

Antti Aarnio

# SIIPIKARJATILOJEN VALAISTUKSEN UUDENAIKAISTAMINEN

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2010

# SIIPIKARJATILOJEN VALAISTUKSEN UUDENAIKAISTAMINEN

Aarnio, Antti  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Elokuu 2010  
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri  
Sivumäärä: 27  
Liitteitä: 1

Asiasanat: siipikarja, valaistus, energiansäästö, hehkulamppu

---

Opinnäytetyön aiheena oli siipikarjatilojen valaistuksen uudistaminen. Erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja tutkittiin ja vertailtiin, jotta löytyisi tarkoituksenmukaisin korvaava ratkaisu vielä laajalti käytössä oleva hehkulamppuvalaistuksen tilalle siipikarjatiloilta. Tilat, jotka vielä käyttävät hehkulamppuvalaistusta, ovat pakotettuja uudistamaan valaistusjärjestelmänsä, koska EU-direktiivi kieltää hehkulamppujen myynnin lähitulevaisuudessa.

Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa on kuvattu ja vertailtu erilaisten lamppujen ja valaistusten ominaisuuksia. Tässä teoriaosiossa selvennetään myös valon ominaisuuksia ja niiden vaikutusta siipikarjatilojen valaistusjärjestelmien suunnittelussa. Tässä osuudessa käsitellään myös erilaisten valaistusyhteyksien pituuksien merkitystä siipikarjatilan tuottavuuteen.

Työ toteutettiin case-tilan lähtötietoihin perustuen ja tavoitteena oli tuottaa case-tilalle valaistuksen uudistamiseen toteutusehdotus. Toteutusehdotus hehkulamppuvalaistuksen korvaavaksi järjestelmäksi on energiansäästölamppuvalaistus. Tämä ratkaisu osoittautui helpoimmaksi asentaa ja kustannustehokkaimmaksi vaihtoehdoksi pitkällä aikavälillä tarkasteltuna.

## RENEWAL OF LIGHTING ON POULTRY FARMS

Aarnio, Antti

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

August 2010

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages: 27

Appendices: 1

Keywords: poultry, lighting, energy saving, incandescent lamp

---

The topic for this thesis was to find a solution to the renewal of lighting in poultry farms. Different kind of solutions were studied and compared with each other to find the most suitable replacement for the commonly used incandescent lighting. The farms that are still using incandescent lighting are forced to renew their lighting system due the EU-directive that will prohibit the marketing of the incandescent lamps in the near future.

Different kinds of lights and lighting systems are described and compared with each other in the theoretical part of this thesis. The characteristics of light and its effects on designing the lighting systems of the poultry farms are also studied. The effect of the length of the photo period on the productivity of a poultry farm was also examined.

The work was carried out based on the information from the case-farm and the goal was to propose a solution for the renewal of lighting in that case-farm. The outcome was to propose a compact fluorescent lamp based lighting solution as a replacement for the current incandescent lighting. This solution proved to be the easiest to install and the most cost efficient solution in the long term.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	NYKYTILANTEEN KUVAUS.....	6
2.1	Valon laadun merkitys siipikarjan kasvatuksessa.....	6
2.2	Lamppujen ominaisuuksien vertailua .....	7
2.3	Valaistussyklit ja niiden pituuksien merkitys .....	9
2.4	Valaisimien valinta .....	10
2.5	Hehkulamppuvalaistus.....	11
2.6	Loisteputkivalaistus .....	12
2.7	Halogeenilamppuvalaistus .....	14
2.8	Energiansäästölamppuvalaistus .....	15
2.9	LED valaistus.....	16
3	KEHITTÄMISTEHTÄVÄ JA TAVOITTEET.....	18
4	KEHITTÄMISPROSESSIN KUVAUS.....	19
5	CASE: KNUUTILAN SIIPIKARJATILA, LOIMAA.....	20
5.1	Case tilan valaistuksen nykytilanne.....	20
5.2	Case tilan työvaiheet.....	21
6	KORVAAVIEN VALAISTUSVAIHTOEHTOJEN VERTAILU .....	22
7	KEHITTÄMISTOIMINNAN TULOKSEN KUVAUS.....	24
8	ARVIONTI.....	25
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Energiatehokkuus ja ekologisuus ovat tämän opinnäytetyön kantavia ajatuksia suunniteltaessa uusia ja innovatiivisia vaihtoehtoja siipikarjatilojen valaistukseen. Uusien teknologioiden hyödyntäminen ja erilaisten vaihtoehtojen punnitseminen valaistusvaihtoehtoja mietittäessä on äärimmäisen tärkeää. Tällä hetkellä yleisin valaistusmuoto on hehkulamppu, joka luultavammin lähitulevaisuudessa tullaan kieltämään kokonaan EU:n alueella. Tästä johtuen pitää olla toimiva ja kustannustehokas vaihtoehto hehkulamppuin toteutetun valaistuksen korvaavaksi järjestelmäksi.

EU-direktiivin mukaan yleisvalaistuksessa käytettävät hehkulamput poistuvat asteittain. Direktiivin mukaan himmeitä lamppeja - paitsi A-luokan energiansäästölamput - ja yli 80 W:n kirkkaita lamppeja ei saa enää tuoda markkinoille EU:n alueelle 1.9.2009 alkaen. Seuraavana vuonna poistuvien listalla ovat 75 W:n ja sitä suurempi tehoiset lamput ja 2011 yleisesti käytössä olevat 60 W:n hehkulamput. Vuoden 2012 syksyllä ei saa enää tuoda markkinoille yli 7 W:n hehkulamppuja. Myymälät saavat myydä poistuvia lamppeja niin kauan kuin heillä niitä on, mutta ko. lamput katoavat markkinoilta sitä mukaa, kun ne loppuvat keskusliikkeiden varastoista. Kielto ei koske erikoislamppeja kuten esim. uunilamppua. (Energiateollisuus ry:n www-sivut 2011)

Työssä on ensin käsitelty siipikarjatilojen valaistuksen nykytilannetta kartoittaen tällä hetkellä käytössä olevia järjestelmiä. Sitten käydään läpi muutamia vaihtoehtoja nykyisille järjestelmille ja tuodaan esille kunkin järjestelmän edut ja haitat. Tämän jälkeen on analysoitu kyseisissä järjestelmissä todetut edut ja haitat. Näin on päädytty ehdottamaan parasta vaihtoehtoa, jota tämän työn puitteissa on käsitelty.

