

Jukka Arola

VALAISTUKSEN TUOMAT
MAHDOLLISUUDET
ENERGIANKULUTUKSEN
ALENTAMISESSA

Opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma


Marraskuu 2013




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkelin University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 4.11.2013
Tekijä(t) Jukka Arola		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma
Nimeke Valaistuksen tuomat mahdollisuudet energiankulutuksen alentamisessa		
Tiivistelmä <p>EuP-direktiivi kieltää elohopealamppujen valmistuksen vuoden 2015 jälkeen. Mikkelin kaupungin tilakeskus ennakoii muutoksen voimaantuloa. Tilakeskus osoitti tarpeelliseksi selvittää elohopealamppujen korvaamisen muilla valon lähteillä, erityisesti energiatehokkaalla Led-valaisimella.</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli selvittää yhden Mikkelin kaupungin omistaman koulukiinteistön ulkovalaistuksen energian käytön tehostamista.</p> <p>Kiinteistön nykyiset ulkovalaisimet ovat elohopealamppuja, jotka ovat uuden direktiivin myötä valaisimen elinkaaren tullessa päätökseen korvattava uudella tekniikalla. Energian käytön tehostamiseksi tässä työssä on selvitetty elohopealamppujen korvaamista muihin tekniikoihin perustuvilla lampeilla. Työssä on tarkasteltu erikseen kustannuksia ottaen huomioon investointi-, energia-, polttime- ja huoltokustannukset.</p> <p>Energiankulutuksen ja huollon kannalta Led-valaisimet olisivat kiistatta hyvä vaihtoehto korvaamaan elohopeahöyrylamppuja. Tällä hetkellä markkinoilla on kuitenkin hankintahinnaltaan monen hintaisia Led-valaisimia, jolloin monimetallivalaisimet ovat vielä tällä hetkellä varteenotettava investointikohde. 2010-luvun loppupuolella, kun elohopeahöyrylamppujen tilalle on investoitava viimeistään uudet valaisimet, Led-valaistuksen tekniikka on mennyt huomattavasti eteenpäin. Markkinatilanteen muuttuessa ja tuotantoerien kasvaessa hankintahinnat tulevat alentumaan ja näin ollen investointikustannukset Led-valaisimilla tulevat laskemaan. Ulkoalueiden valaistus tullaan tulevaisuudessa suurella todennäköisyydellä hoitamaan Led-tekniikkaa käyttäen.</p>		
Asiasanat (avainsanat) valaistus, Led, energiatehokkuus,		
Sivumäärä 37+1 liite	Kieli suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä) 1 liite		
Ohjaavan opettajan nimi Arto Kohvakka		Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin kaupungin tilakeskus

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 4.11.2013	
Author(s) Jukka Arola		Degree programme and option Electrical Engineering	
Name of the bachelor's thesis Potential of lightning to reduce the energy consumption			
Abstract <p>The EuP-directive denies the manufacture of mercury lamp after the year 2015. Mikkeli city anticipates the changes and that's why it is necessary to find out how the mercury lamps can be replaced especially with Led-lamps.</p> <p>The target of this thesis was to find out the energy efficiency of outdoor lightning in one school building in Mikkeli.</p> <p>The current outdoor lamps of the property are mercury lamps based on the new directive. They have to be replaced with new technology. This thesis discusses replacing the mercury lamps with lamps based on other technologies. The main idea is efficient use of energy. The costs that have been considered include the investment costs, energy costs, bulb costs and maintenance costs.</p> <p>Led lamps are a good option to replace the mercury lamps because the use of energy is low and the Led lamps are almost maintenance free. Currently there are Led lamps at many prices in a market. That's why metal halide lamps are good investment. In the late of 2010s when the mercury lamps have to be replaced the technology of Led-lightning has made a huge progress. In the future the price of Led lamps will decrease and the investment costs will be lower also. In the future the outdoor lightning will probably be based on Led technology.</p>			
Subject headings, (keywords) lightning, Led, energy efficiency			
Pages 37+1 appendice		Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices 1 appendice			
Tutor Arto Kohvakka		Bachelor's thesis assigned by Mikkelin kaupungin tilakeskus	

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
2 MIKKELIN KAUPUNGIN TILAKESKUS.....	1
2.1 Rämälän koulu	2
3 VALAISTUS OSANA ENERGIAN SÄÄSTÖÄ	3
4 VALAISTUS KÄYTTÄJÄN NÄKÖKULMASTA	4
4.1 Valaistuksen tarve	4
4.2 Näköaisti	5
5 VALAISTUKSEN OMINAISUUDET	6
5.1 Sähkömagneettinen säteily.....	6
5.2 Spektri	6
5.3 Muodonanto	7
5.4 Kontrasti	7
5.5 Kontrastiherkkyys	7
5.6 Värivaikutelma	7
5.7 Värintoisto.....	8
5.7.1 Valovirta, säteilyteho ja valovoima.....	8
5.7.2 Luminanssi	9
5.7.3 Valaistusvoimakkuus	9
5.8 Häikäisy.....	9
6. VALONLÄHTEET VALAISTUKSESSA	11
6.1 Elohopealamppu.....	11
6.2 Suurpainenatriumlamppu	12
6.3 Monimetallilamppu	14
6.4 Led, (Light Emitting Diode), Valodiodi	14
7 VALAISIMET OSANA VALAISTUSTA	16
7.1 Ulkovalaisimet	16
7.2 Valaisimien luokittelu	16
7.2.1 Valaisimien suojausluokat	17
7.2.2 Valaisimien koteloituiluokat.....	17
7.2.3 Asennusalustan mukainen luokittelu	18
8 VALAISTUKSEN OHJAUS	18

8.1 Tunnistimet	19
9 VALAISTUKSEN KUSTANNUKSET	20
9.1 Kustannusten jaottelu	20
9.1.1 Kiinteät kustannukset.....	21
9.1.2 Muuttuvat kustannukset.....	22
9 KIINTEISTÖN VALAISTUS JA ENERGIAN SÄÄSTÖPOTENTIALI	24
9.1 Vertailuvalaisimet	24
9.1.1 Easy LED Boll 400.....	24
9.1.2 Philips StreetSaver.....	25
9.1.3 Karlux Tiira	26
9.2 Investointikustannukset.....	27
9.3 Energiakustannukset	28
9.4 Polttimokustannukset	30
9.5 Huoltokustannukset.....	31
9.6 Kokonaiskustannukset.....	32
10 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	33
LIITTEET.....	1
Liite 1, kustannukset	1

1 JOHDANTO

Maantieteellisesti Suomi sijaitsee alueella, missä valaistuksen tarve on merkittävä. Valaistuksen tärkein tehtävä on taata ihmisille alueen tai tilan turvallinen käyttö pimeään aikaan. Valaistus suojaa myös omaisuutta ja ennen kaikkea tuo turvallisuuden tunnetta. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Valaistukseen Suomessa kuluu noin kymmenesosa käytetystä kokonaisenergiämäärästä. EU:n energiapalveludirektiivi velvoittaa tehostamaan energiankäyttöä Suomessa ja direktiivi vaatii 2008–2016 välisenä aikana yhdeksän prosentin parantamisen energiatehokkuuteen. EuP-direktiivi kieltää elohopealamppujen valmistuksen vuoden 2015 jälkeen. Direktiivin voimaan tulo tuo haasteita valaistuksen järjestämiseen Suomessa. (Motiva Oy 2009.)

Mikkelin kaupungin tilakeskus ennakoii muutoksen voimaantuloa. Tilakeskus osoitti tarpeelliseksi selvittää elohopealamppujen korvaamisen muilla valon lähteillä, erityisesti energiatehokkaalla Led-valaisimella.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää yhden Mikkelin kaupungin omistaman koulukiinteistön ulkovalaistuksen energian käytön tehostamista. Kiinteistön nykyiset ulkovalaisimet ovat elohopealamppuja, jotka ovat uuden direktiivin myötä valaisimen elinkaaren tullessa päätökseen korvattava uudella tekniikalla. Energian käytön tehostamiseksi tässä työssä on selvitetty elohopealamppujen korvaamista muihin tekniikoihin perustuvilla lampuilla. Työssä on tarkasteltu erikseen kustannuksia ottaen huomioon investointi-, energia-, polttime- ja huoltokustannukset.

2 MIKKELIN KAUPUNGIN TILAKESKUS

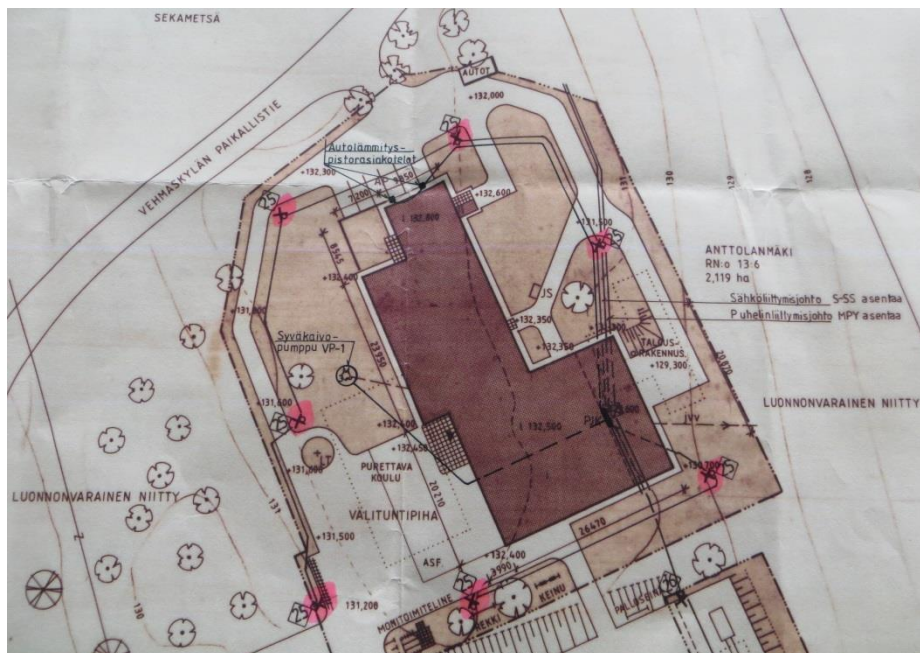
Mikkelin kaupungin tilakeskus on kaupunginhallituksen jaoston alaisuudessa toimiva palveluyksikkö. Tilakeskus huolehtii kaupungin omistamista toimitiloista, vuokraamisesta, hankkimisesta ja myymisestä sekä kiinteistöjen ylläpitotehtävistä. Ylläpidettäviä kiinteistöjä on tällä hetkellä noin 110 kappaletta. Tilakeskus vastaa myös kaupunginvaltuuston hyväksymän talousarvion mukaisesti talonrakennusinvestointien valmiste-

luista ja toteuttamisesta. Tarvitsemansa asiantuntija- ja ylläpitotehtävät tilakeskus ostaa palveluiden tuottajilta, joko kumppanuusyhtiöltä tai yksityisiltä yrityksiltä. (Mikkelin kaupunki 2011.)

2.1 Rämälän koulu

Rämälän koulu on valmistunut vuonna 1986. Koulu sijaitsee Rämälän kylässä noin 7 km mikkelin keskustasta. Koulussa on noin 60 oppilasta esikoulusta 6 luokkaan ja 3 päätoimista opettajaa. Koulualue sisältää koulurakennuksen lisäksi ulkoalueen välituntipihoineen ja valaistun urheilukentän (kuva 5).(Mikkelin kaupunki 2010.)

Rämälän koulun ulkoalue on valaistu 7 alkuperäisillä Idman P4-19 valaisimella (kuva 6). Valaisin käyttää polttimona 125W elohopealamppua ja on 3,5 metrin korkeudelta maasta. Valaistusta ohjataan hämäräkytkimellä.



