



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

LED-VALAISTUKSELLA VALOA NAVETTAAN

Led-valaistuksen kannattavuus ja tilatason kokemukset

TEKIJÄT: Jere Lautiainen
Henri Lotvonen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala	
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma	
Työn tekijät Jere Lautiainen ja Henri Lotvonen	
Työn nimi Led-valaistuksella valoa navettaan	
Päiväys	14.3.2016
Sivumäärä/Liitteet	96/27
Ohjaajat Pirjo Suhonen, Hannu Viitala & Pasi Eskelinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Savonia – ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä	
<p>Verrattaessa muihin Euroopan maihin, Suomen pohjoiset olosuhteet vaativat karjatalousrakennuksilta paljon. Rakennusratkaisuissa tulee ottaa huomioon energiatarpeiltaan erilaiset neljä vuodenaikaa. Kilpailukyvyyn säilyttämiseksi energiankäyttöä tulee suomalaisilla maatiloilla tehostaa. Maatiloilla energiankäyttöä voidaan tehostaa, kun tiedetään mihin energiaa kuluu ja millaisilla eri vaihtoehdoilla tilanne on parannettavissa. Maatilalle tehtävällä energiasuunnitelmalla tilanteesta on helppo päästä ajantasalle. Suomessa pitkä pimeä aika vaikuttaa valaistuksen sähköenergiankulutukseen. Valaistuksen sähkönkulutus voidaan mitata navetasta mittareiden avulla, mutta helpommin se voidaan laskea tarkkojen lähtötietojen pohjalta. Yksikkönä voidaan käyttää kilowattituntia vuodessa (kWh/vuosi), josta saadaan johdettua kilowattituntia lehmää kohti (kWh/lehmä).</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena on hakea vastausta kysymykseen: kannattaako yrittäjän investoida led-valaisimet ja mitä niiden vaihdossa tulee ottaa huomioon. Tässä opinnäytetyössä haastateltiin seitsemää maatilayrittäjää, jotka olivat saneeranneet navettansa valaistuksen led-valaistuksella. Haastatteluissa kartoitettiin tilallisten kokemuksia led-valaistuksen soveltumisesta navettaolosuhteisiin ja vaihtotyössä huomioon otettavia seikkoja. Tarkoituksena oli saada selville soveltuuko led-valaistus navettaan ja lista asioista, mitä valaistuksen vaihdossa tulisi ottaa huomioon. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina vuoden 2015 lopulla ja vuoden 2016 tammikuun aikana. Kolme haastattelua toteutettiin tiloilla käyden ja vastaukset kirjattiin ylös paperille. Neljä haastattelua toteutettiin sähköpostin välityksellä ja käytiin myöhemmin läpi puhelimitse, jotta väärinymmärryksiltä vältyttiin.</p> <p>Toinen osio opinnäytetyötä oli investointilaskelmat, jota varten on luotu kolme erilaista case -tilaa hahmottamaan laskelmia. Case -tilat ovat yhden lypsyrobotin kokoluokan tiloja, jolloin tuloksia voidaan verrata helposti isompaan- ja pienempään kokoluokkaan. Laskelmat on luotu todelliseen navettaan, pyytämällä tarjoukset valaisimia tarjoavalta ja asentavalta yritykseltä. Laskelmia voidaan pitää luotettavana kustannuksien osalta. Vuosittainen valaistusaika vaihtelee tilojen välillä, koska navetan valoisuus ja valaistusaika vaihtelevat tilakohtaisesti. Polttoaika ja sähköenergian hinta vaikuttavat suoraan valaistuksen energiankulutukseen ja sitä kautta led-valojen kannattavuuteen. Nämä muuttuvat tekijät tuovat myös mukanaan epäluotettavuutta jonkin verran. Investointilaskelmat on suoritettu annuiteetilaskentamenetelmällä, jolloin muun muassa korko huomioidaan laskelmien tuloksissa. Led-valaisin itsessään ei ole suuri investointi, mutta valaisimien asentaminen nostaa investoinnin kokonaishintaa ja se vaikuttaa kannattavuuteen negatiivisesti. Valaistuksen vaihtotyön suuret kustannukset tulivat esille myös teemahaastatteluissa. Valaistusinvestointilaskelmat toteutettiin Microsoft Excel pohjaisella laskurilla, joka toteutettiin opinnäytetyön rinnalla. Valaistusinvestointilaskuri tullaan julkaisemaan Maatila2020-sivustolla https://maatila2020.savonia.fi/</p> <p>Opinnäytetyö on selvitys led-valaistuksen kannattavuudesta ja soveltuvuudesta navettaolosuhteisiin. Työssä selvitettiin teemahaastatteluiden avulla maatilayrittäjien kokemuksia led-valaistuksesta navetassa ja laskettiin led-valaistuksen avulla syntyvät säästöt sähköenergiankulutuksessa. Valaistuksella voidaan saada suuriakin säästöjä sähköenergian kulutuksessa lypsykarjatiljoilla. Loisteputkivalaisimien päivittäminen led-valoputkiin on laskennallisesti kannattavaa, kun koko valaistusta saneerattaessa asennuskustannuksen suuruus tekee investoinnista laskennallisesti kannattamattoman. Toimivaa valaistusta ei kannata lähteä uusimaan kokonaisuudessaan pelkän energiansäästön toivossa. Led-valaistus on uudisrakennuksissa kilpailukykyinen vaihtoehto.</p>	
Avainsanat Energiankulutus, Led-valaistus, Luonnonvalo, Navettavalistus, Valaistus, Valo, Valaistusinvestointilaskuri	