Luultavasti elektroniikan ja valaistuslaitteiden nopean kehityksen johdosta tämän työn tulokset eivät ole välttämättä valideja muutamien vuosien kuluttua (kirjoitushetkestä).

## 2 NYKYTILANTEEN KUVAUS

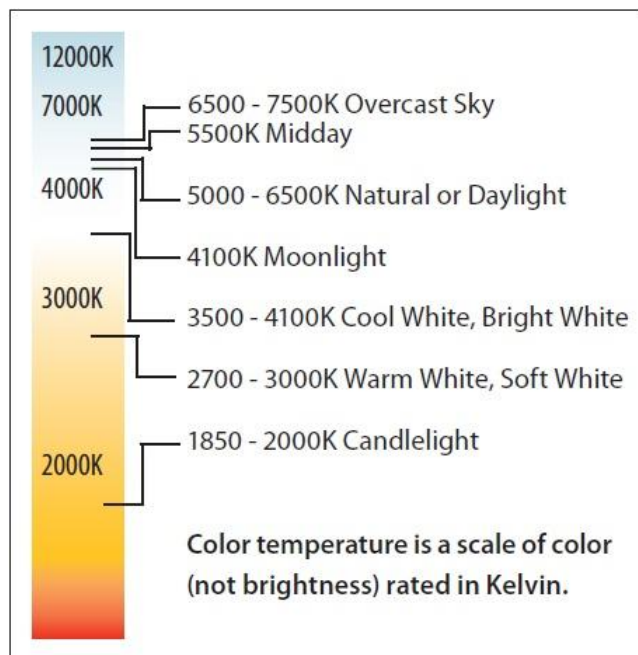
Siipikarjatilojen tämänhetkinen valaistus on pääsääntöisesti toteutettu hehkulamputilla. Tässä kappaleessa käydään läpi erilaisia valaistusvaihtoehtoja, joita on nykypäivänä tarjolla siipikarjatilojen valaistukseen. Nämä erilaiset vaihtoehdot toimivat lähtökohtana vaihtoehtoisen valaisumenetelmän valitsemiseen hehkulamppuvalaistuksen korvaavaksi järjestelmäksi.

### 2.1 Valon laadun merkitys siipikarjan kasvatuksessa

Valaistuksella on suuri vaikutus siipikarjan kasvuun ja tuotannon tehokkuuteen. Valaistuksen uusimisen yhteydessä pitää ottaa huomioon myös valon ominaisuudet ja sen merkitys siipikarjan hoidossa, eikä pelkästään taloudellisia näkökohtia.

Puhuttaessa valon ominaisuuksista ja laadusta, niin pitää ensin tietää millä yksiköillä valon ominaisuuksia mitataan ja millaisia termejä käytetään.

- Lampun tuottamaa valoa mitataan lumeneissa. Esimerkiksi 40W hehkulamppu tuottaa noin 13 lumenia per watti (13 lm/W).
- Valonmäärää neliometrillä mitataan luxeina. Esimerkkinä voidaan mainita normaali keskikesän aurinkoinen päivä, jolloin valon määrä on noin 80000 luxia.
- Lamppujen kestoikää mitataan tunneissa ja yleensä nämä tunti-arvot perustuvat lamppujen keskimääräiseen käyttöikänsä. Tämä keskiarvo perustuu arviointiin kuinka kauan kestää että 50% valonlähteistä on palanut loppuun.
- Värintoistoindeksillä eli Ra-indeksillä (CRI, Colour rendering index) kuvataan valon värintoistokykyä vertailuvalonlähteeseen nähden. Indeksien arvo väliltä 0-100, nolla ollen täysin spektritön valonlähde ja vastaavasti indeksillä 100 tarkoitetaan valonlähdettä, jolla on täydellinen ns. jatkuspektrininen valo (esim. auringonvalo, hehkulamppu). Valon värintoistoindeksi ei ilmaise valon väriä vaan tämä ilmastaan värilämpötiloin (Kelvin).
- Värilämpötilat ilmoitetaan Kelvin asteina (Kuva 1). Värilämpötilojen arvot kuvaavat valon sinisyyttä/punaisuutta. Mitä alhaisempi värilämpötila sitä punaisempi ”lämpimämpi” valo, vastaavasti korkean värilämpötilan omaavat valot ovat enemmän sinisen sävyisiä ”kylmiä” valoja.



Kuva 1. Esimerkkejä valon eri värilämpötiloista (Kindberg 2010, 2)

## 2.2 Lamppujen ominaisuuksien vertailua

Yleensä lamppuja ostaessa tarkistetaan lampun teho (W), hinta ja että se on oikean mallinen (oikealla kannalla, tekniikalla, jne.). Valaistusta suunniteltaessa pitää ottaa huomioon myös lampun muut ominaisuudet (Taulukko 1), jotka vaikuttavat onnistuneen valistusratkaisun toteutumiseen. Näitä ominaisuuksia ovat ainakin

- Valaisuteho (Lumena per Watti) (Kuva 2)
- Keskimääräinen käyttöikä
- Väri (esim. valkoinen, lämmin valkoinen, jne)
- Värintoistoindeksi (CRI)
- Värilämpötila (Kelvin asteina)
- Käynnistykö viiveellä
- Onko sytytin vai ei
- Käyttölämpötila
- Yleinen käyttötarkoitus

**Table 2: Lamp comparison.** Adapted from ASABE, ASAE EP344.3; Sanford, 2004; Auburn University, University of Arkansas, U.S. Department of Energy and manufacturer literature.