KUVA 1. Asemakaava (Mikkelin kaupunki 1986)



KUVA 2. Idman P4-19 (Mikkelin kaupunki 2010)

3 VALAISTUS OSANA ENERGIAN SÄÄSTÖÄ

Kokonaismäärältään Suomessa käytetystä sähköstä noin kymmenesosa kuluu valaistukseen. EU:n energiapalveludirektiivi velvoittaa Suomea tehostamaan energiankäyttöä. Valaistuksella on siis mahdollista tehdä mittaviakin energiasäästöjä. EU:n energiapalveludirektiivi vaatii Suomelta yhdeksän prosentin energiatehokkuuden parantamista vuosina 2008–2016. Yhdeksän prosentin osuus Suomessa käytettävästä energiasta on 17 800 gigawattituntia, joten energian säästämistä on katsottava jokaiselta osalta. Valaistusta ohjaavalla lainsäädännöllä pyritään energiatehokkaampaan ratkaisuun. Valaistuksen uusiminen vaatii isoja investointeja, mutta hyvin toteutettuna se tuo käytön aikana kustannussäästöjä. (Motiva Oy 2009.)

Valaistuksen osalta vanhentuneen tekniikan uusimisella, nykyaikaistamalla ohjausjärjestelmiä ja valaistustavoitteiden tarkentamisella voidaan energiansäästöissä päästä käyttökohteesta riippuen 30–70 prosenttiin. Nykyisin pelkästään valaisimen hankintahinta ei ole oikea kriteeri valaistusasioista päätettäessä, vaan täytyy painottaa valaisimen elinkaaren aikana aiheuttamia kuluja, jolloin pitää osata katsoa ainakin 20–30 vuotta eteenpäin. (Motiva Oy 2009.)

EuP-direktiivin valaisinasetuksen tavoitteena on lopettaa yleisvalaistuksen nykykehityksen mukainen nousu, jonka on ennustettu olevan vuoteen 2020 mennessä 23 %. Lähtökohtana asetuksella on ollut nykyinen tie- / katuvalaistus sekä toimistovalaistus,

mutta se pyrkii ohjaamaan muitakin kohteita siten, että kulloinkin kohteeseen valittaisiin käyttötarkoitukseltaan parasta mahdollista teknologiaa. (Motiva Oy 2009.)

Suurin yksittäinen muutos EuP-direktiivillä on kieltää elohopealamppujen valmistus vuoden 2015 jälkeen. Direktiivi ei vaikuta sitä ennen valmistettujen myyntiin, ainoastaan valmistukseen. Voidaan hyvinkin olettaa, että elohopealamppuja on käytössä aina 2020-luvun alkuun saakka. (Motiva Oy 2009.)

Suurpainenatriumlampun osalta direktiivi rajoittaa laadukkaampien lamppujen saatavuutta. Direktiivi painottaa lampun valotehokkuuden parantamista, jolloin mm. värin- toistoltaan hyvät valkoisen valon lamput katoavat. Tästä seuraa että, tulevaisuudessa erityisesti katu- ja kaupunkitiloissa suurpainenatriumlampun laadun heikentäminen heikentää pimeän ajan ympäristön laatua. (Motiva Oy 2009.)

Monimetallilampun osalta direktiivi rajaa joitain valotehottomampia malleja pois markkinoilta. Direktiivin myötä monimetalli tulee nostamaan entistä enemmän suosio- taan valaistuksessa. (Motiva Oy 2009.)

4 VALAISTUS KÄYTTÄJÄN NÄKÖKULMASTA

4.1 Valaistuksen tarve

Päätehtävä valaistuksella on taata kulkijoille ja työskentelijöille alueen tai tilan turval- linen käyttö pimeään aikaan. Valaistus nostaa ihmisten kuin omaisuudenkin turvaa luoden samalla viihtyisyyttä ja ennen kaikkea turvallisuuden tunnetta. Hyvä valaistus muodostuu eri osatekijöiden summana. Valaistusstandardit lähtevät siitä, kuinka hyvin tietyssä valaistuksessa pystytään suorittamaan näkemiseen liittyviä tehtäviä.

Nykypäivänä valaistusvoimakkuuden ohella painotetaan valaistuksen laadullisia omi- naisuuksia, joita ovat tasaisuus, värintoisto ja häikäisy. Valaistuksen tarve lisääntyy vanhenemisen myötä ja valaistuksen säätöön tulisi kiinnittää huomiota. (Suomen Säh- köurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

4.2 Näköaisti

Hyvän valaistuksen rakentamiseksi on hyvä tuntea näköelimemme. Näköelin muodostuu silmästä, näköhermosta ja tietyistä aivon osista. Näköelin on tärkeimpiä aistinelimiä. Näköaistin välityksellä välittyy peräti 70–80 % kaikesta siitä tiedosta, mitä ihminen aistiensa välityksellä vastaanottaa ympäristöstään. Ihminen ei pysty havaitsemaan sähkömagneettista säteilyä, vaan silmissä olevat sauva- ja tappisolut aistivat näkökentässä olevasta kohteesta tulevat valonsäteet. Valoisassa ympäristössä toimivat tappisolut, joita silmän verkkokalvolla on noin 144 miljoonaa. Hämärässä ympäristössä toimivat taasen sauvasolut, joita verkkokalvolla on vain 6-7 miljoonaa. Verkkokalvon havaitsemat valonsäteet siirtyvät näköhermoja pitkin aivoihin, jossa näköhavainto vasta syntyy. Näköhavaintoon vaikuttavat silmän aivoille antavat hermoimpulssit, jotka synnyttävät näköaistimuksia, joista muistin luovuttamien mielikuvien täydentäminä lopulliset näköhavainnot muodostuvat. Muistista johtuu, että erityisesti aikaisempi tieto, asenteet ja muistikuvat sekä kokemus esineistä, ympäristöstä ja tapahtumista vaikuttavat oleellisesti siihen, miten nopeasti oikein nähty aivoissa tulkitaan. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Ihmisen ikääntyessä valon tarve kasvaa. Syynä tähän on muun muassa se, että vanheudessa silmälinssi kellastuu ja pupillin koko pienenee. Merkittävin seikka kuitenkin on, että valon hajaantuminen kasvaa valonsäteen kulkiessa silmän optisen järjestelmän läpi. Esimerkiksi 20-vuotias henkilö tarvitsee vain puolet suhteellisesta valontarpeesta kuin mitä 40-vuotias, mutta 60-vuotias 12 kertaa enemmän kuin 20-vuotias. Valaistusvoimakkuuden kasvaessa esimerkiksi 1000 luxiin, tarvitsee 60-vuotias enää noin 20 % enemmän valoa kuin 20-vuotias henkilö suoriutuakseen näkötehtävästä yhtä hyvin ja joutuisasti kuin 20-vuotias. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Iällä on vaikutusta silmän mukautumiskykyyn eli sen kykyyn tarkentua eri etäisyyksillä oleviin kohteisiin. Ikääntyessä silmälinssin joustavuus huononee, mistä johtuu tarkentamisen vaikeus lähietäisyyksille. Ikääntyminen vaikuttaa myös silmän sopeutumiskykyyn. Iän lisääntyessä hämärään sopeutuminen voi henkilöillä hidastua huomattavasti ja silmä ei siedä yhtä suuria ja nopeita luminanssivaihteluja näkökentässä kuin nuorena. Siksi valaistuksen laatuun ja määrään tulee vanhemmilla ihmisellä kiinnittää erityistä huomiota. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

5 VALAISTUKSEN OMINAISUUDET

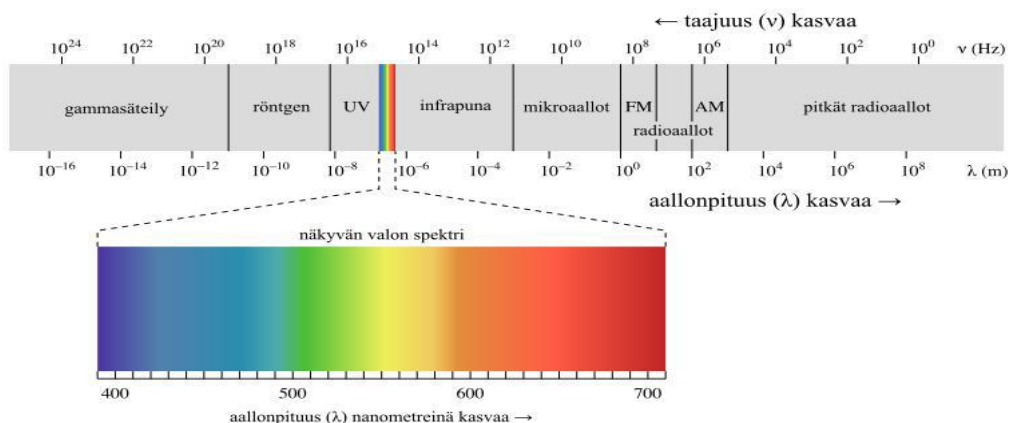
Nykyisin pyritään säästämään energiaa, mutta valaistuksen energiansäästöissä ei saa tinkiä valaistuksen laadusta. Valaistuksen on todettu olevan monitieteellinen laji. Ymmärtääkseen valon ja valaistuksen oikeellisuuden käyn läpi valon ominaisuuksia sekä työssä esiintyviä valaistuksen perusteita ja suureita. Valaistusta ohjaa eurooppalainen SFS-EN 12464-standardi.

5.1 Sähkömagneettinen säteily

Fysikaalisesti näkyvä valo on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on 380–780 nm. Näkyvän valon alapuolella, alle 380 nm:n aallonpituudella, on lyhytaaltainen ultraviolettisäteily, 100–380 nm. Näkyvän valon yläpuolella on pitkäaaltainen infrapunasäteily, 780–10⁶ nm. Mitä lyhytaaltoisempaa säteily on, sitä suurenergisempää se on. Hehkulamput, jotka olivat ensimmäiset merkittävämät keinovalonlähteet, olivat lämpösäteilijöitä. Hehkulampuissa lämpötilaa nostettiin ja saatiin näkyvää valoa, joka oli hyvin lämminsävyistä. (Ilmatieteenlaitos 2004.)

5.2 Spektri

Spektri eli kirjo on valonjakautumista komponentteihin aallonpituuden mukaan. Auringon valo, halogeeni- ja hehkulamppujen valo on ns. jatkuvaspektristä, jossa esiintyy koko valon kirjo. Nykyaikaisempien käytössä olevien lamppujen ja valonlähteiden valo ei ole jatkuvaspektristä, vaan valo on erilaisten valon värikoostumusten summa. (Tiensuu 2010.)



Kuva 3. Sähkömagneettinen spektri (Tiensuu 2010)

5.3 Muodonanto

Muodonanto on tärkeä valaistuksen laatuun liittyvä ominaisuus, käytännössä kaiken-tyyppisissä tiloissa. Muodonanto määräytyy suoran valon ja diffuusin keskinäisestä suhteesta. Tilan yleisvaikutelma korostuu, kun tilan rakenteet sekä siinä olevat ihmiset ja esineet valaistaan siten, että muoto ja rakenne tulevat selkeästi ja miellyttävästi esille. Tällainen saadaan aikaan, kun valo tulee pääasiallisesti yhdestä suunnasta, jolloin varjot muodostuvat selkeästi. Liian voimakas suoravalon aiheuttaa jyrkät varjot häivyttämällä kohteen muodot. (Tiensuu 2010.)

5.4 Kontrasti

Katsekohteessa erilaiset pinnat heijastavat valoa eri tavoin. Vaalea pinta heijastaa valoa paljon takaisin, kun taas tumma pinta vain vähän. Nämä pintojen erilaisista heijastussuhteiden ja valon yhteisvaikutuksesta syntyvät kontrastit havainnoidaan silmin ja aivot tulkitsevat ne kuvaksi. Näkyvyyttä ei juuri voida lisätä valoa lisäämällä, elleivät ympäristön pintojen heijastussuhteet ole riittävän erilaiset. Toisaalta korkeitten pintojen kontrastit eivät tule näkyviin ilman riittävän tehokasta valaistusta. (Tiensuu 2010.)

5.5 Kontrastiherkkyys

Kontrastiherkkyys kuvaa ihmisen kykyä erottaa harmaa-asteikon eri sävyjä. Kun kontrastiherkkyys on huono, ihminen erottaa vain hyvin suuria kontrastieroja. Hyvänä esimerkkinä on sanomalehti. Lehden painopaperin ja tekstin välinen kontrasti ei ole riittävän suuri. Sama henkilö voi kuitenkin saada hyvin selvää mustasta tekstistä valkoisella paperilla. (Näkövammaisten keskusliitto ry 2011.)

