muun muassa teolliset tuotantotilat, julkiset tilat, kaupat, varastot, parkkihallit, kylmätilat ja -laitteet.

Markkinoilla on lähinnä kahden tyyppisiä led-valoputkia: retrofit led-valoputkia ja led-valoputki-muutossarjoja. Retrofit led-valoputkien etuna on, että ne voidaan asentaa alkuperäiseen loisteputkivalaisimeen ilman valaisimeen tehtävää muutostyötä, jolloin asennusta voidaan pitää normaalina ylläpitotyönä. Muutossarjat ovat hieman hankalampia toteuttaa, koska led-valoputken asentaminen edellyttää alkuperäisen valaisimen muokkaamista led-valoputkille sopivaksi. [14]

### 4.3 Retrofit-asennus [15]

Tässä työssä päädyttiin käyttämään led-valoputkien retrofit-asennusta asennustavan helppouden takia. Valaisimet, jotka soveltuvat led-valoputkien retrofit-asennukseen,

käyttävät yleisesti virranrajoitinta eli kuristinta. Retrofit-asennuksessa myös tavallisen loisteputken sytytin korvataan led-valoputkiin soveltuvalla sytyttimellä.

Retrofit-asennustavan etuna on myös se, että alkuperäisen loisteputkivalaisimen CE-merkintä ja muut sertifiointimerkinnot pysyvät voimassa. Lisäksi led-valoputkeksi muunnettu valaisin voidaan palauttaa helposti takaisin loisteputkivalaisimeksi vaihtamalla ainoastaan led-valoputken sytytin loisteputken sytyttimeksi.

Retrofit led-valoputkien turvallisuudesta ei ole vielä kansainvälistä (IEC) tai eurooppalaista (EN) standardia, jonka vuoksi valmistajan tulee varmistaa led-valoputkien turvallisuus soveltamalla voimassa olevia led-lamppu- ja valaisinstandardeja. Retrofit-asennuksessa käytettävien led-valoputkien tulee olla yhteensopivia valaisimessa käytettyjen loisteputkien kanssa erilaisten standardien mukaisten teknisten ominaisuuksien suhteen, kuten esimerkiksi putken painojen ja mittojen suhteen.

## 5 LED- JA LOISTEVALOPUTKIEN EROT

### 5.1 Valoteho

Ledien valoteho, eli kuinka monta lumenia per watti ledvalot tuottavat, nousee koko ajan, mutta aivan vielä ledit eivät yllä tavallisten loistevaloputkien tasolle. Kuitenkin verrattaessa led-valoputkia tavallisiin loistevaloputkiin tärkein parametri ei ole se, kuinka monta lumenia kukin valo tuottaa vaan se, paljonko kunkin valon todellinen lumen tuotto on.

### 5.2 Vertailu

Tavallinen loistevaloputki ja led-valoputki ovat ulkoiselta olemukseltaan hyvin samankaltaisia. Molempien ulkokuori on pyöreä lasiputki, jonka päissä on T8-kannat. Yhtäläisyydet päättyvät kuitenkin tähän.

#### 5.2.1 Toimintaperiaate

Tavallinen loistevaloputki on matalapaineinen purkauslamppu. Loistevaloputkeen johdettu sähkövirta aiheuttaa sähköpurkauksen, joka aiheuttaa putken sisältämän elohopean kaasuuntumisen ja UV-valon emittoitumisen. Loistevaloputki säteilee valoa 360° ympärilleen, joka tarkoittaa sitä, että vain noin 1/3 tuotetusta valosta säteilee valaistavan kohteen suuntaan. Lisäksi loistevaloputkien sisältämän elohopean vuoksi käyttöään päässä olevien lamppujen hävittäminen ympäristöystävällisesti on vaivalloista. [16]

Led-valoputkessa lampun sisällä sijaitsevat ledit on sijoitettu vain toiselle puolelle putkea, jolloin lampun tuottama valo säteilee kohteeseen 130°:n kulmassa. Tämä tarkoittaa sitä, että suurempi määrä tuotettua valoa tulee käytettyä hyödyksi verrattuna tavalliseen loistevaloputkeen.

### 5.2.2 Energiatehokkuus

Luvussa 5.2.1 mainittu valotehon hyötykäyttö tarkoittaa myös sitä, että led-valoputken tehonkulutus on huomattavasti pienempi kuin tavallisella loistevaloputkella. Esimerkiksi tässä työssä käytetty alkuperäinen loistevaloputki käyttää 62 % enemmän tehoa kuin korvaava led-valoputki.

### 5.2.3 Käyttöikä

Led-valoputkien käyttöikä on jopa 50 % suurempi kuin tavallisen loistevaloputken käyttöikä. Led-valoputkille luvataan käyttöiäksi n. 30000 h, kun taas loistevaloputkille käyttöiäksi luvataan n. 20000 h. Käytännössä tämä tarkoittaa 12 h:n keskimääräisellä päivittäisellä käytöllä käyttöiäksi led-valoputkelle n. 7 v, ja loistevaloputkelle n. 4,5 v.

## 6 AURINKOVOIMA

### 6.1 Aurinkovoima

Auringon absoluuttinen säteilyvoimakkuus vaakatasossa vuositasolla mitattuna on Etelä-Suomessa noin 1000 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja Keski- ja Pohjois-Suomessa hieman alle 900 kWh/m<sup>2</sup>. [17] Suomessa aurinkoenergiaa käytetään eniten kesämökeillä, kokeilumielessä myös toimistorakennusten katolla, sekä kerrostalojen julkisivuilla.