Lamp Type	Lumens/watt	Average Rated Life (hrs)*	Color	CRI	CCT (K)	Instant On (min.)	Ballast	Minimum Start Temp. (°F)**	Application
Standard Incandescent	5 – 30	750 – 4,000	White	98 – 100	2,700 – 2,850	Yes	No	Below 0	Indoor/outdoor
Tungsten Halogen	12 – 25	2,000 – 6,000	White	98 – 100	2,750 – 3,200	Yes	No	Below 0	Indoor/outdoor
Compact Fluorescent	50 – 80	6,000 – 12,000	White	65 – 95	2,700 – 6,500	Yes but warms up to full output	Yes	50	Indoor/outdoor, poultry houses, storage room and general lighting
Cold Cathode Compact Fluorescent	41 – 49	18,000 – 25,000	Bluish to White	82 – 84	2,200 – 4,500	Yes	Internal	-10	Indoor/outdoor, poultry, and general lighting
T-12 Fluorescent	75 – 98	6,500 – 20,000	White	52 – 95	3,000 – 6,500	Yes	Yes	50	Indoor, milking parlor, milk room, storage rooms and bay areas
T-12 High Output Fluorescent	75 – 98	6,500 – 20,000	White	70 – 95	4,100 – 6,500	Yes	Yes	-20	Indoor, milking parlor, milk room, storage rooms and bay areas
T-8 Fluorescent	75 – 98	7,500 – 20,000	White	52 – 95	3,000 – 5,000	Yes	Yes	0	General area lighting of all kinds and low bay areas
T-8 High Output Fluorescent	75 – 98	6,500 – 20,000	White	70 – 95	3,500 – 4,100	Yes	Yes	-20	Indoor, milking parlor, milk room, storage rooms and bay areas
Induction	50 – 90	60,000 – 100,000	White	80 – 90	2,700 – 6,500	Yes	Yes	-40	Where maintenance costs are high
Quartz Pulse-Start Metal Halide	60 – 80	5,000 – 20,000	Bluish	65 – 75	2,900 – 4,200	No (1 – 3)	Yes	Below 0	Indoor/outdoor including high bay and greenhouses
Ceramic Pulse-Start Metal Halide	60 – 80	20,000	Bluish	85 – 94	2,900 – 4,200	No (1 – 3)	Yes	Below 0	Indoor/outdoor including high bay and greenhouses
High-Pressure Sodium Vapor	50 – 140	15,000 – 24,000	Yellow-Orange	20 – 80	1,900 – 2,200	No (3 – 5)	Yes	Below 0	Indoor/outdoor, poultry, livestock holding areas and greenhouses
Low Pressure Sodium	60 – 150	12,000 – 18,000	Yellow	-44	1,700 – 1,800	No (7 – 15)	Yes	Below 0	Indoor/outdoor, general and security
Mercury Vapor	25 – 60	16,000 – 24,000	Bluish	50	3,200 – 7,000	No (1 – 15)	Yes		Outdoor
Light Emitting Diode	4 – 150	35,000 – 50,000	White	80 – 90	2,700 – 10,000	Yes	"Driver"	NA	Indoor/outdoor where color identification is important

All data and information are based upon a survey of literature and do not necessarily represent all available lamps.

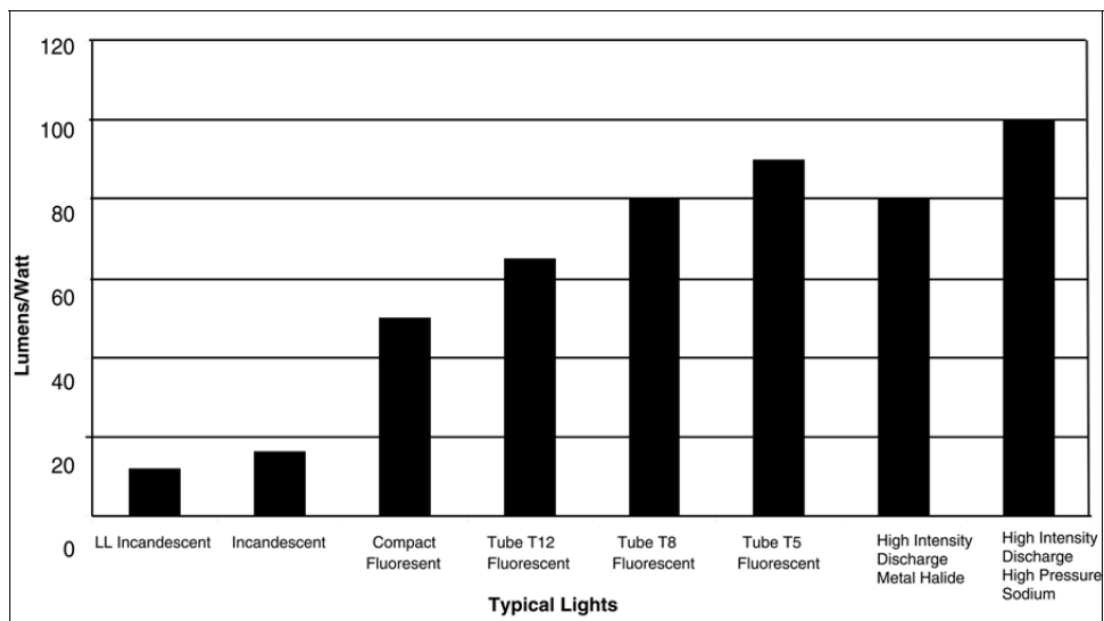
\*Average rated life may vary depending on the lamp being switched on and off and the operating environment.

\*\*Minimum start temperatures may vary depending on the lamp and ballast combination.

### Taulukko 1. Lamppujen vertailutaulukko (Kindberg 2010, 10)

Näitä edellä mainittuja ominaisuuksia vertailemalla (esim. Taulukko 2) voidaan valita sekä energian kulutukseltaan että tehokkuudeltaan, energia- ja kustannustehokkain vaihtoehto, jonka avulla pyritään toteuttamaan mahdollisimman järkevästi toteutettu ja käyttökohteeseen tarkoituksenmukainen valaistus.





Kuva 2. Lamppujen valaisutehokkuudenvertailua (Clarke & Ward 2006, 2)

### 2.3 Valaistussyklit ja niiden pituuksien merkitys

Valaistussyklien pituuksien merkityksestä on ristiriitaisia tutkimuksia ja ei ole osoittanut yksiselitteistä tutkimustulosta että valaistussyklien pituuden muutokset vaikuttaisivat merkittävästi siipikarjatilan tuottavuuteen. (Lewis & Morris 2006) Tästä huolimatta useita tutkimuksia on tehty valaistussyklien vaikutuksesta siipikarjankasvatuksessa ja näiden tutkimusten perusteella on luotu ohjeelliset optimaaliset ajat valaistussyklien pituuksille (Taulukko 3).