5.6 Värivaikutelma

Värivaikutelmalla tarkoitetaan lampun säteilevän valon näkyvää väriä eli värilaatua. Näkyvän valon määrittää lampun ekvivalenttinen värilämpötila T_{cp} . Värivaikutelmaa voidaan kuvata myös ekvivalenttisella värilämpötila T_{cp} -taulukolla (taulukko 1). (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Värivaikutelma	Ekvivalenttinen värilämpötila T_{cp}
Lämmin	< 3 300 K
Neutraali	3 300-5 300 K
Kylmä	> 5 300 K

TAULUKKO 1. Värivaikutelma (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Värivaikutelman valinnan katsotaan määrittävän psykologisiin ja esteettisiin tekijöihin, joita pidetään luonnollisina. Valinta muodostuu valaistusvoimakkuustasosta, tilan väreistä, ympäröivästä ilmastosta sekä tilan käyttötarkoituksesta. Kylmän ilmastossa suositetaan yleensä lämmintä värivaikutelmaa ja lämpimässä ilmastossa vastaavasti kylmempää valoa. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

5.7 Värintoisto

Värintoistokyvyllä viitataan lampulla valaistuista kohteista ja henkilöistä saatavaan värivaikutelmaan. Näkötehokkuuden ja hyvinvoinnin kannalta on tärkeää, että ympäristön ja kohteiden sekä ihmisten ihon väri toistuu luonnollisena ja oikeana. Erityisen tärkeää ovat turvavalot, joiden on aina toistuttava oikein. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Värintoisto-ominaisuuksien määrittämistä varten on kehitetty yleinen värintoistoindeksi R_a . Värintoistoindeksin suurin arvo on 100. R_a arvo on sitä pienempi, mitä huonompi on valonlähteen värintoisto-ominaisuus. Standardit määrittävät värintoistolle minimiarvot erityyppisille toiminnoille, tehtäville ja tiloille. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

5.7.1 Valovirta, säteilyteho ja valovoima

Valovirran (Φ) yksikkö on lumen (lm) ja säteilytehon yksikkö on watti (W). Valovirta on valonlähteen tuottama säteilyteho painotettuna silmän spektriherkkyyskäyrällä. Valovirta ilmaisee säteilytehon lasketun kyvyn synnyttää valoisuusaistimukseen johdettava ärsytys. (Näkövammaisten keskusliitto ry 2011.) Valovoiman (I) yksikkö on kandela (cd). Valovoima on valovirta avaruuskulmassa. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

5.7.2 Luminanssi

Luminanssin (L) yksikkö on kandela neliometriä kohti (cd/m^2). Luminanssin arvo kertoo tietyltä pinnalta heijastuneen valon määrän. Arvoon vaikuttaa pinnan heijastusominaisuudet ja valaistusvoimakkuuden perusteella myös valon suunta sekä heijastuskulma. Näkökentässä luminanssijakauma säättää silmien sopeutumistason, mikä vaikuttaa kohteen näkyvyyteen ja näkömukavuuteen. Suuria luminanssin vaihteluita tulisi välttää. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

5.7.3 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuuden (E) yksikkö on luks (lx). Valaistusvoimakkuus kuvaa tietylle pinta-alalle kohtisuoraan suuntautuvan valovirran voimakkuutta. Valaistusvoimakkuudella kuvataan valaistusolosuhteita. Valaistusolosuhteet vaikuttavat voimakkaasti siihen, miten nopeasti, turvallisesti ja mukavasti näkötehtävä hahmotetaan ja siitä suoriudutaan. Tietyissä kohteissa voidaan valaistusvoimakkuus määrittellä erikseen myös pystytason [E_{ver}] (lx) ja vaakatason [E_{hor}] (lx) mukaan. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Valaistusvoimakkuus lx	Kohde
0,1	Kuun valo
5 - 30	Ulkotyöalueiden yleisvalaistus
300	Isot tilat karkeaan työhön
500	Toimistot, luokkahuoneet
2000	Pilvinen päivä
40 000	Auringonvalo kirkkaimmillaan

TAULUKKO 2. Valaistusvoimakkuusarvoja (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

5.8 Häikäisy

Häikäisyä on sekä kiusa- että estohäikäisy. Häikäisy vaikeuttaa yksityiskohtien näkemistä ja aiheuttaa epämukavuuden tunnetta näkemisessä. Häikäisyä syntyy, kun näkökentän luminanssimäärä tai – jakauma on sopimaton, muuttuu silmälle liian nopeasti tai kontrastit ovat liian voimakkaita. Ohimenevää häikäisyä on silloin, kun silmä ei ole ehtinyt sopeutua uuteen, suurempaan luminanssiin tai kontrastiin. Tällainen tilanne

syntyy esimerkiksi tultaessa yhtäkkiä pimeästä tilasta valoisaan. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Estohäikäisy on häikäisymuoto, joka heikentää näkemistä. Häikäisylähteen lähettämät valonsäteet hajaantuvat silmässä ja muodostavat verkkokalvolla olevan kuvan päälle harsoluminanssin, jolloin kuvan kontrastit pienenevät. Sopeutumistaso kohoaa haitallisesti myös harsoluminanssista. Häikäisynlähde sopeuttaa silmää suurempaan luminanssitasoon kuin näkökohteen keskimääräinen luminanssi edellyttäisi, jolloin seurauksena näkökohteessa tarvitaan suurempi luminanssiero yksityiskohtien havaitsemiseksi. Valovoiman suurentuessa ja mitä keskeemmällä näkökentällä se sijaitsee, sitä enemmän häikäisee. Estohäikäisy alkaa, kun harsoluminanssi on 1-2 % näkökohteen luminanssista. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Kiusahäikäisy on häikäisymuoto, joka aiheuttaa epämukavuutta näkemisessä. Kiusahäikäisyllä tarkoitetaan subjektiivista eli omakohtaista epämiellyttävyyden tunnetta, joka tulee näkökentän suurista luminansseista tai luminanssieroista. Kiusahäikäisyn suuruus riippuu pääasiassa:

- valonlähteen luminanssista
- ympäristön keskimääräisestä luminanssista
- valonlähteen alasta
- valonlähteen sijainnista näkökentässä
- valonlähteen ympäristön luminanssijakaumasta
- valonlähteen muodosta.

Hyvänä esimerkkinä kiusahäikäisylle on voimakas, noin 10 000 cd/m² oleva aurin-
gonpaiste, jolloin on hyvä käyttää aurinkolaseja näkemiseen. Kiusahäikäisyn esiintyminen ei välttämättä tarvitse esiintyäkseen estohäikäisyä eikä myöskään päinvastoin. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

6. VALONLÄHTEET VALAISTUKSESSA

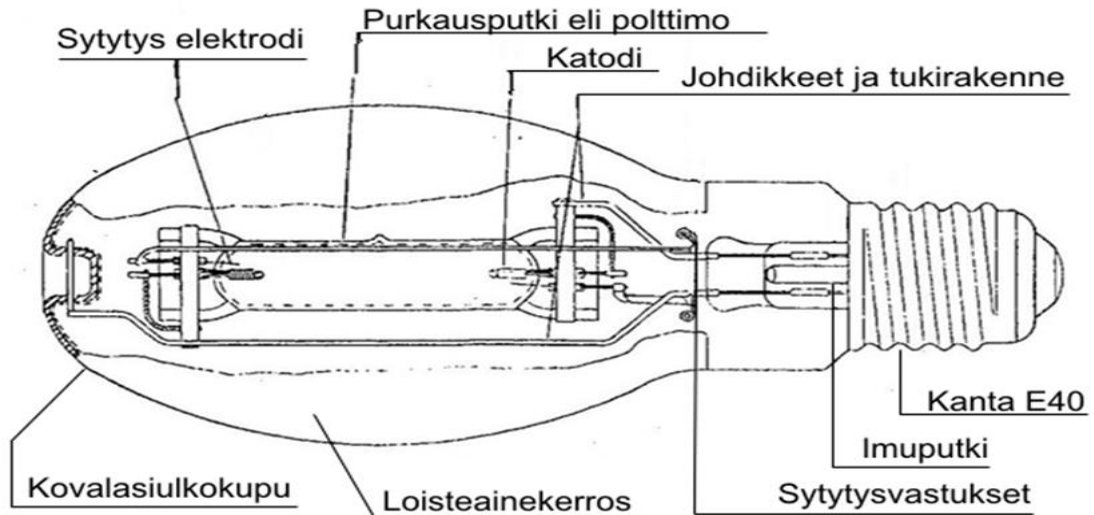
Kappaleessa käsittelen nykyisin pääasiassa ulkovalaistukseen vaikuttavat lamput ja ulkovalaistukseen nousemassa olevan Ledin.

6.1 Elohopealamppu

Elohopealamppu kuuluu purkauslamppuihin. Elohopealamppua pidetään yksinkertaisimpana, helppokäyttöisenä ja luotettavimpana valonlähteenä. Sen valontuotto perustuu kaasupurkaukseen elohopeahöyryssä. (Halonen & Lehtovaara 1992.)

1900-luvun alussa kehitettiin ensimmäinen suurpaineinen elohopealamppu. Ensimmäinen lamppu rakentui tyhjäpumpatusta lasiputkesta, jossa elohopea oli syvennyksissä molemmissa päissä. Elohopea oli nestemäisenä ja toimi elektrodeina. Tasavirta johdettiin putken lävitse sarjavastuksen kautta. Lamppu sytytettiin heilauttamalla lamppua ja palauttamalla se vaakasuoraan eli polttoasuun. Elohopean suuresta määrästä johtuen lampun toiminta oli hyvin epästabili eli epävakaa. (Halonen & Lehtovaara 1992.)

Nykyisin elohopeahöyrylamppu rakentuu pääasiassa purkausputkesta ja ulkokuvusta. Pienen määrän elohopeaa sisältävän purkausputkeen johdetaan kuristimen kautta niin suuri virta, että elohopea höyrystyy. Korkean tiheyden omaava elohopeahöyry lähettää kvartsilasisessa purkausputkessa pääasiassa näkyvää säteilyä eli valoa. Purkausputki on suojattu ulkoilman hapelta ja kolhuilta ulkokuvulla. Ulkokuvun sisäpinnassa oleva loisteaine muuttaa lampusta lähtevän UV-säteilyn punavärisiksi valoiksi. (Hietaranta 2012.)



KUVA 4. Elohopealampun rakenne (Hietaranta, 2012)

Elohopealamppujen tehot ovat pienitehoisesta 50 W:sta jopa 2000 W:n suuritehoiseen lampuun. Suuritehoiset 2000 W:n lamput tarvitsevat syöttöjännitteeksi 400 V:ia, pienempi tehoiset toimivat normaalilla 230 V:n jännitteellä. Valotehokkuus elohopealampuilla vaihtelee tehon mukaan. Suuri tehoisilla (1000 W) lampun valotehokkuus on 57 lm/W ilman virranrajoittimien häviöitä. (Halonen & Lehtovaara 1992.)

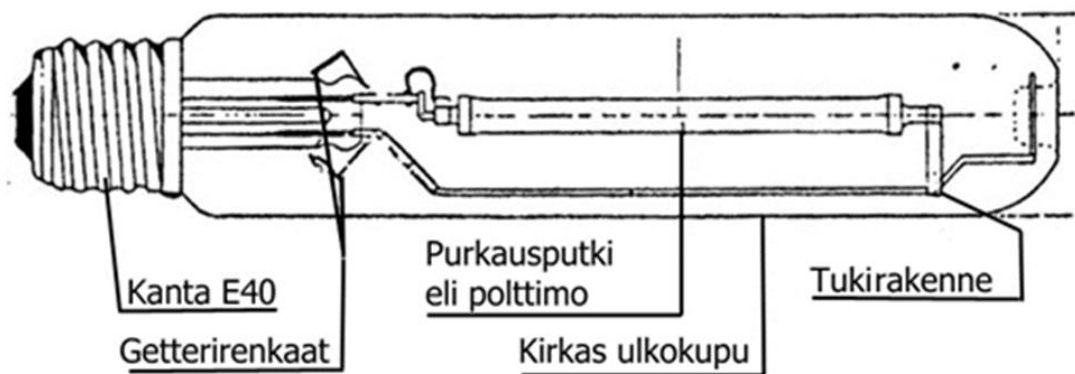
Elohopealampuilla taloudellinen polttoikä määräytyy valovirran aleneman perusteella, jolloin valovirta on alentunut 70 %:iin 100 %:n valovirran arvosta. Taloudellinen polttoikä jää 8000- 16 000 tuntiin. Vakioelohopealampuilla ekvivalenttinen värielämytila on noin 4200 K ja värintoistoindeksi R_a 45. Parannetuilla loisteaineilla päästään 3 400–3 800 värielämytilaan ja värintoistoindeksiksi 52. (Halonen & Lehtovaara 1992.)