Aurinkokeräimen suuntauksella on suuri vaikutus siihen, kuinka paljon energiaa aurin-gosta saadaan talteen. Suomessa aurinkokeräimen optimaalinen asennuskulma riip-puu vahvasti vuodenaikasta. Kesällä optimaalisin asennuskulma on loivempi, noin 30–50 °, koska aurinko on korkealla, kun taas talvisin auringon ollessa matalalla jyrkempi asennuskulma varmistaa paremman säteilyn talteenoton. Talvella jyrkkä asennuskulma edesauttaa lumen putoamista keräimen päältä. [18]

### 6.2 Talteenotto

Aurinkoenergian talteenotossa käytetään kahdenlaisia keräimiä, passiivisia ja aktiivisia. Passiivinen keräin muuntaa auringon säteilyn lämmöksi ja siirtää syntyneen lämmön käytettäväksi lämmönsiirtonesteen avulla. Tämänlaisia keräimiä käytetään Suomessa vähän.

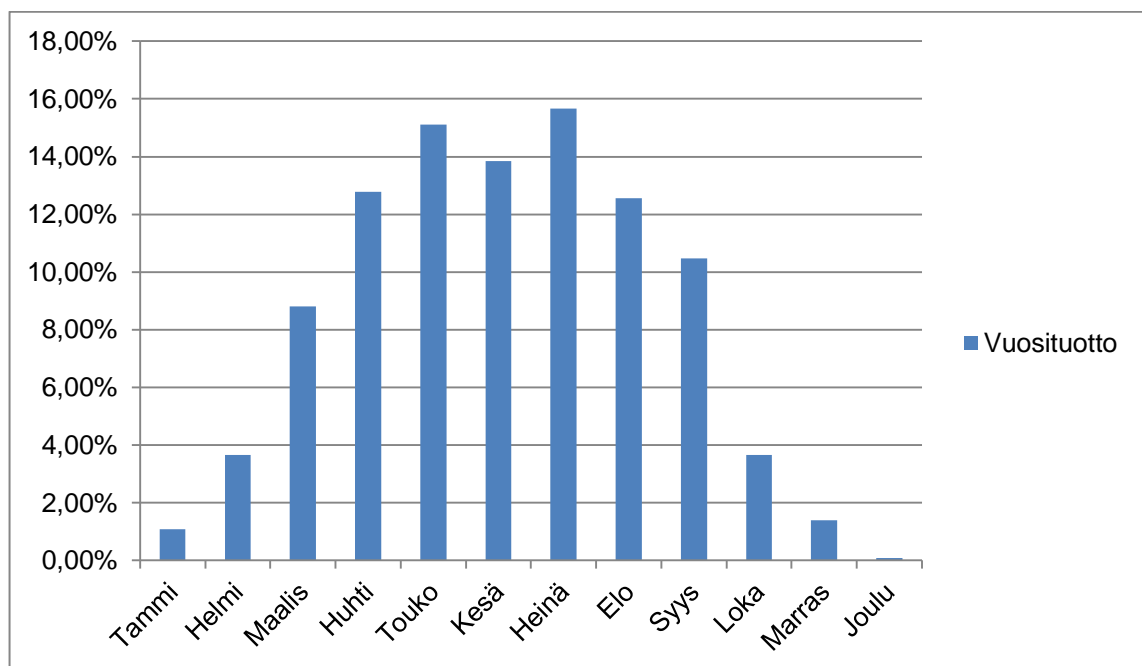
Aktiivinen keräin taas käyttää piistä valmistettuja kennoja tuottamaan sähköä. Paneelihin osuva säteily vapauttaa elektroneja, jotka muodostavat sähkövirran, joka kerätään talteen akuilla tai syötetään takaisin sähköverkkoon. Tässä työssä tarkastellaan aktiivisen keräimen käyttöä. [19]

### 6.3 Aurinkovoimalan mitoitus

Valomainoksen mahdolliseksi tehonlähteeksi valittiin verkkoon kytkettävä aurinko-tasokeräin, joka varastoi energiaa akkuihin. Verkkoon kytkettävään aurinkovoimalaan päädyttiin, koska päivänpituuden ero eri vuodenaikoina on noin 14 tuntia. Lokakuun ja helmikuun välisenä aikana päivänpituus on lyhyimmillään 5 tuntia, jolloin aurinkovoima-

la ei pysty tuottamaan tarpeeksi energiaa, jotta valomainos pysyisi päällä. Kesällä päivänpituus on pisimmillään 19 tuntia, jolloin akkujen täytyttyä verkkoon kytketty aurinkovoimala voi syöttää ylijäämäsähkön takaisin sähköverkkoon. Sähkoyhtiö voi maksaa tästä takaisinsyötetystä ylijäämäsähköstä yhtiöstä riippuen 0,03–0,05 €/kWh. Taulukossa 1 on jaoteltu auringon tuottama vuosittainen kokonaissäteilyenergia eri kuukausille. [17]

Taulukko 1. Auringon kokonaissäteilyenergia 45 astetta etelään kallistetulle pinnalle Etelä-Suomessa.



Aurinkovoimalan mitoitus aloitettiin laskemalla uusien ledvaloputkien tehonkulutus. Valmistaja ilmoittaa sivuillaan ledvaloputkien tehonkulutukseksi 22 W, josta saadaan:

$$6 \times 22 \text{ W} = 132 \text{ W}$$

Oletetaan, että valaistus on päällä pisimmillään 12 h/vrk, jolloin laskukaavaksi saadaan:

$$132 \text{ W} \times 12 \text{ h/vrk} = 1584 \text{ Wh/vrk}$$

Uuden valaistuksen tehonkulutus on siis 1,6 kWh/vrk, joten aurinkovoimalan tulee tuottaa vähintään 1,6 kWh/vrk, jotta valomainos ei käytä sähköä verkosta. Aurinkovoimalan ilmoitettu tehontuotto on kuitenkin ihanteellisissa olosuhteissa tapahtuvaa sähköntuot-

toa, joten on tarpeellista ylimitoittaa voimala valaistuksen tarpeisiin, jotta valaistuksen tarvitsema sähköntarve tulee täytettyä.