**TABLE 3. Suggested Lighting Guide for Poultry Production<sup>1</sup>**

Type of Poultry	Age (Weeks)	Minimum Light Intensity Lux (foot-candles)	Photo Period (hours of light per day)
<b>Chicken</b>			
Chicken Broilers	0–0.4	20–30 (2–3)	24
	0.4–4	5–10 (0.5–1)	20–12*
	4 to market	5–10 (0.5–1)	20–24*
Broiler Breeders	0–3	30–50 (3–5)	18
	4–20	10–30 (1–3)	9
	20–64	30–50 (3–5)	15
Chicken Layers	0–2	10–30 (1–3)	22–16**
	2–6	10–30 (1–3)	16–8**
	6–18	5–10 (0.5–1)	8–10**
	18–80	5–10 (0.5–1)	15
<b>Turkey</b>			
Brooder – commercial turkey hens or toms	0–0.4	90–100 (9–10)	22–24
	0.4–1.2	30–50 (3–5)	16–22
Grow Out, turkey Hens	1.2 to market	10–30 (1–3)	16
Grow Out, Toms	1.2 to market	10–0 (1–3)	16
Turkey Breeder Hens	0–5	20 (2)	24
	5–8	20 (2)	8
	8–22	20 (2)	8
	22–30	20 (2)	8
	30 and up	20 (2)	13–15
Turkey Breeder Toms	0–5	20 (2)	24
	5–30	20 (2)	13–15
	30 and up	30 (3)	13–15

<sup>1</sup> Data from various sources.

\* Broiler grow out lighting programs are specific to size of bird produced. Generally reduce lighting hours during mid-growth period to reduce metabolic disorders. Followed this with increased lighting hours just prior to market weight.

\*\* A lighting program for egg layer pullets is very dependant on the strain of layer selected.

### Taulukko 3. Suosituksia valaistussykliin pituuteen (Clarke & Ward 2006, 6)

#### 2.4 Valaisimien valinta

Valaisimien valinnalla pystytään pitkälti vaikuttamaan valon laatuun ja määrään sekä sillä on suuri vaikutus myös järjestelmän tehokkuuteen ja turvallisuuteen. Valaisimien määrän ja niiden tehokkuuden suhde pitäisi tarkkaan määrittää jotta lopputulos olisi mahdollisimman kustannustehokas. Esimerkiksi pidemmällä välillä olevia suuri tehoisia lamppeja tai pienemmällä välimatkalla sijaitsevat valaisimet pienempi tehoisilla lampeilla. Jälkimmäisessä tapauksessa saadaan yhtenäisempi valo mutta asennus ja käyttökustannukset saattavat olla korkeammat ja taas toisaalta energian kulutus pienempi kuin edellisessä. Eli valaisimien valinta on aina tapauskohtaista ja niiden sijoittelu ja määrä pitää suunnitella riittävän huolellisesti hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Valaisimien heijastuspinnat ovat ja mahdollisen kuvun valonläpäisykyky ovat tärkeitä valintakriteereitä. Heijastuspinnat mahdollistavat paremman valon suuntauksen sinne missä sitä tarvitaan ja joissain tapauksissa mahdollistavat pienempi tehoisen

lampun käyttämisen ollen näin energiatehokkaampi. Vastaavasti erilaisia diffuusoreita (valaisimien kuvuissa) voidaan käyttää jakamaan valo tasaisemmin.

Standardissa SFS 6000-7-705.559 määritellään valaisimien valinta seuraavasti:

”Valaisimien on oltava SFS-EN 60598- sarjan mukaisia ja niiden koteloitiluokka ja pintalämpötila on valittava ympäröivien alueiden ja asennuspaikkojen olosuhteiden mukaan.” (SFS 6000-7-705 2007, 418)

Edellä olevan lainauksen mukaan myös valaistavan kohteen olosuhteet pitää tarkkaan ottaa huomioon. Kanaloissa on yleensä erittäin haastavat olosuhteet (pölyä, kosteutta, kuumuutta). Pöly aiheuttaa valaisimissa huomattavan paloriskin, jos ei käytetä pölytiiviitä valaisimia. Korroosion kesto on myös yksi huomioitava asia valaisinta valittaessa. Korroosio ei saa vaikuttaa valaisimen materiaaleihin ja eikä sen kiinnitykseen/ripustukseen. Yleensä kanalassa on kuivaa ja pölyistä mutta pesunaikaan pitää valaisimien kestää myös painepesurilla pesu, joten kanalaan valittavien valaisimien olisi hyvä olla IP luokitukseltaan vesi ja pölytiiviitä (vähintään IP64 tai parempi).

## 2.5 Hehkulamppuvalaistus

Hehkulamput on lasikupu, jonka sisällä on hehkulanka minkä läpi sähkövirta johdetaan, jolloin lanka kuumenee hehkuvaksi tuottaen valoa ja lämpöä (Kuva 3). Hehkulamput värinistöindeksi  $R_a=100$ , joka on erittäin hyvä mutta valotehokkuus vastaavasti on huono, vain noin 12 lm/W.

Asennus- ja ylläpitokustannukset ovat melko alhaiset hehkulamppuja käytettäessä valaistuksessa esim. siipikarjatiloiilla. Kojien ja lamppujen hinta ja hyvä saatavuus on hehkulamppuvalaistuksen vahvuus.

Energiankulutus on hehkulamppuvalaistuksen suuri heikkous, jonka johdosta muun muassa EU:ssa on alettu kieltää hehkulamppujen myymistä tuotanto ja kotitalous-

käyttöön. Toinen suuri heikkous on hehkulampun lyhyt käyttöikä ja siitä johtuen rikinäisistä lamputa kertyy suuri määrä jätettä.