6.2 Suurpainenatriumlamppu

Natriumhöyryn soveltuminen valaistustarkoitukseen havaittiin 1920-luvulla. Ensiksi kehitettiin matalaan täytöskaasun paineeseen perustuvia pienpainenatriumlamppuja 1930-luvun alkupuolella. Tieteen kehittyessä saatiin selville, että nostamalla natriumhöyryn painetta, parantuvat väriominaisuudet natriumpurkauksessa. Paineen noston esteenä oli sopivan purkausputkimateriaalin puuttuminen. Tunnetut purkausputkilasilaadut eivät soveltuneet suuressa paineessa ja korkeassa lämpötilassa herkästi reagoivalle natriumhöyrylle. Ongelmia tuotti myös elektrodien läpivientien tiiveys purkausputkeen. Vasta 1960-luvulla kehitettiin ensimmäinen käyttökelpoinen suur-

painenatriumlamppu. Lamppu oli teholtaan 400 W:ia ja valotehokkuus oli noin 100 lm/W. (Halonen & Lehtovaara 1992.)

Suurpainenatriumlamppujen tehoalue on nykyisin 35–1 000 W. Tuotekehityksen ansiosta polttoikä ja valotehokkuus ovat parantuneet. Kehitys on suuntautunut nykyisellä pieniin yksikkökokoihin, elohopealampun korvaajiin ja paremmat väriominaisuudet omaaviin lamppuihin. 70 W:ta alaspäin purkausputken mitoitus ja valo- ja sähkötekniisten ominaisuuksien optimointi poikkeavat merkittävästi esimerkiksi 150 W:n lamppun suunnittelusta. (Halonen & Lehtovaara 1992.)



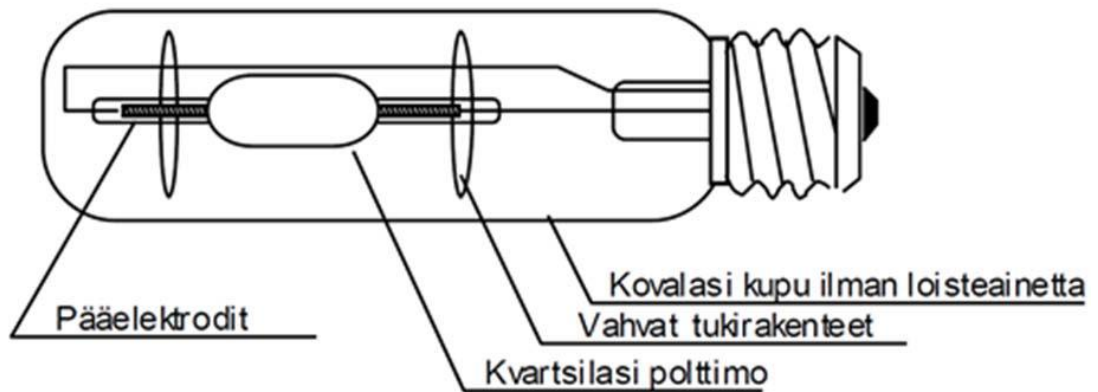
KUVA 5. Natriumlampun rakenne (Hietaranta 2012)

Nykyään pienitehoiset 35–100 W:n ns. valkoiset suurpainenatriumlamput omaavat hyvän värintoisto indeksin, R_a 80 ja valotehokkuus 40–50 lm/W. 150–400 W:n tehoilla värintoisto on noin 70 ja valotehokkuus vastaavasti 80–90 lm/W. Nykyäänkin vielä eniten käytetyllä tavallisella putkilokupuisella 100–1 000W:n lampulla päästään valotehokkuudessa 100–130 lm/W. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

Suurpainenatriumlampulla on erinomainen valovirran pysyvyys polton aikana, alenema on noin 10 % käytön aikana. Normaalioloissa vakiolampuilla polttoikä on 12 000–16 000 tuntia. Polttoikään vaikuttaa alentavasti mm. sytytystiheys, joten suurpainenlamppu soveltuukin hyvin pitkäkestoiseen sisä- ja ulkovalaistukseen. Häiritsevänä tekijänä voidaan pitää normaalilamppujen punakeltaista väriä. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

6.3 Monimetallilamppu

Monimetallilampun kehitys on perua elohopealampusta. Ensimmäiset monimetallilamput valmistettiin 1960-luvulla. Monimetallilampun toiminta perustuu elohopean rinnalle lisättyihin halogeeniyhdisteisiin. Monimetallilampun ominaisuuksia voidaan muokata erilaisin halogeeniyhdistein. Nykyisin lamppua valmistetaan 3 000–6 000 K:n värisävyllä ja värintoistoindeksi R_a on 65–90. Valotehokkuus riippuu lampun muodosta. Lamppua valmistetaan monen näköisenä ja monella eri kannalla. Valotehokkuus vaihtelee 35–120 lm/W. Mitä suurempi kokoinen lamppu on teholtaan, sitä valotehokkaampi lamppu on. (Halonen & Lehtovaara 1992.)



KUVA 6. Monimetallilampun rakenne (Hietaranta 2012)

Monimetallilamppu on nykyisellään käytetyin lamppu ulkovalaistukseen uudiskohdeissa. Monet edut lampussa ovat paremmat kuin elohopea- ja natriumlampussa. Monimetallilamppu on kuitenkin lyhytikäisempi kuin edellä mainitut lampputyypit. Hyötypoltoikä vaihtelee 2 000–20 000 tunnin välissä. Yleisimmät tehotyypit kestävät noin 10 000 tuntia. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

6.4 Led, (Light Emitting Diode), Valodiodi

Uusinta tekniikkaa valaistus rintamalla edustaa Led, josta on kaikista epäilyistä huolimatta nousemassa merkittävä energian säästöön johtava valaistusmenetelmä. Valaistuskäyttöön sopivan valkoista valoa säteilevän Ledin on kehittänyt Millennium-palkinnon muun muassa 2006 voittanut professori Shuji Nakamura. (Tuominen 2012.)

Led, valoa emittoiva diodi perustuu puolijohdetekniikkaan. Puolijohdetet ovat nimensä mukaisesti aineita, jotka johtavat sähköä huomattavasti huonommin kuin tavalliset johteet, kuten kupari Cu. Ledinvalaistus toiminto on siten erilainen kuin edellä esitellyillä elohopea-, suurpainenatrium- ja monimetallilampulla. (Tuominen 2012.)



KUVA 7. Led (Tuominen 2012)

Ledin ominaisuus on säteillä monokromaattista valoa, toisin sanoen sisältäen yhden aallonpituuden. Monokromaattisesta säteilystä johtuen värielämyltään 5 000 K:n Ledin valo on osoittautunut hyväksi ja miellyttäväksi käytössä. Perinteisestä Ledistä kehitetty tehoLedii sopii hyvin valaistukseen, valoteholtaan ne ovat jo noin 80 lm/W, laboratorioissa jopa 130 lm/W. Ledin etuna on myös niiden kestävyys. Nykyisin Ledille annetaan jopa 100 000 tunnin paloaika, joka on moninkertaisesti pitempi kuin purkauslamput. (Tuominen 2012.)

Ledillä on myös huonoja puolia. Erityisen arka Ledii on lämmölle. Ledin elinikä laskee voimakkaasti, jos lämpö nousee liikaa. Mitä viileämpänä Ledii saa palaa, sitä pitempi sen paloaika on. Lämmön poistamisen vaikeudet, ovatkin esteenä Ledii valotehon nostolle. (Tuominen 2012.)

7 VALAISIMET OSANA VALAISTUSTA

Valon lähteen lisäksi hyvässä valaistuksessa tarvitaan itse valaisin. Valaistusta tarvitaan monissa kohteissa, ja valaisimen rakenneratkaisuihin vaikuttavat mm. valaistava alue ja käyttötarkoitus. Valaisimen raaka-aineen valinnoille asettavat suoranaisia ehtoja seuraavat asiat: mekaaniset rasitukset, ympäristöolosuhteet, valonlähteen aiheuttamat lämpö- ja UV-säteily, valotekniset vaatimukset ja huollettavuus.

7.1 Ulkovalaisimet

Ulkovalaisinten tehtävänä on ohjata valoa mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella valaistaviin kohteisiin siten, että mahdollinen häikäisy on vähäistä. Valaisimien valinnassa tulee ottaa huomioon, että tarpeetonta häiriövaloa ei pääse ympäristöön. Valaisin voi valaista aluetta symmetrisesti tai epäsymmetrisesti. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

Ulkovalaisinten pitää täyttää tiukat mekaaniset ja säänkestävyyden vaatimukset. Ympäristön vaihtelevilta rasituksilta valaisin suojaa itse lamppua, muita sähköisiä osia ja optiikkaa. Valaisimen rakenne on yleensä suljettu ja koteloitu ulkopuolisten haitta-aineiden pääsyn estämiseksi. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

Ulkovalaisimen valintaan vaikuttaa myös valaisimen paikka ympäristössä. Valaisin voidaan asentaa uppo- tai pinta-asennuksena, vaijerikiinnityksellä tai valaisinvarteen. Nykyisin ulkovalaisimen valaistavuuden lisäksi valaisimelta vaaditaan tyylikkyyttä. Valaisimista on tullut osa rakennuskokonaisuutta. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

7.2 Valaisimien luokittelu

Valaisimet voidaan luokitella monella eri tavalla. Valaisimet on jaettu valaisinmäärysten mukaan kolmeen perusluokittukseen: valaisimien suojaus- ja kotelointiluokat ja valaisimen asennusalustan mukainen luokittelu. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

7.2.1 Valaisimien suojausluokat

Valaisimet on luokiteltu nykyisin kolmeen eriateiseen suojausluokkaan vikatapauksessa mahdollisesti syntyvän vaarallisen kosketusjännitteen estämiseksi. Suojausluokat ovat I, II ja III. Suojausluokka perustuu kolmeen perusasiaan:

- jännitteisten osien eristykset kosketeltavista metalleista,
- maadoittaa kosketeltavat metalliosat eristysvian sattuessa ja
- valaisimen käyttöjännite.