#### 6.4 Paneelit

Markkinoilla myytävien aurinkopaneelien tarjonta lisääntyy koko ajan, ja sitä myötä myös aurinkopaneelien hinta muuttuu koko ajan kuluttajaystävällisemmäksi. Yleisimpiä valmistustapoja on kolme: yksikiteinen pii, monikiteinen pii ja ohutkalvo. [20] Paneelin hyötysuhde ei myöskään aina ratkaise kaikkea, sillä paremman hyötysuhteen omaava pieni paneeli saattaa olla monin verroin kalliimpi kuin suurempi, hieman huonomman hyötysuhteen omaava paneeli. Tähän työhön paneeli valitaan yksi- ja monikiteisen pii-paneelin välillä.

#### 6.5 Yksikiteisten ja monikiteisten paneelien väliset erot

Yksikiteisten ja monikiteisten paneelien välillä on eroja. Yksikiteisen paneelin hyötysuhde on noin 17–18 %, ja uusissa jopa 20 %, kun taas monikiteisellä paneelilla hyötysuhde on noin 13–16 %. Monikitepaneeli on lähes aina halvempi kuin yksikitepaneeli, jos verrataan saman verran sähkötehoa tuottavia paneeleja, mutta se on myös fyysiseltä kooltaan isompi, joten sen käyttäminen voi olla hankalaa paikoissa, joissa tilaa on rajallisesti. Myös paneelien ulkonäöissä on eroja: yksikitepaneelit ovat väritykseltään mustia ja paneelin kiteet ovat lähes pyöreitä, kun taas monikitepaneelit ovat yleisesti sinisen sävyisiä ja kiteet lähes neliskulmaisia. Nämä väri- ja muotoerot aiheutuvat paneelien erilaisista valmistustavoista. Yksikiteisen paneelin kennot muodostuvat yhdestä kasvatetusta piikiteestä leikatuihin kiekoihin, monikiteisen paneelin jokainen kenno on puolestaan yksittäisesti muotoon kasvatettu. Tästä valmistustavasta johtuen monikiteisen paneelin kennojen välillä on häviöitä, jotka johtuvat siitä, että kennojen kiteet eivät ole täydellisessä linjassa toisiinsa nähden, ja tämä taas johtaa pienempään hyötysuhteeseen yksikiteiseen paneeliin verrattuna. [21,22]

#### 6.6 Paneelin tyypin valinta

Aurinkopaneelia valittaessa on hyvä ottaa huomioon paneelien erilaiset käyttäytymisominaisuudet. Koska yksikiteinen aurinkopaneeli on värittään musta, se toimii par-

haiten suorassa ja kirkkaassa auringonvalossa. Nämä paneelit sopivat parhaiten maihin, joissa päivän pituuden vaihtelu on minimaalista. Monikiteisen paneelin valmistustavasta johtuvat kennojen kiteiden linjausvirheet edesauttavat paneelia keräämään energiaa erilaisista kulmista saapuvasta valosta, esimerkiksi matalalta paistavasta auringosta. Tämä on etu Suomen olosuhteissa, joissa päivän pituus ja auringonvalon tulokulma vaihtelevat suuresti vuoden ajasta riippuen, joten paneelin tyypiksi valitaan monikiteinen pii.

### 6.7 Paneelin tehon valinta

On tärkeää mitoittaa aurinkopaneeli oikein, jotta voidaan valita oikean kokoinen akku. Aurinkopaneelin tulee tuottaa tarpeeksi virtaa, jotta akku ei pääse liian tyhjäksi, mutta samalla myös tarpeeksi virtaa, jotta valomainos pysyy päällä vuoden pimeimpinä aikoina. Paneelien ilmoitettu enimmäisteho on ihanteellisissa olosuhteissa tapahtuva tuotto, joten paneeli on hyvä ylimitoittaa hieman tarpeita varten. Euroopan unionin kotisivuilta löytyy PVGIS-projektin laskuri, jolla pystyy laskemaan arvion aurinkopaneelin tuottamasta energiasta eri puolilla Eurooppaa.

Laskeminen aloitetaan merkitsemällä kohteen sijainti karttaan joko manuaalisesti karttaa tutkimalla, tai etsimällä sijainti haku-toiminnon avulla. Tämän jälkeen valitaan paneelin materiaali, paneelin oletettu asennuskulma sekä ilmansuunta, jonne paneeli on suunnattu (Kuva 4).

The screenshot displays the PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) web application. The browser address bar shows the URL: `re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php`. The page header includes logos for JRC (Joint Research Centre) and CM SAF, along with the title "Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps". Navigation links for "EUROPA", "JRC", "IE", "RE", "SOLAREC", "PVGIS", and "Interactive maps" are visible, along with a "Contact" link and an "Important legal notice" link.

The interface is divided into several sections:

- Search and Location:** A search bar contains "Nakkila". Below it, there are input fields for "Latitude:" and "Longitude:". A "Go to lat/lon" button is present. The cursor position is shown as 61.317, 22.076, and the selected position as 61.365, 22.005.
- Map:** A map of the Nakkila area in Finland is displayed, showing roads, rivers, and green spaces. A red pin marks the location of Nakkila. The map includes a "Kartta" (Map) and "Satelliitti" (Satellite) view toggle.
- PV Estimation Panel:**
  - Performance of Grid-connected PV:**
    - Radiation database: Classic PVGIS [What is this?]
    - PV technology: Crystalline silicon
    - Installed peak PV power: 0.75 kWp
    - Estimated system losses [0;100]: 14 %
  - Fixed mounting options:**
    - Mounting position: Free-standing
    - Slope [0;90]: 45 °  Optimize slope
    - Azimuth [-180;180]: 0 °  Also optimize azimuth
    - (Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)
  - Tracking options:**
    - Vertical axis Slope [0;90]: 0 °  Optimize
    - Inclined axis Slope [0;90]: 0 °  Optimize
    - 2-axis tracking
  - Horizon file: Valitse tiedosto | Ei valittua tiedostoa
  - Output options:**
    - Show graphs
    - Show horizon
    - Web page
    - Text file
    - PDF
- Buttons:** A "Calculate" button and a "[help]" link are located at the bottom of the panel.

Kuva 4. PVGIS-laskuri Euroopan unionin kotisivuilla [23].