Kuva 3. Hehkulamppu (Obers 2009, 2)

## 2.6 Loisteputkivalaistus

Loisteputki ja loistelamppu ovat matalapaineisia purkauslamppuja (Kuva 4). Loistevalaisin sisältää rungon, kuristimen loistelampun ja sytyttimen. Loistelamppu on ongelmajätettä, koska se sisältää elohopeaa. Erilaisia loistelamppu runkoja on käytössä monista käyttö tarkoituksista riippuen esim. kanaloissa käytetty ”putkivalaisin” (Kuva 5).

Loistevalaisimissa käytetään vaihto- ja tasavirtaa 50/60 hertsin taajuudella. Loistelampussa on sisällä kaasua esim. argonia tai kryptonaa. Kaasua käytetään pitämään sähköpurkaukset kurissa ja helpottamaan syttymistä. Loisteputkien päissä on kuumennusvastukset joiden avulla sytytyspurkaus tapahtuu pienemmällä jännitteellä.

Loistelampuilla on laaja värisävyvalikoima hehkulampun kellertävästä taivaan siniseen. Suomessa eniten käytetyt värilämpötilat ovat 3000 ja 4000 K. Loisteputken sisäpinnassa on fluoresoivaa materiaalia, joka muuttaa elohopeahöyryn aiheuttaman

UV-säteilyn näkyväksi valoksi. Valon laatua ja sävy saadaan muutettua loisteaineen koostumusta muuttamalla.

Magneettisilla kuristimilla varustetuissa loistevalaisimissa on ongelmana näkymätön 100Hz välkyntä, joka saattaa olla haitaksi eläimien hyvinvointiin. Elektronisilla liitäntälaitteilla ja hakkureilla varustetuilla valaisimilla tätä ongelmaa ei ole. Tilat joissa välkynnästä saattaa olla haittaa kannattaa käyttää elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja valaisimia.



Kuva 4. Loisteputkia (Obers 2009, 7)





Kuva 5. Loisteputkivalaistus virikehäkeissä 2012 jälkeen (Obers 2009, 20)

## 2.7 Halogeenilamppuvalaistus

Halogeenilamppu on toimintaperiaatteeltaan lähes samanlainen kuin hehkulamppu. Lasisen suojakuvun alla on jalokaasua ja halogeenia, tästä syystä lampun sisällä olevasta hehkulangasta irronnut aine palaa takaisin hehkulankaan (Kuva 6). Tästä syystä lamppua voidaan polttaa kuumempänä ja valon tuotto on tehokkaampaa. Halogeenilamppua voidaan korvata hehkulamppu lähes joka tapauksessa, koska sen ominaisuudet

ovat lähes samat toimintalämpötilojen, valon värin ja monen muunkin asian suhteen. Hinnaltaan halogeenilamppu on hieman kalliimpi, mutta se kuluttaa noin parikymmentä prosenttia vähemmän sähköä. Värintoistoindeksi  $R_a = 100$  niin kuin hehkulampulla, mutta valontehokkuus on hieman parempi, joka on noin  $16 \text{ lm/W}$ .



Kuva 6. Halogeenilamppu (SLO:n www-sivut 2011)

## 2.8 Energiansäästölamppuvalaistus

Pienoisloistelamppu eli ns. energiansäästölamppu on toimintaperiaatteeltaan lähes samanlainen kuin loisteputki (Kuva 7). Lampun sisäpinnassa on fluoresoiva aine, joka muuttaa näkymättömän ultraviolettivalon ihmissilmän näkemäksi valoksi. Energiansäästölamppuja on ollut markkinoilla jo 1980 luvulta lähtien mutta vasta viime vuosina niiden suorituskyky on parantunut. Pienoisloistelamppujen ongelma on ollut niiden hidas syttymisaika ja lämpötilasta muuttuva valotehokkuus vasta viime vuonna on tullut markkinoille lamppuja joilla voidaan korvata esim. hehkulamput melkein missä olosuhteissa tahansa. Energiansäästölamppun huonoja ominaisuuksia on sen hankinta hinta, joka on huomattavasti kalliimpi kuin hehkulamppun mutta vastaavasti sen käyttöikä on pidempi. Toinen huono ominaisuus on sen värintoistoindeksi, joka on valon väristä riippuen  $R_a = 40-90$ . Pienoisloistelamppujen valontehokkuus riippuu lampun laadusta, joten se voi olla noin  $40-80 \text{ lm/W}$  ja tavalliset loistelampit ovat valotehokkuudeltaan noin  $80 \text{ lm/W}$ .



Kuva 7. Energiansäästölamppu

## 2.9 LED valaistus

LED valo on loistediodi, joka on puolijohdekomponentti, jonka läpi johdetaan sähkövirtaa minkä seurauksena se synnyttää valoa. Ledien valmistuksessa otetaan huomioon minkä väristä valoa ledin halutaan säteilevän.

Led valojen valo tuotetaan valoa emittoivalla diodilla, minkä toiminta perustuu puolijohteisiin. Valkoisen valon tuottaminen ledillä on hankalaa, koska valkoinen valo tuotetaan päällystämällä sinistä valoa tuottava puolijohde keltaisella fosforilla, jolloin tällä yhdistelmällä saadaan valkoista valoa. Ledin hyvä puoli on sen energia kulutus ja tärinän kesto mutta huono puoli on sen lämpötilan kesto.

Ledin ongelma on sen kuumeneminen, mistä syystä yli 0,5W ledeissä täytyy olla erillinen jäähdytyslevy. Hyvänä ominaisuutena led valossa on, että se syttyy nopeasti täyteen kirkkauteen ja toimii erittäin hyvin myös kylmissä olosuhteissa. Hyvissä olosuhteissa hyvälaatuisilla led valoilla saavutetaan jopa 40000 tunnin käyttöikä. Ledin hyvänä ominaisuutena on myös sen muunneltavuus valaisimena ja helpposuojavaus esim. led-köysi (Kuva 8). Käyttöikään vaikuttaa huomattavasti ylikuumeneminen eli jäähdyttäminen täytyy olla kunnossa muuten elinikä voi jäädä murto-osaan. Ledin elinikä katsotaan tulleen täyteen kun sen valotehosta on jäljellä enää 80%. Valkoisella ledillä on voi olla erittäin hyvä valotehokkuus jopa yli 100 lm/W, mutta led lamppujen sisältämän elektroniikan syystä ledin valotehokkuus laskee eliniän



loppuun noin puoleen. Ledin värintoistoindeksi on  $Ra = 70-90$  eli suhteellisen hyvä, joten sitä voidaan käyttää monissa eri käyttö tarkoituksissa esim. kanaloidenhäkkien valaisimessa (Kuva 9).