Valaisin voi olla suojausluokaltaan vain yhtä luokkaa, joka määräytyy alimman luokan osan mukaan. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

Ulkovalaisimet ovat suojausluokissa I-III. Tavalliset metallirunkoiset valaisimet sijoituvat suojausluokkaan I, jonka turvallisuus perustuu peruseristyksen lisäksi kosketeltavien, jännitteelle alttiiden metalliosien maadoitusmahdollisuuteen. Sähköä johtamattomista materiaaleista valmistetut valaisimet sijoittuvat yleisesti suojausluokkaan II, jolloin niissä on peruserityksen lisäksi lisäeristys. Luokan II valaisimissa ei ole suojausmaadoitusmahdollisuutta, mutta valaisin on yleensä varustettu suojausmaadoituksen jatkamiseen varustetulla liittimellä. Luokan III valaisimet on tarkoitettu liitettäväksi ainoastaan suojajännitteiseen virtapiiriin. Suojajännite takaa, ettei valaisin pääse aiheuttamaan vaarallista sähköiskua. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

7.2.2 Valaisimien kotelointiluokat

Valaisimien kotelointiluokka ilmoitetaan IP – luokalla, esim. IP-21. IP -luokka ilmaisee kuinka hyvin valaisin on suojattu vierailta esineiltä ja vedeltä. Kotelointiluokassa ensimmäinen numero IP-2X ilmaisee jännitteisten osien kosketussuojausta ja valaisimen pölyntiiveyttä. Jälkimmäinen numero IP-X1 ilmaisee veden eristävyuden valaisimella. Kotelointiluokka on ennen ilmaistu myös kuvatunnuksella, mutta nykyään käytetään enemmän IP- ja numerosarjaa. Ulkovalaisimet luokitellaan normaali käytössä jopa IP-67, eli pölyn- ja vedenpitäväksi. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

IP n ₁ n ₂				
n ₁	Vaarallisten osien kosketussuojaus ja laitteen pölyntiiviys	n ₂	Vesisuojaus	Vanha merkintä
0	Avoim rakenne	0	Avoim rakenne	
1	Vaaralliset osat kosketussuojattu nyrkiltä	1	Tippuvedenpitävä	
2	Tavallinen kosketussuojainen, vaaralliset osat kosketussuojattu sormelta	2	Tippuvedenpitävä, kotelo on kallistettuna 15 asteeseen asti	
3	Erikois kosketussuojainen, vaaralliset osat kosketussuojattu työkaluilta	3	Sateenpitävä	
4	Erikois kosketussuojainen, vaaralliset osat kosketussuojattu langalta	4	Roiskeenpitävä	
5	Pölysuojainen, vaaralliset osat kosketussuojattu langalta	5	Suihkuvedenpitävä	
6	Pölynpitävä, vaaralliset osat kosketussuojattu langalta	6	Suojattu voimakkaalta vesisuihkulta	
		7	Suojattu lyhytaikaisen veteen upottamisen vaikutuksilta	
		8	Painevedenpitävä, suojattu veteen upottamisen vaikutuksilta	

TAULUKKO 3. IP-luokitus (Tukes 2009)

7.2.3 Asennusalustan mukainen luokittelu

Voimassa olevien valaisinmääräysten mukaan valaisin luokitellaan sen mukaan, soveltuuko valaisin asennettavaksi normaalisti syttyvälle asennusalustalle vai ei. Valaisimet, jotka on tarkoitettu asennettavaksi normaalille asennusalustalle, on merkitty F-tunnuksella, joka on sijoitettu kärkikolmion sisään. Tämä luokittelu on erityisen tärkeä silloin, kun uppoasennetaan valaisimia. Jokaisessa valaisimessa tulee mukana asennusohjeet, joista selviää, minkälaisiin olosuhteisiin valaisinta on sallittua asentaa. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1999.)

8 VALAISTUKSEN OHJAUS

Valaistuksen ohjauksella pyritään säätämään tarkoituksen mukaista valaistuksen voimakkuutta valaistavassa kohteessa. Valaistuksen voimakkuudet ovat erilaiset riippuen siitä tehdäänkö valaistavalla alueella työtehtävää, vai lisätäänkö viihtyvyyden tunnetta. Ulkoaluekohteissa valvontaan ja korostukseen tarvittava valaistusvoimakkuus on huomattavasti pienempi kuin se voimakkuus, joka vaaditaan työskentelyn

aikana. Valaistuksen laadusta ei kannata tinkiä energiansäästösyistä, vaan se tulee ottaa huomioon valaistuksen ohjauksella. (Tiensuu 2010.)

Oikea valaistusvoimakkuus on määritelty standardissa SFS-EN 12464. Standardi määrittää keskimääräisen valaistusvoimakkuuden arvon E_m , joka on valaistusvoimakkuuden huoltoarvo. Huoltoarvo on valaistustaso, jonka alle valaistusvoimakkuus ei saa asennuksen eliniän aikana pudota. Standardi määrittää ulkoalueiden yleisvalaistukseen 30 luxia, (taulukko 2). Julkisissa kohteissa oleva turvatekniikka asettaa myös omia haasteita valaistukseen, saaden täyden hyödyn tekniikastaan. (Tiensuu 2010.)

8.1 Tunnistimet

Valaistuksen ohjaukseen on nykyisin useita eri mahdollisuuksia. Yleisimmin piha- ja ulkovalaistukseen käytetään hämäräkytkintä, liiketunnistinta, kellokytkintä tai ohjelmoitavaa relettä. Käytettäessä mitä tahansa tunnistinta valaistuksen ohjaukseen, kannattaa aina kytkeä valaistuksen ohjaukseen myös selkeä päälle – pois-kytkin. Kytkimellä saadaan käsikäyttöisesti ohitettua edellä mainitut automaattiset ohjaukset. (Tiensuu 2010.)

Hämäräkytkintä käytettäessä valot saadaan syttymään ja sammumaan vuorokauden valoisuuden mukaan. Hämäräkytkin säädetään tiettyyn lux arvoon ja valoisuuden alittaessa arvon valot syttyvät ja valoisuuden noustessa asetusarvoa korkeammaksi valot sammuvat. On saatavana myös hämäräkytkimiä, joissa pystyy asentamaan sytyttämiseen ja sammuttamiseen eri arvon. Hämäräkytkin on halpa ja yksinkertainen valaistuksen ohjaustapa, jos tavoitteena on pelkästään saada valaistus toimimaan vuorokauden valon mukaan. (Tiensuu 2010.)

Valaistuksen ohjaukseen käytettävä liiketunnistin sisältää yleensä hämäräkytkimen ja liiketunnistimen. Liiketunnistimen liikkeen havainto perustuu infrapunatekniikkaan. Liiketunnistimia on markkinoilla erittäin monenlaisia versioita. Liikkeen havaitsemiskulmat ovat 20 asteesta aina 360 asteeseen ja havaitsemismatkat aina jopa 40 metriin. Mitä suurempi havaitsemiskulma on, sen lyhyempi on havaintomatka. Liiketunnistinta käytettäessä valaistus voi syttyä myös eläimistä, vaikka hinnakkaimmissa liiketunnistimissa on pienen eläimen suodin. (Tiensuu 2010.)

Valaistuksen ohjaukseen on saatavana myös käytännöllinen kellokytkin. Kellokytkimellä saadaan tarkasti ohjattua valaistus toimimaan ja sammumaan haluttuna kellon aikana. Parhaiten kellokytkin palvelee valaistusta hämäräkytkimen kanssa. Kyseisellä yhdistelmällä saadaan isojen piha-alueiden valaistusta ohjattua hallitusti. Kellokytkimellä pystytään rajaamaan kaikki tai osa valaistuksesta pois yön hiljaisimmilta tunteilta. (Tiensuu 2010.)

Keskukseen asennettavalla ohjelmoitavalla releellä, eli sähkömekaanisella kytkimellä, pystytään ohjaamaan myös valaistusta. Kyseisen releen avulla voidaan laatia erilaisia valaistustilanteita vaikka joka viikonpäivälle erikseen. Ohjelmoitavaan releeseen kannattaa yhdistää hämäräkytkin, jolla vältetään tarpeetonta valojen palamista. (Tiensuu 2010.)

9 VALAISTUKSEN KUSTANNUKSET

Uuden valaistuksen suunnittelulla tai vanhan valaistuksen uusimisella pyritään aina tavoitteeseen, että asennus täyttää tekniset ja esteettiset vaatimukset sopuinnassa siitä aiheutuvien kustannusten kanssa. Taloudellisuuden selvittäminen valaistuksessa laskelmin täydellisesti on mahdollista vain joissakin erikoistapauksissa. Vaikeus johtuu yleensä siitä, että ei tunneta riittävän tarkasti valaistusjärjestelmien valaistusteknisten ominaisuuksien vaikutusta terveyteen, työntekoon tai tapaturmiin. Taloudellisuuslaskennassa on jopa mahdotonta tarkastella viihtyisyyttä. Taloudellisuuslaskennassa voidaan luotettavasti vertailla vain valaistusteknisesti samanarvoisia vaihtoehtoja ratkaisuja. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

9.1 Kustannusten jaottelu

Valaistuksen kustannuksia laskiessa on valaistusjärjestelmän vuotuiset kustannukset järkevä jakaa kahteen osioon: 1) käyttöajasta riippumattomiin kiinteisiin kustannuksiin 2) käyttöajasta riippuviin muuttuviin kustannuksiin. Kiinteisiin kustannuksiin kuuluu tarvike- ja työkustannukset ja muuttuviin kustannuksiin energia-, polttime-, huolto- ja korjauskustannukset. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

9.1.1 Kiinteät kustannukset

Kiinteät kustannukset muodostuvat valaisimien sekä valaistus sähköverkon hankinta- ja asennuskustannusten koroista ja poistoista. Kiinteitä kustannuksia laskiessa ja tarpeeksi tarkkojen laskelmien vuoksi on pyrittävä selvittämään valaisin kustannukset. Suuremmissa valaisin hankinnoissa valaisimet voidaan olettaa saatavan 25–35 % vähittäishintoja halvemmalla. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Työkustannusten laskenta joudutaan tietyissä määrin arvioimaan kokemusperäisesti. Kustannus vaihtelut ovat suuria riippuen asennuskohteesta, vallitsevasta asennustavasta ja ulkonäölle asetettavista vaatimuksista. Toistaan hieman kalliimmalla tarvikeratkaisulla voidaan pienentää huomattavasti työkustannuksia. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Annuiteetti eli vuotuismaksuun vaikuttaa hankintahinnan lisäksi korkokanta ja poistoaika:

$$K_a = k_a H$$

$$k_a = \frac{(1 + \frac{p}{100})^n}{(1 + \frac{p}{100})^n - 1} * \frac{p}{100} \quad (1)$$

jossa

K_a = vuotuismaksu (€/a)

k_a = annuiteettikerroin

H = hankintahinta

p = korkoprosentti

n = poistoaika (a)

Valaisimien käyttöikään perustuen poistojaksi voidaan laskea 10–20 vuotta, valaistuksen johdotuksen poistoaika voi olla pidempi. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

9.1.2 Muuttuvat kustannukset

Muuttuvat kustannukset koostuvat energia-, polttime-, huolto- ja korjauskustannuksista. Muuttuviin kustannuksiin ei lasketa peruskorjaus tai perusparannuksen aiheuttamia kustannuksia vaan ne tulisi sisällyttää kiinteisiin kustannuksiin. Energian siirron häviökustannukset kuuluvat muuttuviin kustannuksiin, mutta niillä ei ole käyttäjän kannalta suurtakaan merkitystä. (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ym. 1996.)

Energiakustannukset ovat suurimpia kustannustekijöitä valaistuksessa. Kustannus koostuu energian ostotariffista, valaistuksen sähkötehosta ja vuotuisesta käyttöajasta. Energiakustannukset yleistariffilla saadaan kaavalla

$$K_e = P t_{kl} e_1 \quad (2)$$

jossa

K_e = vuotuiset energiakustannukset (€/a)

P = valaistuksen liittymäteho

t_{kl} = valaistuksen vuotuinen polttoaika (h/a)

e_1 = energiamaksu (€/kWh)

Valaistuksen vuotuinen polttoaika riippuu paljolti ohjaustavasta. Nykyisin suurehko ulkovalaistukset ohjataan toimimaan ainakin hämärä- ja kellokytkin yhdistelmällä. Pieniä ulkoalueita voidaan valaista liiketunnistimilla. Polttoaikaan vaikuttaa oleellisesti hämäräkytkimen kytkentäraja. Ulkoalueiden valaistuksen kytkentäarvoksi riittää tilanteesta riippuen 4-30 luxia.