Laskuriin ei pysty syöttämään ennalta haluamaansa tulosta, mutta oikean tuloksen saaminen ei vaadi montaa yrityskertaa. Kuvassa 5 on esitettyä laskurista saadut tulokset.

re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/PVcalc.php

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 0.8 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.8% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.1%

Fixed system: inclination=45°, orientation=0°				
Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	0.44	13.6	0.66	20.5
Feb	1.33	37.2	2.05	57.3
Mar	1.94	60.2	3.14	97.2
Apr	2.77	83.0	4.72	142
May	3.13	97.1	5.60	174
Jun	2.98	89.5	5.46	164
Jul	2.96	91.7	5.47	169
Aug	2.35	72.9	4.25	132
Sep	1.76	52.7	3.03	91.0
Oct	0.98	30.4	1.61	49.8
Nov	0.44	13.1	0.68	20.5
Dec	0.26	8.17	0.40	12.4
<b>Yearly average</b>	<b>1.78</b>	<b>54.1</b>	<b>3.09</b>	<b>94.1</b>
<b>Total for year</b>		<b>650</b>		<b>1130</b>

$E_d$ : Average daily electricity production from the given system (kWh)

$E_m$ : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

$H_d$ : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_m$ : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Kuva 5. PVGIS-laskurin tulokset [23].

Laskurista saatujen tulosten mukaan 800 W:n huipputehon tuottava aurinkopaneeli tuottaa päivässä keskimäärin 1,78 kWh, mutta tämän kokoista paneelia ei ole markkinoilla saatavilla. Finnwind tarjoaa akkuja lataavia valmiita aurinkopaketteja, joista valikoitui Aurinko C30-aurinkosähköpaketti, joka tuottaa 750 W:n huipputehon. [24] Tämä paketti tuottaa tarpeeksi sähköä valomainokselle omavaraiseen toimintaan maaliskuus-

ta syyskuuhun. Talvikuukausina tuotto on hyvin lähellä nollaa, mutta kesäkuukausina sähköä tulee tuotettua lähes kaksinkertainen määrä tarpeeseen nähden, jolloin ylimääräisen sähkön voi myydä takaisin verkkoon.

## 6.8 Hyötysuhde

Aurinkopaneelien yhteydessä puhutaan usein paneelien hyötysuhteesta. Hyötysuhde kertoo, kuinka paljon tehoa per m<sup>2</sup> aurinkopaneeli saa tuotettua auringosta verrattuna auringon absoluuttiseen säteilytehoon per m<sup>2</sup>. Hyötysuhteen laskemiseen käytetään yksinkertaista kaavaa, joka saadaan jakamalla aurinkopaneelin nimellisteho aurinkopaneelin pinta-alan ja auringon absoluuttisen säteilytehon tulolla. Tässä työssä käytettävän aurinkopaneelin nimellishuipputeho on 260 W ja pinta-ala 1,66 m<sup>2</sup>, josta saadaan hyötysuhteen kaavaksi:

$$\frac{260 \text{ W}}{1,66 \text{ m}^2 \times 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = 15,6 \%$$

Aurinkopaneelin hyötysuhde on siis 15,6 %, joka tarkoittaa, että 15,6 % prosenttia aurinkopaneeliin kohdistuvasta auringon säteilytehosta muuttuu sähköenergiaksi. [25]

## 6.9 Akun mitoitus

Aurinkopaneeli tuottaa päivisin sähköä joka varastoituu akkuun. Valomainos ottaa virransa, kun valomainosta ohjaava hämäräkytkin kytkee valomainoksen päälle. Valomainoksen oletetaan olevan päällä keskimäärin 12 tuntia päivässä. Akun mitoitus aloitetaan laskemalla päivittäinen virrankulutus kaavalla:

$$I = P/U \times t$$

Tällöin päivittäiseksi virrankulutukseksi saadaan:

$$132 \text{ W} / 12 \text{ V} \times 12 \text{ h} = 132 \text{ Ah}$$

Valomainoksen virrankulutus on siis 132 Ah päivässä olettaen, että valomainos on päällä keskimäärin 12 h päivässä. Ohjesääntönä on, että kesällä akusta käytettäisiin korkeintaan 70 % kokonaiskapasiteetista ja talvella 50 % kokonaiskapasiteetista. Näin

ollen akun koon tulisi olla kaksi kertaa suurempi kuin suurin päivittäinen virrankulutus.  
[26]

Akun koko lasketaan kaavalla:

$$132 \text{ Ah} / 50 \times 100 = 264 \text{ Ah}$$

Akun koon tulee siis olla vähintään 264 Ah.

## 7 SUUNNITTELU

### 7.1 Toteutussuunnitelmat

Päädyin tekemään kolme eri toteutussuunnitelmaa. Ensimmäinen suunnitelma on pelkkä loisteputkien korvaaminen led-valoputkilla. Toinen suunnitelma on toteuttaa valomainos led-valoputkilla ja stand alone -aurinkovoimalalla. Kolmas suunnitelma on toteuttaa valomainos led-valoputkilla ja aurinkovoimalalla, aurinkovoimalan ollessa kytkettynä verkkoon, jotta ylimääräinen tuotettu sähkö voidaan syöttää takaisin verkkoon myytäväksi.

### 7.2 Loisteputkien vaihto led-valoputkiin

Pelkkä loisteputkien vaihto led-valoputkiin on nopein ja edullisin tapa toteuttaa valomainoksen uusiminen. Valomainokseen ei itsessään tarvitse tehdä rakennemuutoksia, ainoa päivitettävä osa on valoputkien sytytin, joka pitää vaihtaa analogisesta elektroniiseen. Yksittäisten ledputkien hinnat vaihtelevat 29–40 €:n välillä, ja nämä putket sisältävät myös uudet sytyttimet, joten niitä ei tarvitse hankkia erikseen. Hintaa kuuden loisteputken vaihdolle tulisi näin ollen 174–240 € sisältäen sytyttimet. [27]

### 7.3 Loisteputkien vaihto verkkoon kytkettävällä aurinkopaneelilla toimiviin led-putkiin

Aurinkopaneelin liittäminen valomainoksen yhteyteen on energiatehokkuuden kannalta hyvä vaihtoehto, mutta myös huomattavasti työläämpi ja hieman kalliimpi vaihtoehto kuin pelkkä loisteputkien vaihto led-valoputkiin. Aurinkopaneeli tuottaa tasavirtaa, kun taas loiste- ja led-valoputket käyttävät vaihtovirtaa, joten tasavirta täytyy muuntaa vaihtovirraksi. Tämä ongelma ratkaistaan käyttämällä invertteriä.