Kuva 8. Led-köysi



Kuva 9. Led-köysi häkkien sisään asennettuna.

### 3 KEHITTÄMISTEHTÄVÄ JA TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön tehtävänä on siipikarjatilojen valaistuksen uudistaminen vastaamaan 2009 voimaan tulleen EU direktiivin mukaisia valaistusta koskevia säännöksiä. Kyseisessä direktiivissä kielletään yli 7W hehkulamppujen myynti vuoden 2012 jälkeen, joka aiheuttaa väistämättä myös hehkulamppujen käytön lopettamisen kotitalouksissa, teollisuudessa ja maataloudessa. (*Energiateollisuus ry:n www-sivut 2011*)

Edellä mainittu direktiivi aiheuttaa siipikarjatilalla, joko toiminnan lopettamisen tai valaistuksen uudistamisen. Opinnäytetyön tavoitteena on löytää mahdollisimman energiatehokas ja kustannustasoltaan edullinen vaihtoehto nykyisin laajalti käytössä olevan hehkulamppuvalaistuksen tilalle. Tämän lisäksi työn tavoitteena oli ratkaista case tilan valaistuksen uusimisen suunnittelu ja kustannuksien että takaisinmaksun laskeminen.

## 4 KEHITTÄMISPROSESSIN KUVAUS

Tässä kappaleessa kuvataan kehittämisprosessin rakenne. Tässä työssä toteutettu kehittämisprosessi koostuu seuraavista osa-alueista:

- Kehittämiskohteeseen tutustuminen ja nykytilanteen määrittäminen (Kappale 5)
- Tarjolla olevien vaihtoehtoisten järjestelmien vertailu (Kappale 6)
- Vertailun perusteella ratkaisuvaihtoehdon valinta (Kappale 7)
- Johtopäätökset ja jatkokehitys ideat (Kappale 8)

Hehkulamppuvalaistuksen muuttaminen johonkin kustannustehokkaampaan valaistusvaihtoehtoon pitää aloittaa tutustumalla muutettavaan kohteeseen. Sen jälkeen vertaillaan mahdollisia korvaavia järjestelmiä kyseisessä asennuspaikassa. Tämän vertailun perusteella valitaan mahdollinen korvaava valaistusjärjestelmä. Tässä työssä päädyttiin vertailemaan muutamia erilaisia valaistusvaihtoehtoja, jotka ovat

- Halogeenilamppu
- Energiansäästölamppu
- Loisteputki 36W, 18W
- LED-lamppu

Näiden vaihtoehtojen avulla pyrittiin löytämään mahdollisimman kustannustehokas vaihtoehto, kymmenen vuoden aikavälillä tarkasteltuna. Asennuskustannukset eivät sisälly laskelmiin. Myös arvonlisävero jätettiin huomioimatta kustannuslaskelmissa. Parhaan vaihtoehdon valinnan jälkeen pitää arvioida työn hyödyllisyys ja toteuttamisen realistisuus.

## 5 CASE: KNUUTILAN SIIPIKARJATILA, LOIMAA

Knuutilan siipikarjatilalla keskitytään tutkimaan 8500 kanan munintakanalaa(häkkikanala). Munintakanalassa on neljä häkkiriviä ja viisi käytävää joilla on valaistus. Kyseisessä kanalassa on juuri tehty suuret uudistukset, joissa uusittiin vanhat häkkirivit uudenlaisiin virikehäkkeihin ja seinät, katto ja lattia tehtiin uudeleen. Kyseisessä remontissa ei kuitenkaan toteutettu valaistuksen uudistamista vaan käytettiin jo olemassa olevaa hehkulamppuvalaistusta.



Kuva 10. Munintakanalan käytävän valaistus.

### 5.1 Case tilan valaistuksen nykytilanne

Case tilalla on tällä hetkellä valaistus toteutettu hehkulamppuin. Hehkulamput on sijoitettu käytävien päälle tasaisin välimatkoin. Käytäviä on viisi kappaletta ja jokaisella käytävällä on 14 hehkulamppua. Näiden viiden valaistus rivin yhteen laskettu heh-

kulamppujen määrä on 70 kappaletta ja niitä säädetään yhdellä himmentimellä. Himmennin on staattisesti aina samassa asennossa noin 70% valaisuteholla.



Kuva 11. Hehkulamppuvalaistuksensäädin.