Polttimoiden vaihtokustannuksiin vaikuttaa oleellisesti vaihdetaanko polttimot yksittäin vai kaikki kerralla. Yksittäisen polttimon vaihto on kaikista kalleinta ja aina kannattaa miettiä onko järkevää lähteä vaihtamaan vain yhtä poltinta jos se sijaitsee ”ei niin” tärkeällä alueella. Kun useita samanlaisia polttimoita on palanut, silloin järkevintä on vaihtaa koko alueen samanlaiset polttimot. Vielä ehjät polttimot ovat tulossa käyttöikänsä päähän ja tällöin yhden polttimon vaihtokustannukset alenevat melkoisesti. Ryhmävaihdossa polttimoiden vaihdosta aiheutuvat kustannukset lasketaan yhtäöllä

$$K_1 = n_1(h_1 + h_{rv}) / t_p \quad (3)$$

K_1 = vuotuiset polttimoiden vaihdosta aiheutuvat kustannukset (€/a)

n_1 = polttimoiden lukumäärä

h_1 = polttimon hinta (€)

h_{rv} = polttimon vaihdon työkustannus (€/kpl)

t_p = polttimoiden pitoaika (a)

Huolto- ja korjauskustannukset koostuvat valaisimien puhdistuksesta ja korjauksesta. Tarkemmin jaoteltuna kustannukset muodostuvat työpalkoista, huollossa tarvittavien apuvälineiden hankinnasta, varaosista ja puhdistusvälineistä ja – aineista. Puhdistusajan kohdaksi suositellaan alkusyksyä, jolloin on myös hyvä tarkastaa polttimoiden kunto pimeän syksyn tulo vuoksi. Kun valaisimet puhdistetaan säännöllisin väliajoin, puhdistuksesta aiheutuvat vuotuiset kustannukset saadaan jakamalla kertapuhdistusmaksu puhdistusajan pituudella:

$$K_h = n_1(h_h + h_a) / t_h \quad (4)$$

jossa

K_h = vuotuiset puhdistuskustannukset (€/a)

n_1 = valaisimien lukumäärä (kpl)

h_h = puhdistuksen työkustannukset valaisinta kohti (€/kpl)

h_a = puhdistusväline ja – ainekustannukset valaisinta kohti (€/kpl)

t_h = puhdistusjakson pituus (a)

Valaistuksen vuotuiset kustannukset saadaan laskemalla vuotuiset kiinteät ja muuttuvat kustannukset yhteen:

$$K = K_a + K_e + K_1 + K_h \quad (5)$$

jossa

K = vuotuiset valaistuskustannukset (€/a)

K_a = valaistusasennuksen hankinnasta johtuva vuotuismaksu (€/a)

K_e = vuotuiset energiakustannukset (€/a)

K_1 = vuotuiset polttimokustannukset (€/a)

K_h = vuotuiset puhdistuskustannukset (€/a)

9 KIINTEISTÖN VALAISTUS JA ENERGIAN SÄÄSTÖPOTENTIAALI

9.1 Vertailuvalaisimet

Rämälän koulun piha-alueen vertailu valaisimiksi olen valinnut Easy LED Boll 400, Philips StreetSaver ja Karluxin Tiiran. Boll 400 ja StreetSaver ovat Led valaisimia ja Tiira on monimetallivalaisin. Kaikki valaisimet käyvät suoraan entiseen alumiinitolppaan ja muistuttavat muodoltaan alkuperäistä valaisinta.

9.1.1 Easy LED Boll 400

Easy LEDin Boll 400 valaisin on toteutettu energiaa säästävällä Led tekniikalla. Valaisimen pitkäikäinen valonlähde suuntaa valon alaspäin, jolloin se ei tuota valosaastetta kuten perinteiset pallovalaisimet. Valaisin on suunniteltu ja valmistettu Suomessa ja sille on myönnetty Avainlippu ja Design from Finland tunnukset. (Easy LED Oy)

Boll 400 tekniset tiedot:

- Tehonkulutus 27 W
- Valaistusalue 360 astetta
- Käyttöjännite 230 V(AC)
- Värilämpötila 4000K tai 6500K
- Värintoisto indeksi >80
- Valaisimen elinikä >40 000h (70%)
- Kotelointiluokka IP65

Muut tiedot:

- Ulkokäyttöön
- Väri opaali
- Kupu iskunkestävää polykarbonaattia
- Syttyy heti täyteen valotehoon, myös pakkasella



KUVA 8. Easy Led Boll 400 (Easy LED Oy)

9.1.2 Philips StreetSaver

Philipsin StreetSaver on alumiini runkoinen Led valaisin. Valaisin on suunniteltu ohjaaman valon alaspäin, jolloin valosaastetta ei pääse kertymään. Valaisimen vaihto on helppo ja aikaa säästävää, sillä valaisin sisältää valmiiksi 6m:n liitosjohdon.

Tekniset tiedot:

- Tehonkulutus 56W
- Valaistusalue 360
- Käyttöjännite 230 V(AC)
- Värilämpötila 3000K tai 4000K
- Värintoisto indeksi 3000K 80 ja 4000K 70
- Valaisimen elinikä 50 000h (70%)

Muut tiedot:

- Ulkokäyttöön
- Väri tumman harmaa
- Runko alumiinia, linssin suojustus muovia
- Valaisin on IK08-luokiteltu



KUVA 9. Philips StreetSaver (Philips)

9.1.3 Karlux Tiira

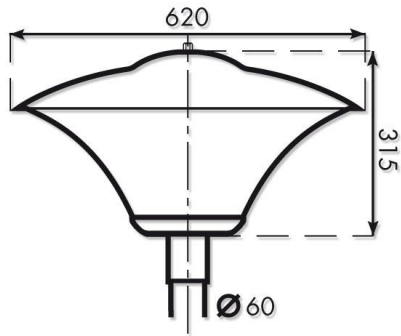
Karluxin Tiira on sinkitty teräsrakenteinen valaisin. Valaisinta on saatavana 70W:n monimetallilla ja 125W:n elohopealamppu polttimolla. Tässä työssä käytän 70W:n monimetallia. Valaisin suuntaa valon alaspäin, estäen valosaastetta. (Karlux Oy)

Tekniset tiedot 70W MASTER CityWhite CDO-ET monimetallilla:

- Tehonkulutus 70W
- Käyttöjännite 230 V(AC)
- Värilämpötila 2900K
- Värintoisto indeksi 87
- Polttimon elinikä 20 000h (50 %)
- Lämpenemisaika 90 % 3minuuttia
- Jälleensyttymisaika max 720 sekuntia

Muut tiedot:

- Ulkokäyttöön
- Väri valkoinen, musta tai harmaa
- Kupu iskunkestävää opaaliakryyliä
- Kotelointiluokka IP 44



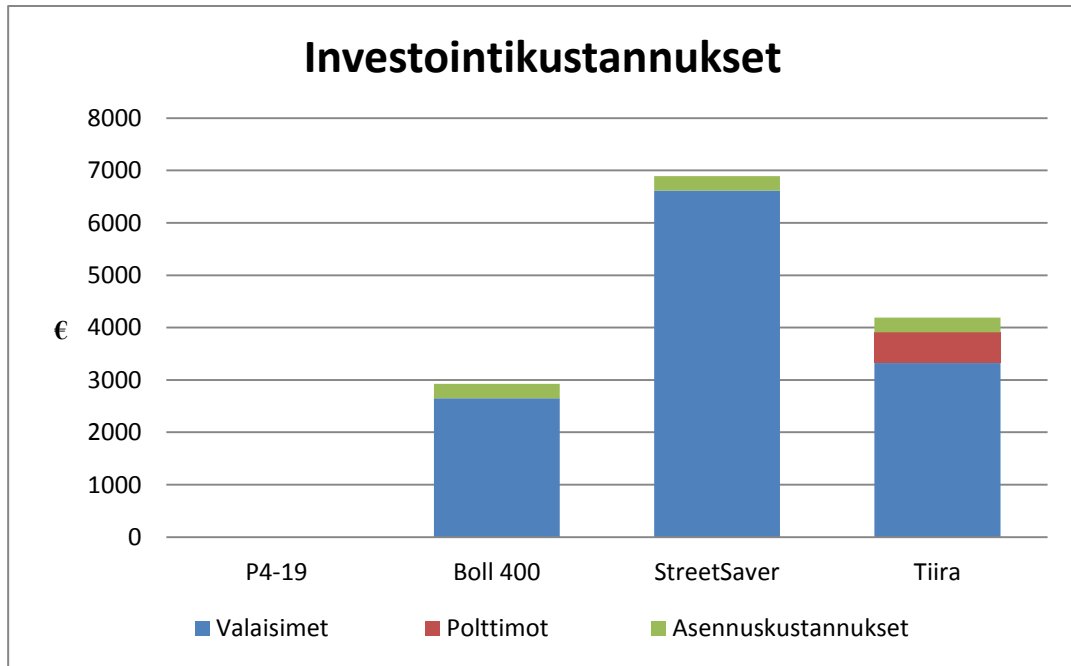
KUVA 10. Karlux Tiira (Karlux Oy)



KUVA 11. Monimetallilamppu (Philips)

9.2 Investointikustannukset

Investointikustannuksien selventämiseksi jaoin kustannukset kolmeen lohkoon: valaisin-, polttimo- ja asennuskustannuksiin. Investointikustannukset nykyiselle ja vertailuvalaisimille on tarkemmin liitteessä 1. Kuva 12 sisältää tuotteiden investointikustannukset kokonaisuudessaan ohjehinnalla, sisältäen arvonlisäveron 24 %.

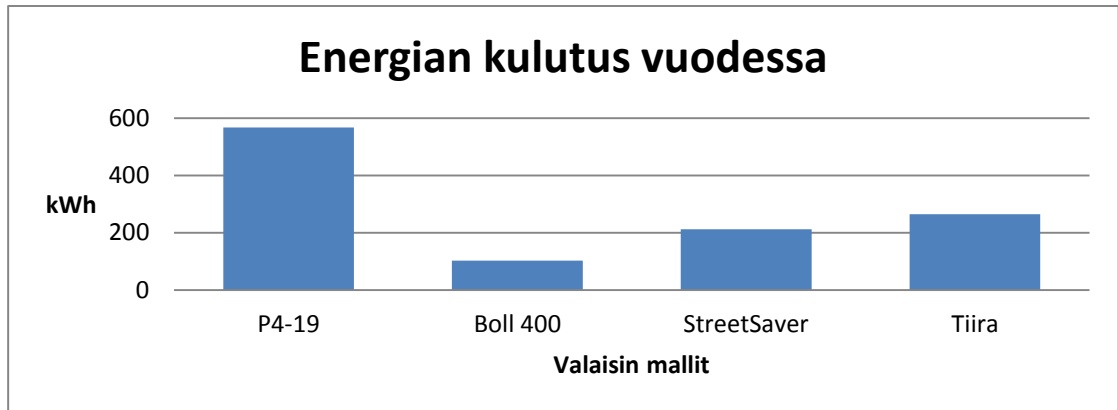


KUVA 12. Investointikustannukset eri valaisimilla

Nykyinen valaistus on toteutettu Idmanin P4-19 valaisimilla, joten sille ei koidu investointikustannuksia. Vertailuvalaisimien hinnat on laskettu ohjehinnoilla, joten kustannuksissa ei näy mahdollisia paljousalennuksia. EasyLedin Boll 400 ja Philipsin StreetSaver sisältävät valmiiksi polttimon.

9.3 Energiakustannukset

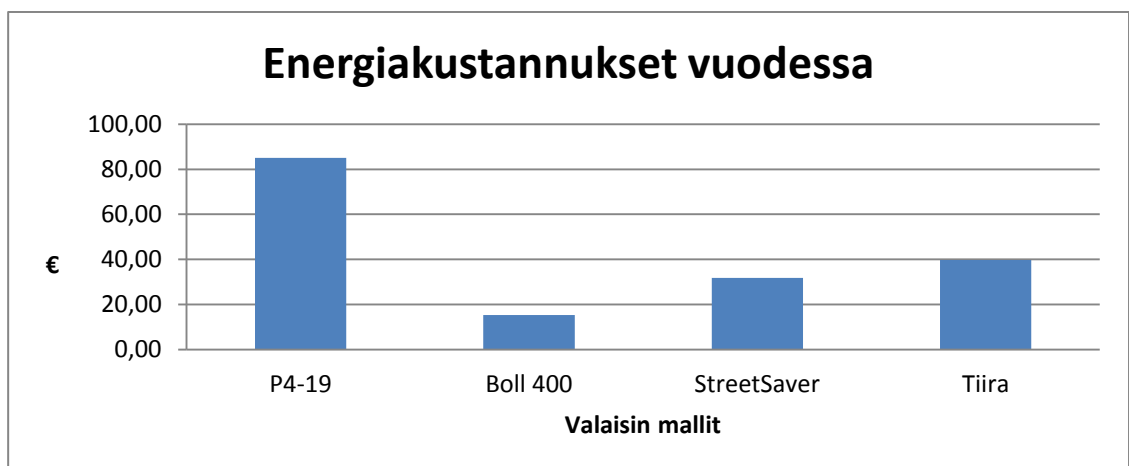
Energiakulutusta laskettaessa, kulutukseen vaikuttavat valaistuksen käyttöaika ja polttimen teho. Tarkkaa valaistuksen käyttöaika ei ollut saatavilla, mutta riittävän tarkan käyttöajan sain maantieteellisesti Mikkelin korkeudelle sijoitettujen katuvalojen käyttöajan keskiarvosta. Valaistuksen käyttöaika laskuissa on 3781h / vuosi. Tarkemmat arvot ovat liitteessä 1.