Invertteri muuntaa aurinkopaneelilta tulevan tasavirran sähköverkkoa vastaavaan vaihtovirtaan. Aikaisemmin invertterien käyttö aurinkopaneelisovelluksissa ilman välissä olevaa akkua ei ole ollut mahdollista, mutta nykyään markkinoilta löytyy niin sanottuja mikroinvertterejä, jotka eliminovat akun tarpeen, ja jotka mahdollistavat aurinkopaneelin kytkemisen suoraan verkkovirtaan. Tämä järjestelmä vaatii myös verkonvalvontalait-

teen, joka seuraa verkossa tapahtuvia jännitteen muutoksia ja suojelee järjestelmää ylijännitteiltä.

Tämä idea on aurinkosähkön käytön kannalta halvin ja yksinkertaisin tapa toteuttaa, mutta käytännössä valomainostoitintaan kelpaamaton ilman sähkön varastoitusta, sillä valomainos tarvitsee sähköä pimeällä, kun taas aurinkopaneeli tuottaa sähköä päivällä.

#### 7.4 Loisteputkien vaihto led-valoputkiin ja akkukäyttöiseen verkkoaurinkovoimalaan

Loisteputkien vaihtaminen led-valoputkiin ja akkukäyttöiseen aurinkovoimalaan on energiatehokkuuden ja tulevien kustannusten kannalta paras vaihtoehto, mutta myös kallein toteuttaa. Aurinkovoimala tuottaa päivällä sähköä, joka varastoituu akkuihin, joista valomainos ottaa virtansa, kun se kytkeytyy päälle. Tämän järjestelmän etuna on se, että kun aurinkovoimala on tuottanut tarpeeksi sähköä akkuihin siten, että ne tulevat täyteen, ylimääräisen tuotetun sähkön voi myydä takaisin verkkoon. Tällä järjestelmällä on siis mahdollista saada tuottoa kesäkuukausina. Tuoton määrä riippuu sähköyhtiön maksamasta hinnasta ja tuotetun sähköenergian määrästä.

## 8 KUSTANNUSLASKELMAT

### 8.1 Kustannukset

Lopuksi lasketaan kustannukset sekä säästöt kullekin suunnitelmalle, ja verrataan niitä nykyisen valaistuksen kustannuksiin. Laskelmissa on huomioitu kunkin toteutuksen aloituskustannukset, keskimääräinen vuosittainen sähkökulutus sekä otettu huomioon luvussa 5.2.3 oletetut eliniät kullekin lampputyypille.

#### 8.1.1 Loistevaloputket

Nykyisten loistenputkien vuosittaisten kustannusten laskeminen aloitetaan laskemalla loisteputkien hankintahinta. Loisteputken yksittäishinta on 5,57 €/kpl ja sytyttimen 1,04 €/kpl, jolloin hankintahinnaksi saadaan:

$$6 \times 5,57 \text{ €} + 6 \times 1,04 \text{ €} = 39,66 \text{ €}$$

Tämän jälkeen lasketaan vuosittainen sähkökulutus:

$$(58 \text{ W} \times 6) \times 12 \text{ h/vrk} \times 365 \text{ vrk} \approx 1,52 \text{ MWh/v}$$

Sähköhinnan ollessa 0,12 €/kW, vuosittaiseksi sähkölaskuksi saadaan:

$$1,52 \text{ MWh/v} \times 0,12 \text{ €/kW} \approx 183 \text{ €/v}$$

#### 8.1.2 Retrofit led-putket

Led-putken yksittäishinta on 35,95 €, mutta loisteputkesta poiketen tämä hinta sisältää myös sytyttimen. Ledputken hankintahinnaksi saadaan:

$$6 \times 35,95 \text{ €} = 215,70 \text{ €}$$

Kappaleessa 6.3 lasketusta tehonkulutuksesta saadaan:

$$0,132 \text{ kWh} \times 0,12 \text{ €/kW} = 0,01584 \text{ €/h}$$

Vuosittaiseksi sähkölaskuksi muodostuu näin ollen:

$$0,01584 \text{ €/h} \times 12 \text{ h/vrk} \times 365 \text{ vrk} \approx 70 \text{ €/v}$$

### 8.1.3 Led-putket ja aurinkovoimala

Aurinkovoimalla ja led-putkilla toimivan valomainoksen aloituskustannukset saadaan laskemalla yhteen led-putkien ja aurinkovoimalapaketin hankintahinta:

$$215,70\text{€} + 3360\text{€} = 3575,70\text{€}$$

Vuosittaisen verkkosähkönkulutuksen arviointi aloitetaan laskemalla keskimääräinen pimeä aika niiltä kuukausilta, jolloin aurinkovoimalan ei katsota tuottavan tarpeeksi sähköä valomainokselle:

$$\text{tammikuu} = 17,5 \text{ h/vrk} = 542,5 \text{ h/kk}$$

$$\text{helmikuu} = 15 \text{ h/vrk} = 420 \text{ h/kk}$$

$$\text{lokakuu} = 14 \text{ h/vrk} = 434 \text{ h/kk}$$

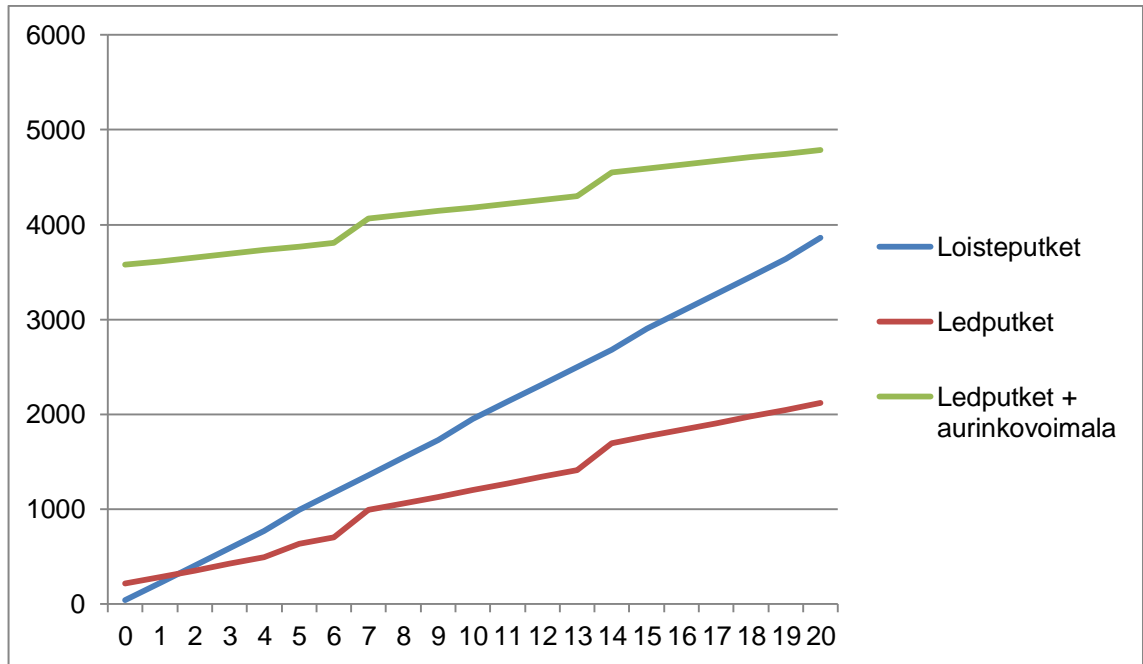
$$\text{marraskuu} = 16,5 \text{ h/vrk} = 495 \text{ h/kk}$$

$$\text{joulukuu} = 18,5 \text{ h/vrk} = 573,5 \text{ h/kk}$$

Yhteenlaskettuna koko vuoden verkkosähkötarpeeksi saadaan 2465 h/v. Tämän jälkeen voidaan laskea koko vuoden verkkosähkönkulutus:

$$2465 \text{ h/v} \times 0,01584 \text{ €/h} \approx 39 \text{ €/v}$$

Kaaviossa 1 on esitetty kunkin toteutussuunnitelmat vuosittaiset kustannukset 20 vuoden ajalla.



Kaavio 1. Vuosittaiset kustannukset.

Kaaviossa 1 ei ole otettu huomioon mahdollisia aurinkovoimalan tuottaman ylimääräisen sähkön myynnistä kertyviä tuloja.

## 8.2 Säästöt

Vuosittainen euromääräinen säästö vaihtamalla loisteputket led-valoputkiin on:

$$183 \text{ €/v} - 70 \text{ €/v} = 113 \text{ €/v},$$

ja vaihtamalla loisteputket aurinkovoimalalla toimiviin led-valoputkiin säästöksi saadaan:

$$183 \text{ €/v} - 39 \text{ €/v} = 144 \text{ €/v}$$

Erot vuosittaisissa kustannuksissa loisteputkien ja led-valoputkien välillä ovat suuria. Vaikka led-valoputkien hankintahinta on yli viisinkertainen verrattuna loisteputkiin, led-valoputkien käyttäminen maksaa itsensä takaisin alle 2 vuodessa, sillä led-valoputkia käyttämällä vuosittainen sähkölasku on yli 60 % pienempi loisteputkiin verrattuna. Aurinkovoimalalla ja led-valoputkilla varustetun valomainoksen vuosittainen sähkölasku on lähes 80 % pienempi verrattuna loisteputkiin, mutta aurinkovoimalan korkean hankintahinnan vuoksi takaisinmaksuaika venyy todella pitkäksi.

## 9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia uusia energiatehokkaampia ratkaisuja vanhaa teknologiaa käyttävän valomainoksen toteuttamiseen. Käyttämällä led-lamppuja tavallisten matalapaineisten purkauslamppujen sijaan voidaan saavuttaa merkittävät säästöt energiankulutuksessa. Vaikka led-lamppujen aloituskustannukset ovat moninkertaisia verrattuna tavallisiin lamppuihin, ledien vähäisen energiankulutuksen ansiosta säästöjä saadaan jo toisena käyttövuotena.

Aurinkovoiman käyttö yhdessä ledien kanssa takaisi jopa tuoton saavuttamisen kesäkuukausina. Tätä tuottoa on kuitenkin erittäin haastavaa laskea ilman käytännössä tapahtuvaa mittausta olosuhteiden vaihtelun takia, ja tämän vuoksi aurinkojärjestelmän takaisinmaksuaikaa on vaikea ennustaa. Vaikka auringosta saatavalla energialla voidaankin käyttää valomainosta ilman kustannuksia maaliskuusta syyskuuhun, talvikausien pimeinä aikoina aurinkovoimaa ei pystytä hyödyntämään käytännössä ollenkaan, joten valomainos käyttää ainoastaan verkosta saatavaa sähköä. Myös aurinkovoimalan akuston sijoituspaikaksi tulisi harkita sisätiloja, sillä talvella vähäinen akuston lataus yhdistettynä pakkaseen vähentävät rajusti akuston elinikää.