## 5.2 Case tilan työvaiheet

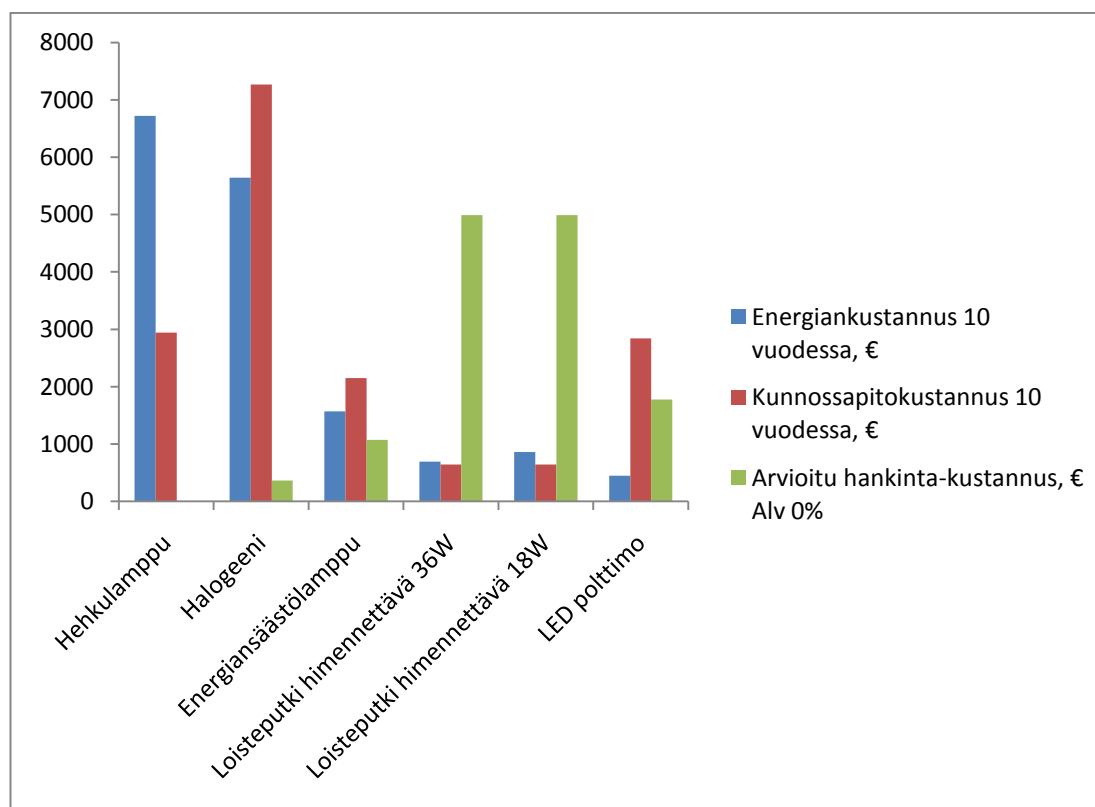
Case tilan työvaiheet jaettiin kahdeksaan vaiheeseen/osa-alueeseen, jotka voidaan toteuttaa osittain ajallisesti päällekkäin.

1. Uudenjärjestelmän määrittely
2. Aikataulun suunnittelu mahdollisten tuotantotappioiden minimoimiseksi
3. Sähköurakoitsijan valinta
4. Suunnitelman läpikäyminen urakoitsijan kanssa ja järjestelmän tilaaminen
5. Vanhan järjestelmän purku tarvittavilta osin
6. Korvaavan järjestelmän asennus
7. Uuden järjestelmän käyttöönotto ja testaus
8. Lopputarkastus

## 6 KORVAAVIEN VALAISTUSVAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Nykyisen hehkulamppuvalaistuksen korvaamiseksi pitää erilaisia korvaavia valaistusvaihtoehtoja vertailla, jotta päädyttäisiin mahdollisimman kustannustehokkaaseen ratkaisuun. Kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on vertailtu tekemällä arvioihin perustuvia kustannuslaskelmia kymmenen vuoden aikajaksolle. Vertailu hinnat ovat tukkurin hintoja ja arvioitu käyttöikä perustuu lamppujen valmistajien antamiin arvioihin. Oletuksena on arvioitu että lamput ovat päällä vuodessa 4000 tuntia. Muut laskelmissa käytetyt lukuarvot on esitetty liitteessä. (Liite 1)

Seuraavissa taulukoissa on esitetty vertailtujen valaistusvaihtoehtojen aiheuttamia arvioituja kustannuksia kymmenen vuoden aikajaksolla. Hehkulamppu valaistus toimii vertailuarvona korvaaville vaihtoehdoille.

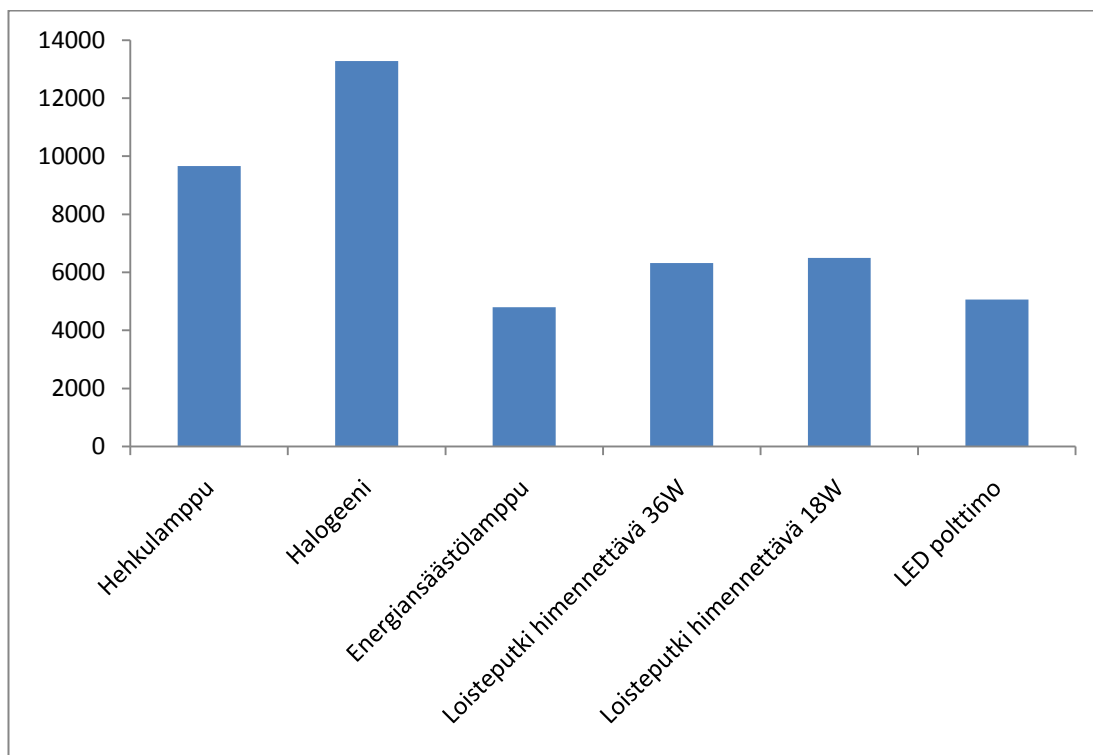


Taulukko 4. Kustannusvertailua eri valaistusvaihtojen välillä.