KUVA 13. Energian kulutus vuodessa eri valaisimilla

Kuvasta 13 havaitaan että nykyinen elohopealampulla varustettu P4-19 valaisin kuluttaa yli kaksinkertaisesti enemmän energiaa vertailuvalaisimien eniten kuluttavaan Tiiraan verrattuna. Led tekniikalla varustetut EasyLed Boll 400 kuluttaa noin 102 kWh ja Philipsin StreetSaver yltäessä noin 212 kWh vuodessa. Energian kulutuksellisesti Led tekniikka on taloudellisin verrattuna nykyiseen elohopeaan ja jopa Tiiran monimetal-liin.

Energiakustannus on verrannollinen energian kulutukseen. Tässä tutkimuksessa energian hintana on käytetty 0,15 €/kWh.

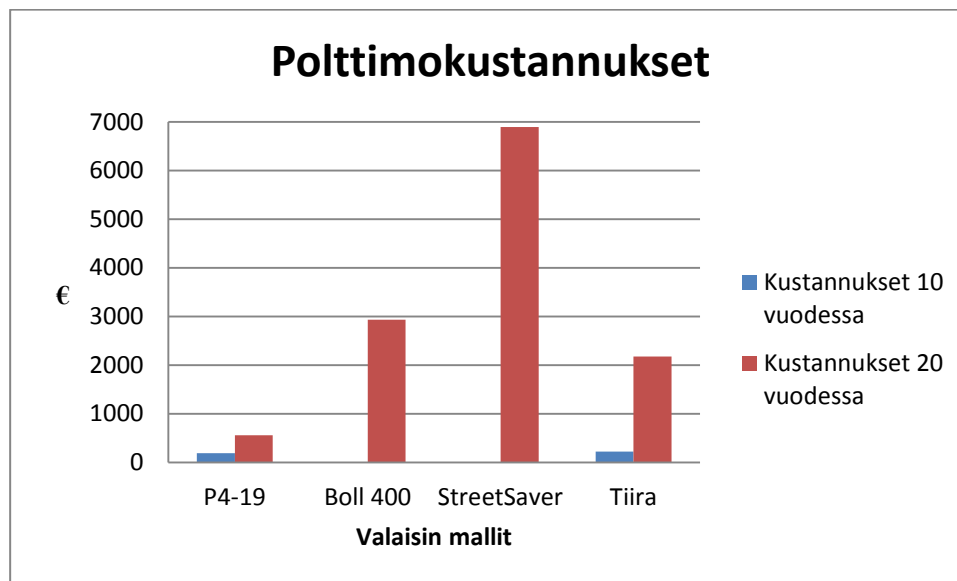


KUVA 14. Energiakustannukset vuodessa eri valaisimilla

Kuvasta 14 havaitsemme, että jo 7 valaisimen ryhmässä on suuret energiakustannus vaihtelut. Vähäenerginen Easy Led Boll 400 on yli viisi kertaa energiakustannustehokkaampi kuin nykyinen P4-19 valaisin.

9.4 Polttimokustannukset

Led valaisimien pitkästä käyttöiästä johtuen, nykyisin suurin osa ulkovalaistukseen käyvästä Led valaisimista valmistetaan huoltovapaiksi. Huoltovapaa tarkoittaa sitä, että kun polttimo on tullut käyttöikänsä päähän, niin valaisin vaihdetaan kokonaan uuteen valaisimeen. Ei ole kannattavaa alkaa valaisin valmistajien varastoida tämän päivän Led tekniikkaa hyllyihinsä, kun Led tekniikka etenee koko ajan eteenpäin.



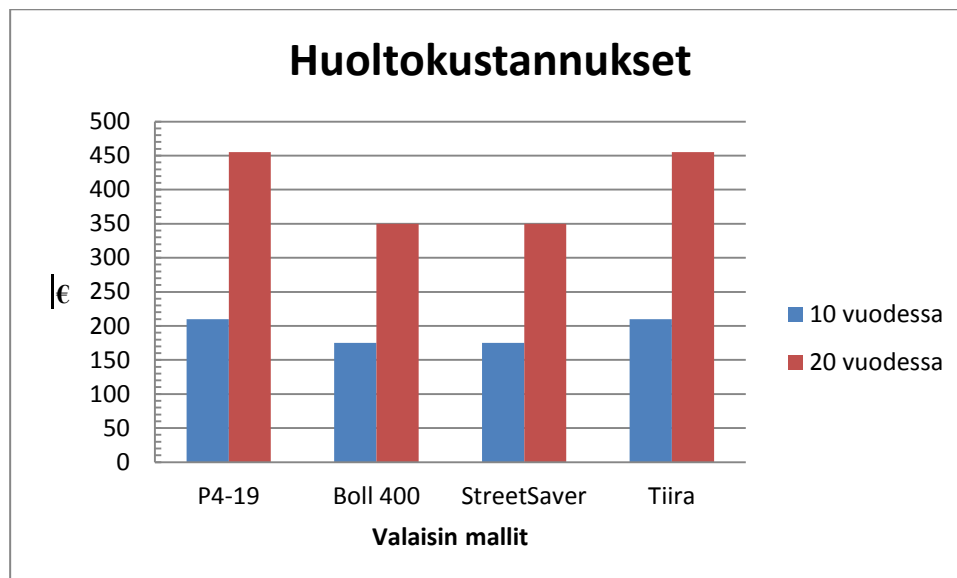
KUVA 15. Polttimokustannukset eri valaisimilla

Kuvassa 15 on laskettu polttimokustannukset 20 vuoden ajalta vaihtokustannuksineen. Havaitaan Led-tekniikan tuoma vaikeus polttimokustannuksien laskuun. Nykyisin käytössä oleva P4-19 valaisimen käyttämä elohopealamppu on hankintahinnaltaan todella kustannustehokas, jos katsotaan vain polttimokustannuksia. Pitkälle tulevaisuuteen käytössä vielä oleva Tiiran monimetallilamppu on moninkertaisesti hinnakkain elohopealamppuun nähden. Kyseisillä lamput on suunnilleen samat paloajat, mutta monimetalli on hankintahinnaltaan kalliimpi.

Nykyään useat Led-valaisimien valmistajat eivät valmista ”vaihtopolttimoa” ulkovalaisimiin. Tästä johtuen olen polttimokustannuksiin laskenut samanlaiset uudet Led valaisimet, jotka olisivat vaihdettava reilun 10 vuoden käyttöään jälkeen. Siinä ajassa Led tekniikan oletetaan menevän roimasti eteenpäin ja hankintahintojen laskevan tuotanto määrien kasvaessa.

9.5 Huoltokustannukset

Suomen ilmasto asettaa ulkovalaisimille äärimmäiset olosuhteet. Valaisimien on kestettävä kesähelteistä talven koviin pakkasiin. Valaisimien käyttöikä voidaan pidentää säännöllisellä huollolla. Ulkovalaisimiksi luokitellut valaisimet ovat vesitiiviitä, mutta hienojakoinen pöly ja ilmansaasteet pääsevät vesirei'istä tunkeutumaan valaisimen sisälle. Polttimon vaihdon yhteydessä on hyvä puhdistaa valaisin sisäpuolelle kertyneestä liasta. Ulkovalaisimet suositellaan puhdistamaan ulkopuolelta liasta vähintään kahden vuoden välein. Näin valaisin säilyy puhtaana ja antaa valon kirkkaana ympäristöön.



KUVA 16. 10 ja 20 vuoden huoltokustannukset eri valaisimilla

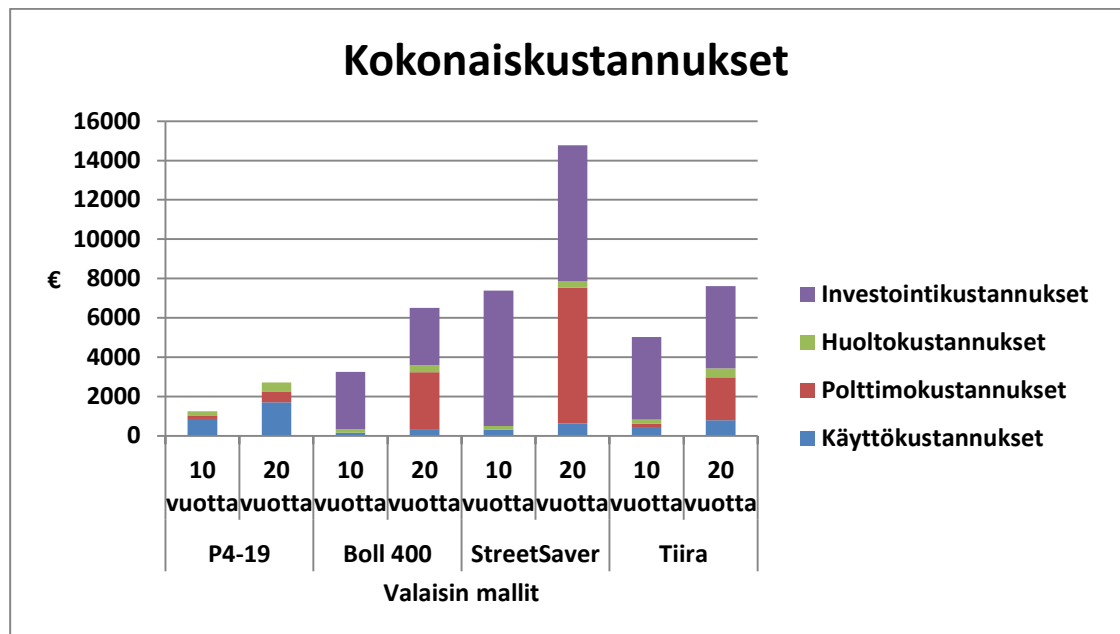
Kuvassa 16 on esitetty valaistuksen huoltokustannukset. Kustannukset sisältävät ulko-kuoren puhdistuksen kahden vuoden välein ja sisäpuolen puhdistuksen polttimon vaihdon yhteydessä. Havaitaan, että huollollisesti tämän tutkimuksen Ledvalaisimet ovat kustannukseltaan edullisempia kuin muut valaisimet. Tämä johtuu Led-valojen huoltovapaa tyypistä, jolloin Led valaisimia ei voi puhdistaa sisältä polttimon vaihdon yhteydessä ja yksi työvaihe jää kustannuksista pois.

Huoltokustannukset muodostuvat myös korjauskustannuksista. Korjauskustannuksia on vaikea arvioida etukäteen, jollei jopa mahdotonta. Nykyisille Led valaisimille valmistajat antavat pääsääntöisesti viiden vuoden takuun, jolloin valmisteviat kyllä ennät-

tävät tulla esiin valaisimen elinkaaren aikana. Pääasiassa korjauskustannukset muodostuvat ilkvallan ja huoltotoimenpiteiden laiminlyönnin summasta.

9.6 Kokonaiskustannukset

Valaistuksen kokonaiskustannukset koostuvat kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista. Tässä tutkimuksessa kustannukset koostuvat investointi-, käyttö-, polttimo- ja huoltokustannuksista.



KUVA 17. Kokonaiskustannukset 10 ja 20 vuodessa eri valaisimilla

Kuvasta 17 havaitaan, että investointikustannukset ovat jokaisella valaisin mallilla suurin menoerä tarkisteltuna kokonaiskustannuksina. Nykyisellä P4-19 valaisimella ei ole investointi kustannuksia.

Led tekniikan tuoma hyöty näkyy parhaiten käyttökustannuksissa. Tarkastelemalla kuvasta 17 havaitaan käyttökustannuksien ero Led valaisimien ja P4-19 valaisimen välillä. Pidemmällä aikavälillä Led valaisimien hyöty tulee esille matalina käyttökustannuksina.