## LÄHTEET

- [1] Ensto, Valo. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398651726/1228398666895.html> (Luettu 22.3.2016).
- [2] Ilmatieteenlaitos, Valo ja spektri. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.geo.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/valonsade/spektri.html> (Luettu 22.3.2016).
- [3] Inkinen, Pentti; Manninen, Reijo; Tuohi, Jukka: *Momentti 2 - Insinöörifysiikka*. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 2003. ISBN 951-1-18457-1.
- [4] Ensto, Valovoima. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398112158.html> (Luettu 22.3.2016).
- [5] VTT, Mikes metrologia, Valovoima. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.mikes.fi/si-mittayksik%C3%B6t-valovoima> (Luettu 26.3.2016).
- [6] Rexel, Suureet ja yksiköt. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://stara.rexel.fi/documentelement.html?uid=1890536> (Luettu 23.3.2016).
- [7] Säteilyturvakeskus, Radiometria, Radiometrian perusteet, Avaruuskulmat. [www-dokumentti]. Saatavilla: <https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/ultravioletti-ja-lasers%C3%A4teily-kirja-luku-2.pdf/e78f269b-98dc-42e4-bab0-36496e0b3b62> (Luettu 26.3.2016).
- [8] Turun Yliopisto, Astro. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.astro.utu.fi/zubi/math/solidang.htm> (Luettu 22.3.2016).
- [9] Osram, Led, Perustietoa. [www-dokumentti]. Saatavilla: [http://www.osram.fi/osram\\_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/perustietoa/index.jsp](http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/perustietoa/index.jsp) (Luettu 26.3.2016).
- [10] Osram, Led, Historia. [www-dokumentti]. Saatavilla: [http://www.osram.fi/osram\\_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/led-historia/index.jsp](http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/led-historia/index.jsp) (Luettu 23.3.2016).
- [11] Eino Tetri, Valosto, Mitä ledi on ja mitkä ovat sen edut ja haitat? [www-dokumentti]. Saatavilla: [http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti\\_valoa\\_Tetri.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti_valoa_Tetri.pdf) (Luettu 23.3.2016).
- [12] Premier Lighting, Light Fights: LED vs. Induction Lighting. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.premierltg.com/light-fights-led-vs-induction-lighting/> (Luettu 22.3.2016).
- [13] Forbes, Energy, LEDs Will Get Even More Efficient: Cree Passes 300 Lumens Per Watt. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.forbes.com/sites/peterdetwiler/2014/03/27/leds-will-get-even-more-efficient-cree-passes-300-lumens-per-watt/> (Luettu 23.3.2016).
- [14] Tukes, LED-valoputket loisteputkien korvaajina. [www-dokumentti]. Saatavilla: [http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/ohjeet/LED\\_valoputket\\_loisteputkien\\_korvaajina.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/LED_valoputket_loisteputkien_korvaajina.pdf) (Luettu 26.3.2016).

- [15] Lamppuexpress, Philips LEDtube CorePro T8 22-58W 840. [www-dokumentti]. Saatavilla: <https://www.lamppuexpress.com/philips-corepro-ledtube-1500mm-22w-840-c> (Luettu 26.3.2016).
- [16] Wikipedia, Loistelamppu. [www-dokumentti.] Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Loistelamppu> (Luettu 26.3.2016).
- [17] Ilmatieteenlaitos, Energialaskennan testivuodet nykyilmastossa. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky> (Luettu 26.3.2016).
- [18] Finnwind, Miten aurinkovoimalan asennuskulma ja suuntaus vaikuttavat energiantuottoon? [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.finnwind.fi/aurinkoenergia/#aurinkovoimala-asennuskulma> (Luettu 27.3.2016).
- [19] Motiva, Aurinkoenergia. [www-dokumentti]. Saatavilla: [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia) (Luettu 27.3.2016).
- [20] Solar Energy Technologies Program, Multi-Year Program Plan 2007-2011, U.S. Department of Energy. [www-dokumentti]. [https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/set\\_myp\\_2007-2011\\_proof\\_1.pdf](https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/set_myp_2007-2011_proof_1.pdf) (Luettu 1.4.2016)
- [21] Aurinkosähkö, Aurinkosähköjärjestelmä. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://aurinkosahko.mycashflow.fi/page/7/aurinkosahkojarjestelma-12v> (Luettu 1.4.2016)
- [22] Solar Choice, Monocrystalline vs Polycrystalline Solar Panels: Busting Myths. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.solarchoice.net.au/blog/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels-busting-myths/> (Luettu 27.3.2016).
- [23] Euroopan unioni, PVGIS. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> (Luettu 28.3.2016).
- [24] Finnwind, Aurinko C30 – Aurinkosähköpaketti. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.verkkokauppa.finnwind.fi/tuotteet.html?id=4/65> (Luettu 28.3.2016).
- [25] Finnwind, Aurinkovoima. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.finnwind.fi/aurinkovoima/#aurinkopaneelin-hyotysuhde> (Luettu 28.3.2016).
- [26] Smartia, Aurinkovoimalan mitoittaminen. [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.smartia.fi/filemanager/productfiled/9489file3Upload.pdf> (Luettu 28.3.2016).
- [27] Lamppuexpress, Led-lamput. [www-dokumentti]. Saatavilla: <https://www.lamppuexpress.com/led-1/tulva-valot/led-tubes> (Luettu 26.3.2016).

## Auringon säteilyenergia

Auringon kokonaisäteilyenergia 45 astetta kallistetulle pinnalle eri ilmansuuntiin suunnattuna yöhyökkäillä I ja II (Vantaa), kWh/m <sup>2</sup>										
Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu		
Tammikuu	5,2	5,2	6,2	10,7	13,1	10,7	6,3	5,2		
Helmikuu	15,4	15,8	23,5	37,3	44,3	36,8	22,6	15,6		
Maaliskuu	38,1	44,4	66,3	94,9	106,7	90,3	63,1	42,5		
Huhtikuu	51,5	73,7	108,8	143,4	154,9	142,7	114,3	72,8		
Toukokuu	71,8	106,9	148,9	178,3	183,0	171,8	147,3	100,3		
Kesäkuu	91,9	115,2	148,0	163,6	167,6	168,4	156,1	120,2		
Heinäkuu	83,0	117,4	156,1	183,6	189,8	187,5	169,1	117,6		
Elokuu	60,0	87,2	123,5	150,5	152,1	136,9	113,7	78,7		
Syyskuu	34,8	47,1	76,2	110,8	126,9	112,3	81,3	46,9		
Lokakuu	17,1	18,1	25,6	37,2	44,3	38,7	26,9	18,5		
Marraskuu	6,2	6,2	8,0	14,0	17,0	13,9	8,1	6,2		
Joulukuu	3,6	3,6	4,2	8,8	11,2	9,1	4,6	3,6		
<b>Koko vuosi</b>	<b>478,5</b>	<b>640,8</b>	<b>895,4</b>	<b>1133,2</b>	<b>1210,9</b>	<b>1119,1</b>	<b>913,3</b>	<b>628,1</b>		