Yllä olevassa taulukossa näkyy kustannuslaskelmassa eriteltynä energiakustannukset, kunnossapitokustannukset ja arvioitu hankintahinta. Energiankulutus on teoreettinen

kulutus perustuen kyseisten lamppujen tehtaan ilmoittamiin energiankulutus luke-  
miin. Kunnossapitokustannukset sisältävät ainoastaan lamppujen vaihdot kymmenen  
vuoden ajalta. Arvioidussa hankintahinnassa ei ole huomioitu lainkaan asennuskus-  
tannuksia, jotka pitää ottaa huomioon laitteita hankittaessa. Asennuskustannukset  
jätettiin huomioimatta, koska asennustyö on niin tapauskohtaista ja työmäärät sekä  
asennusajat on vaikea etukäteen arvioida riittävän tarkasti.

Kokonaiskustannuskaaviossa on laskettu kaikkien osakustannusten summa jokaisen  
valaistusvaihtoehdon osalta. Myös näissä laskelmissa asennuskustannukset on jätetty  
huomiotta.



Taulukko 5. Arvioidut kokonaiskustannukset kymmenessä vuodessa.

Huomioitavia asioita laskelmissa (jotta kustannuslaskelma olisi vertailukelpoinen) on  
myös että hehkulamppujen myynti lopetetaan 2011, joten niitä pitää ostaa varastoon  
kymmeneksi vuodeksi (1400kpl). Sama koskee halogeenilamppuja joiden myynti  
loppu vuonna 2016, jolloin pitää hankkia uusia varastoon seuraavaksi viideksi vuo-  
deksi (700kpl).

## 7 KEHITTÄMISTOIMINNAN TULOKSEN KUVAUS

Tämän työn tuloksena saatiin case tilalle optimoitu valaistuksen uudistamis ehdotelm a sekä yleiskatsaus muihin tarjolla oleviin vaihtoehtoi siin valaistusmenetelmiin.

Työssä analysoitiin viittä erilaista valaistusvaihtoehtoa hehkulamppuvalaistuksen korvaavaksi järjestelmäksi. Näitä valaisimia verraten saatiin tulokseksi, että energiansäästölamppu olisi edullisin vaihtoehto kymmenen vuoden ajanjaksolla. Energiansäästölamppu on edullisin vaihtoehto, koska sen hankintakustannukset ovat pienimmät, mikäli se asennetaan vanhan hehkulampun tilalle niin kuten kyseisessä työssä.

Loistevalaisin olisi kustannustehokkain vaihtoehto, mikäli rakennettaisiin kokonaan uutta valaistusjärjestelmää, kuten voidaan havaita saaduista tuloksista. Hankintakustannukset ovat korkeat, mutta matalat energiankustannukset laskevat kokonaiskustannuksia. Energiankustannuksissa loistevalaisin on energiakustannuksiltaan led valaisimen jälkeen toiseksi paras, mutta parempi muilta eduilta. Loistevalaisimien kunnossapitokustannukset ovat alhaisimmat mikä tekee siitä parhaan vaihtoehdon pitkällä aikavälillä.

Halogeenivalaistus olisi huonoin vaihtoehto, koska sen käyttöikä on yhtä huono kuin hehkulamppussa, mutta hankinta hinta on moninkertainen hehkulamppuun verrattuna. Halogeeni ei siis ole hyvä vaihtoehto korvaamaan hehkulamppua ainakaan taloudellisesta näkökulmasta.



## 8 ARVIONTI

Työssä saavutettiin työlle asetetut tavoitteet ja saatiin haluttu lopputulos. Työn tulos vastaa tavoitteita ja soveltuu hyödynnettäväksi yleisesti valaistusvaihtoehtoja suunniteltaessa sekä case-tilan valaistuksen uusimisessa.

Tuloksen hyödyntämiseen tulevaisuudessa vaikuttaa LED- teknologian kehitys valaisimissa ja lampuissa sekä mahdollisesti jonkin täysin uuden valaistusteknologian tulo markkinoille.

## LÄHTEET

*Clarke S. & Ward D. 2006. Energy efficient poultry lighting. Ontario*

*Energiateollisuus ry:n www-sivut 2011. Viitattu 17.4.2011. <http://www.energia.fi/FI>*

*Kindberg L. 2010. Energy-Efficient Lighting for the Farm. United States: ATTRA*

*Lewis P. & Morris T. 2006. Poultry Lighting: The Theory and Practice. Andover: Northcot*

*Obers P. 2009. Siipikarjatiljan valaistus. Siipikarjansopimustuottajien laitepäivät, Huittinen*

*SFS 6000-7-705. 2007. Maa- ja puutarhatalouden tilat. Teoksessa SFS-käsikirja 600. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2. painos. Helsinki: SFS, 418.*

*SLO:n www-sivut 2011. Viitattu 17.4.2011. <http://www.slo.fi/>*

Excel data kustannuslaskelmissa.

Valaisin tyyppi	Valmistaja, tuote	Hinta / kpl	Valovirta, Lumen	Teho, W	Himmennys, %	Valoteho, Lumens/W	Vaaismien lukumäärä	Valon määrä, Lumen	Energiankulutus vuodessa, kWh	Valonlähteen elinikä, h	Energiankustannus 10 vuodessa, €	Kumossapitokustannus 10 vuodessa, €	Arvioitu hankintakustannus, € Alv 0%	Arvioitu kokonaiskustannus, €
Hehkulamppu	Osram, CLAS A CL40W	2,1	415	40	75	10,4	70	21787,5	8400	2000	6720	2940	0	9660
Halogeni	Osram, ECO 28W	5,19	345	28	90	12,3	70	21735	7056	2000	5645	7266	363	13274
Energiansäästölamppu	Osram, DINT LL 7W/825	15,37	380	7	100	54,3	70	26600	1960	20000	1568	2152	1076	4796
Loisteputki himennettävä 36W	Osram, L 36 W/830	4,83	3350	36	10	93,1	60	20100	864	18000	691	644	4990	6325
Loisteputki himennettävä 18W	Osram, L 18 W/830	4,83	1350	18	25	75,0	60	20250	1080	18000	864	644	4990	6498
LED polttirno	Osram, CLA WW E27F51	25,38	100	2	100	50,0	70	7000	560	25000	448	2843	1777	5067