Ulkokäyttöön suunniteltujen Led valaisimien polttimokustannukset tuottavat samansuuruiset kustannukset kuin investointikustannukset. Kustannus johtuu siitä, että Led

ulkovalojen valmistajilla ei ole tarjota tällä hetkellä ns. vara polttimoa. Toisin sanoen kun Led valaisin on poltettu tiensä päähän, on tutkittava onko valmistajalla vara Led polttimoa tai kokonaan uuden valaisimen hankinta. Monimetallilamppua käyttävän Tiiran polttimokustannukset eivät aivan nousu samalle tasolle 20 vuodessa kuin Led valaisimien kustannukset. Kumminkin polttimokustannukset Tiiralla on toiseksi korkein menoerä kokonaiskustannuksilla. Nykyisin käytössä oleva P4-19 valaisimen polttimokustannukset ovat matalat johtuen elohopealampun alhaisesta hankinta hinnasta.

Huoltokustannukset ovat kokonaiskustannuksissa pienin menoerä. Led valaisimilla huolto jää vähemmälle kuin perinteiset monimetalli ja elohopea valaisimilla, johtuen ettei Led valaisin tarvitse samanlaista sisäistä huoltoa kuin perinteiset valaisimet.

10 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tavoitteena oli selvittää elohopealampulle korvaavia mahdollisuuksia tulevaisuudessa, painottaen energiatehokkuutta. EuP-direktiivin vaikutuksesta elohopealamppujen valmistus lakkaa 2015 vuoden jälkeen, jolloin markkinoilla on saatavilla elohopealamppuja aina 2020-luvulle asti. Direktiivi vaikuttaa myös suurpainenatriumlamppuihin, painottaen lampun valotehokkuutta. Markkinoilta häviää värintoistoltaan hyvät valkoisen valon lamput. Direktiivin myötä monimetallilamppu tulee nostamaan entistä enemmän suosiota valaistuksessa, joskin Led-valaistus pystyy jo nyt kilpailemaan tietyissä määrin monimetallilampun kanssa.

Tällä hetkellä Led-tekniikka kehittyy vielä kokoajan eteenpäin, jolloin pienistä tuotantoeristä johtuen Led-valaisimet ovat hankinta hinnaltaan huomattavasti kalliimpia kuin monimetallivalaisimet. Monimetallivalaisin on vielä tällä hetkellä hyvinkin varteenotettava vaihtoehto ulkovalaistukseen. Tällä hetkellä Led-valaisimien valmistajat eivät valmista ulkovalaisimiin varamoduuleita, sillä Led-tekniikan nopean kehityksen myötä ei ole järkevää varastoida vanhaa tekniikkaa. Kun tämän päivän Led-valaisimet ovat käyttöikänsä päässä, on hyvinkin mahdollista, ettei niihin saa enää vara Led-moduuleita. Tämä aiheuttaa investointilaskuihin Ledin osalta tietynlaisen vaikeuden. Led valaisimien kannalta onkin järkevää tarkastella ensisijaisesti noin 10 vuoden kuin 20 vuoden kustannuksia.

10 vuoden kokonaiskustannuksia tarkasteltaessa, kokonaiskustannuksiltaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi tuli Easy LEDin Boll 400- valaisin. Toiseksi edullisimmaksi nousi Karluxin monimetalli valaisin Tiira, ollen noin 2 000 € kokonaiskustannuksiltaan kalliimpi kuin edullisin malli. Kallein versio Philipsin Led-valaisin StreetSaver oli noin 4 000 € kalliimpi kuin Easy LEDin Boll 400- valaisin.

Energiankulutuksen ja huollon kannalta Led-valaisimet olisivat kiistatta hyvä vaihtoehto korvaamaan elohopeahöyrylampun. Tällä hetkellä markkinoilla on kuitenkin hankintahinnaltaan monen hintaisia Led-valaisimia, jolloin monimetallivalaisimet ovat vielä tällä hetkellä varteenotettava investointikohde. 2010-luvun loppupuolella, kun elohopeahöyrylamppujen tilalle on investoitava viimeistään uudet valaisimet, Led-valaistuksen tekniikka on mennyt huomattavasti eteenpäin. Markkinatilanteen muuttuessa ja tuotantoerien kasvaessa hankintahinnat tulevat alentumaan ja näin ollen investointikustannukset Led-valaisimilla tulevat laskemaan. Ulkoalueiden valaistus tullaan tulevaisuudessa suurella todennäköisyydellä hoitamaan Led-tekniikkaa käyttäen.

Valaistuksen kustannuksissa suurin menoerä on investointikustannukset. Mikkelin kaupungin tilakeskuksen olisikin järkevää tutkia omistamiensa kiinteistöjen ulkovalaistuksen kunto sekä elinikä ja kartoittaa samanlaisten ulkovalojen sopiminen useampaan kiinteistöön. Tällöin hankinta määrät saadaan suuremmiksi ja yhden valaisimen investoinnin hinta alhaisemmaksi. Tällä tavalla investointikustannukset saadaan kokonaisuudessaan laskemaan. Nyt työssä tarkasteltiin kustannuksia ja toisaalta kustannussäästöjä vain yhden kiinteistön osalta, mutta siitä saadaan hyvä perusta lähteä laskemaan kustannuksia ja kustannussäästöjä useamman kiinteistön osalta.

LÄHTEET

1. Ilmatieteenlaitos. 2004. Valo ja spektri.
WWW-dokumentti.
<http://www.geo.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/valonsade/spektri.html>
Päivitetty 8.12.2004. Luettu 12.11.2012.
2. Tiensuu, Antti 2010. Uusi valaistuskirja. Viherympäristöliiton ry julkaisu 48.
Helsinki: LiCon-AT Oy.
3. Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry & Suomen Valoteknillinen Seura ry 1996.
Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
4. Näkövammaisten keskusliitto ry. 2011. Heikkonäkö. WWW-dokumentti
<http://www.nkl.fi/fi/etusivu/tietoa/ymparisto/heikkonako>
Päivitetty 19.11.2012. Luettu 19.11.2012.
5. Halonen, Liisa & Lehtovaara, Jorma 1992. Valaistustekniikka. Jyväskylä:
Gummerus Kirjapaino Oy.
6. Hietaranta, Jari 2012. Seinäjoen ulkovalaistusverkon ohjausjärjestelmän uusiminen. Opinnäytetyö. Vaasan Ammattikorkeakoulu.
7. Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry & Suomen Valoteknillinen Seura ry 1999.
Lamput ja Valaisimet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
8. Tukes. 2009. Sähkötuteopas. WWW-dokumentti.
<http://www.tukes.fi/sahkotuteopas/arvokilpi.html>
Päivitetty 25.5.2011. Luettu 28.11.2012

9. Motiva Oy. 2009. Valaistusta on uusittava. WWW-dokumentti.
http://www.motiva.fi/files/2096/Valaistusta_on_usittava_Tarkeaa_tietoa_kun_tien_paattajille.pdf Päivitetty 1.6.2009. Luettu 28.11.2012.

10. Motiva Oy. 2009. EuP-direktiivin vaikutusten arviointi: tie- ja katuvalaistus sekä toimistovalistus. WWW-dokumentti.
http://www.motiva.fi/files/2648/EuP-direktiivin_vaiikutusten_arviointi_Tie-ja_katuvalaistus_seka_toimistovalistus.pdf
Päivitetty 20.11.2009. Luettu 28.11.2012.

11. Tuominen, Aulis. Turun Yliopisto. 2012. Led. WWW-dokumentti.
<http://www.Led1.fi/fi/node/289>
Päivitetty 30.11.2012. Luettu 30.11.2012.

12. Mikkelin kaupunki. 2011. Tilakeskus. WW-dokumentti
http://www.mikkeli.fi/en/sisalto/02_palvelut/01b_asuminen_rakentaminen_ja_liikenne/17_tilakeskus/
Päivitetty 13.12.2012. Luettu 13.12.2012.

13. Mikkelin kaupunki. 2010. Rämälän koulun historiaa. WWW-dokumentti
http://www.mikkeli.fi/fi/sisalto/peruskoulut/ramala/sisalto/08_historiikki
Päivitetty 9.9.2013. Luettu 9.9.2013

14. Mikkelin kaupunki. 1986. Rämälän ala-aste, sähkösuunnitelmat.

15. Easy LED Oy. 2012. Boll 400. WWW-dokumentti
<http://www.easyLed.fi/fi/tuotteet/aluevalaistus/boll>
Päivitetty 24.11.2012. Luettu 8.12.2012.

16. Philips. StreetSaver. WWW-dokumentti
<http://www.ecat.lighting.philips.fi/l/uudet-tuotteet/uudet-Ledtuotteet/streetsaver/61638/cat/>
Päivitystietoja ei saatavilla. Luettu 5.9.2013.

17. Karlux Oy. Tiira. WWW-dokumentti.

<http://www.karlux.fi/fi/mallisto/tiira-puistovalaisin/>

Päivitystietoja ei saatavilla. Luettu 5.9.2013.

18. Philips. MASTER CityWhite CDO-ET. WWW-dokumentti.

http://www.ecat.lighting.philips.fi/l/lamput-ammattivalaistus/kaasupurkauslamput-hid/keramiset-lamput-ulkovalaistukseen/master-citywhite-cdo-et/928154708835_eu//

Päivitystietoja ei saatavilla. Luettu 5.9.2013.

LIITTEET

Liite 1, kustannukset

INVESTOINTIKUSTANNUKSET

Valmistaja	Idman	EasyLed	Philips	Karlux
Valaisin	P4-19	Boll 400	StreetSaver	Tiira
Hinta alv. 0% (€)	0,00	305,10	762,00	383,00
Hinta alv. 24% (€)	0,00	378,32	944,88	474,92
Polttimo alv 0% (€)	0,00	0,00	0,00	67,50
Polttimo alv 24% (€)	0,00	0,00	0,00	83,70
Kokonaishinta alv.24% (€)	0,00	378,32	944,88	558,62
Kappalemäärä	7	7	7	7
Valaisin yht. (€)	0	2648,268	6614,16	3324,44
Polttimot yht (€)	0	0	0	585,9
Kaikki yht. (€)	0	2648,268	6614,16	3910,34

ASENNUSKUSTANNUKSET

Työ 30min €/kpl	0,00	40,00	40,00	40,00
Asennuskustannukset yht. (€)	0,00	280,00	280,00	280,00
Investointikustannukset yht.	0,00	2928,27	6894,16	4190,34

PALOAIKA

Ryhmä1	3824
Ryhmä2	3769
Ryhmä3	3750
Keskiarvo	3781

KÄYTTÖKUSTANNUKSET

Kokonaisteho (kW)	0,15	0,027	0,056	0,07
Käyttöaikavuodessa (h)	3781	3781	3781	3781
Energian kulutus kWh/a	567,15	102,087	211,736	264,67
Energian hinta €/kWh	0,15	0,15	0,15	0,15
Kustannukset vuodessa	85,07	15,31	31,76	39,70
Kustannukset 10 vuodessa	850,73	153,13	317,60	397,01
Kustannukset 20 vuodessa	1701,45	306,26	635,21	794,01

POLTTIMOKUSTANNUKSET

Polttimon elinikä (h)	20000	40000	50000	20000
Vaihtoväli (a)	5,290	10,579	13,224	5,290
Polttimo (€)	6,59	378,32	944,88	83,7
Vaihtokustannus (€)	20	40	40	20
Kustannukset 10 vuodessa	186,13	0	0	223,7
Kustannukset 20 vuodessa	558,39	2928,27	6894,16	2177,7

HUOLTOKUSTANNUKSET

Puhdistus ulkoa € kpl	5	5	5	5
Puhdistus sisältä € kpl	5	0	0	5
10 vuodessa	210	175	175	210
20 vuodessa	455	350	350	455

Valaisin	P4-19	Boll 400	StreetSaver	Tiira
Investointikustannukset yht.	0	2928,268	6894,16	4190,34
Käyttökustannukset 10 vuodessa	850,725	153,1305	317,604	397,005
Käyttökustannukset 20 vuodessa	1701,45	306,261	635,208	794,01
Polttimokustannukset 10 vuodessa	186,13	0	0	223,7
Polttimokustannukset 20 vuodessa	558,39	2928,268	6894,16	2177,7
Huoltokustannukset 10 vuodessa	210	175	175	210
Huoltokustannukset 20 vuodessa	455	350	350	455