# Solarwatt datalehti

Subject to change | Errors excepted | 2015 SOLARWATT GmbH | This data sheet fulfills the requirements listed in DIN EN 50380:2003 | REV 003 | 06/2015

SOLARWATT Solar Modules

## Glass-Foil-Module: SOLARWATT BLUE 60P



### Made in Dresden

- SOLARWATT solar modules are exclusively produced in Germany.
- 100% protection against PID
- 255 Wp – 265 Wp (100% plus sorting)

### Standard Warranty

- 10 year product warranty
- Linear performance warranty covering 25 years

### Extended warranty by purchasing

#### SOLARWATT Full Coverage insurance

- 12 year product warranty
- All risk insurance

According to the „Special warranty conditions for SOLARWATT solar modules“



\*Test requirements: see rear of data sheet.



SOLARWATT GmbH | Maria-Reiche-Str. 2a | 01109 Dresden | Germany  
Tel. +49 351 8895-0 | Fax +49 351 8895-111 | www.solarwatt.de  
Certified acc. to DIN EN ISO 9001 und 14001 | BS OHSAS 18001:2007

### SOLARWATT Service



#### SOLARWATT Total Protection

optional (up to 1.000 kWh)



#### Take-back service

as per Delivery Terms for SOLARWATT Solar Modules



#### Country of origin

Quality made in Germany



#### Product-warranty

as per Special Warranty Conditions for SOLARWATT Solar Modules



#### Performance-warranty

as per Special Warranty Conditions for SOLARWATT Solar Modules

### Product Quality



long-lasting



innovative



resilient



low-glare



high-yield



safe



resistant against ammonia



resistant against hail



resistant against salt mist

SOLARWATT Expert Installer

## Philips CorePro LEDtube datalehti



### CorePro LEDtube EM/ Mains

CorePro LEDtube 1500mm 20W 840 C

CorePro LEDtube on suunniteltu korvaamaan T8-loistelamput. Lampun tuottama luonnollinen ja energiatehokas valo sopii erityisesti yleisvalaistukseen.

#### Tuotetiedot

##### • General Information

Kanta	G13 [ G13]
Keskeisiä käyttökohteita	Industrial
Nimelliskäyttöikä (nim.)	30000 h
B50L70	30000

##### • Light Technical

Beam Angle (Nom)	150 °
Valovirta (nimellinen) (nim.)	2000 lm
Nimelliskelkku	150 °
Vastaava väriämpötila (nim.)	4000 K
Väryhtenäisyys	6 steps
Värinnoistoindeksi (nim.)	80
LLMF nimelliskäyttöajan lopussa (nim.)	70 %

##### • Operating and Electrical

Syöttötaajuus	50/60 Hz
Power (Rated) (Nom)	22 W
Syttymisaika (suurin)	0.5 s
Lämpenemisaika 60 % n valontuottoon (nim.)	instant full light
Tehokerroin (min.)	0.9
Voltage (Nom)	220-240 V

##### • Temperature

T-ympäristö (maks.)	45 °C
---------------------	-------

T-Ympäristö (min.)	-20 °C
T-varastointi (maks.)	65 °C
T-varastointi (min.)	-40 °C
T-kotelo, maksimi (suurin)	55 °C

##### • Controls and Dimming

Himmennettävä	Ei
---------------	----

##### • Approval and Application

Energiaa säästävä tuote	Yes
Soveltuu korostusvalaistukseen	No
Energiatehokkuusmerkintä (EEL)	A+
Hyväksyntämerkinnät	CE marking RoHS compliance KEMA Keur certificate
Energy Consumption kWh/1000 h	20 kWh

##### • Product Data

Koko tuotekoodi	871869642794100
Tilaustuotteen nimi	CorePro LEDtube 1500mm 20W 840 C
EAN/UPC – tuote	8718696427941
Tilaukkoodi	42794100
Osoittaja – määrä/pakkauus	1
Osoittaja – pakkauksia ulomassa laatikossa	10

# PHILIPS

## CorePro LEDtube EM/Mains

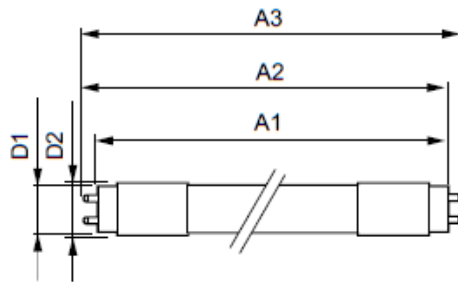
Materiaalinumero  
(12NC) 929001128602

Nettopaino (kappale) 0.450 kg

## Rajoitukset ja turvallisuus

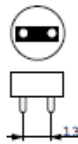
• •

## Mittapiirros



## LEDtube 1500mm 22W 840 C

Product	D1	D2	A1	A2	A3
CorePro LEDtube 1500mm 20W 840 C	25.68 mm	28 mm	1500.0 mm	1507.1 mm	1514.2 mm



© 2016 Philips Lighting Holding B.V.  
Kaikki oikeudet pidätetään.

Oikeudet spesifikaatioiden muutoksiin pidätetään. Tuotemerkit ovat Koninklijke Philips Electronicsin tai heidän omistajiensa omaisuutta.

[www.philips.com/lighting](http://www.philips.com/lighting)

2016, Tammikuu 8  
Oikeudet tietojen muutoksiin pidätetään.