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Program in Agriculture and Rural Development			
Authors Jere Lautiainen ja Henri Lotvonen			
Title of Thesis LED lights for cattle barns			
Date	14.3.2016	Pages/Appendices	96/27
Supervisor(s) Pirjo Suhonen, Hannu Viitala & Pasi Eskelinen			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>Compared to other European countries, circumstances in northern Finland require from livestock buildings a lot. In structural solutions the different energy needs of the four seasons need to be taken into consideration. In order to maintain competitiveness the energy use should be made more effective on Finnish farms. On farms, energy consumption can be more effective when it is known where energy is consumed and what kind of different options there are to improve the energy efficiency. With a farm energy plan it is easy to update the information on the use of energy. In Finland a long dark period affects the energy consumption of lighting. Electricity consumption of lighting in barns can be measured using gauges but more easily it can be calculated on the basis of accurate data. The unit to be used can be in kilowatt hours per year (kWh/year) from which kilowatt hours per cow (kWh/cow) can be derived.</p> <p>The aim of the thesis was to find answers to the question: Why should an entrepreneur invest in LED light fixtures, and what should be taken into account when changing into LEDs? During this thesis seven farm entrepreneurs were interviewed who had renovated their barn lighting into LED lighting. The interviews surveyed the experiences of the farmers from application of LED lighting in barn conditions and issues to be considered when changing into LED lighting. The aim was to find out about the suitability of led lighting in barns and list things what should be taken into account changing lighting. The interviews with themes were held at the end of 2015 and in January 2016. Three interviews were carried out on farm visits, and the answers were written down on paper. Four interviews were conducted via e-mail and over the phone in order to avoid misunderstandings.</p> <p>The second part of the thesis was investment calculations for which three different case farms were created to illustrate the calculations. Case farms have one milking robot so the results can easily be compared to bigger and smaller size farms. The calculations were created for real cattle barns, inviting tenders from a company providing lamps installing. Calculations can be considered reliable with regard to costs. The annual lighting time varies between farms, because barn brightness and lighting time range from farm to farm. Timing when the lights are on and the price of energy affect directly the energy consumption of lighting and thus the LED lights' profitability. These changing factors also bring with them some unreliability. Investment calculations were carried out with an annuity calculation method, when for instance the interest rate is taken into account in the calculation results. Led light itself is not a great investment, but the installation of the lights raises the total cost of the investment and has an impact on profitability. The high cost of lighting replacement work were highlighted in the interviews. The lighting investment calculations were made with Microsoft Excel-based calculator. Lighting Investment Calculator will be released at Maatila2020 site https://maatila2020.savonia.fi/.</p> <p>The thesis is a study of profitability and suitability of LED lighting in barn conditions. By using theme interviews farm entrepreneurs' experiences of LED lighting in the barn were studied and the savings generated LED lighting in electrical energy consumption were calculate. With lighting farmers can get large savings in the consumption of electrical energy on their dairy farms. Updating fluorescent lights in LED tubes is computationally profitable when renovating the entire lighting installation costs make the investment makes the calculation of non-profitable. Functional lighting should not leave the country as a whole in the hope of a new clean energy consumption. LED lighting in new buildings is a competitive alternative.</p>			
Keywords: Energy consumption, LED lighting, daylight, barn lighting, lighting, light			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	NAVETTARAKENNUKSEN VALAISTUS	8
2.1	Valon vaikutus naudalle	8
2.2	Valaistuksen energiankulutus.....	9
2.3	Valaistuksen suositukset ja säädökset.....	11
3	VALAISTUKSEN PERUSTEET JA VALAISIMET	13
3.1	Valaisinluokitukset.....	16
3.2	Led.....	17
3.3	Valaisimet	18
3.4	Valaistuksen vaihdossa huomioitavaa	23
4	TYÖN TOTEUTUS	26
4.1	Tutkimusmenetelmä	26
4.2	Luotettavuus	27
4.3	Teemahaastatteluiden toteutus.....	28
4.4	Investointilaskelmien toteutus.....	29
4.5	Investointilaskelmat.....	31
5	TULOKSET	44
5.1	Maatalousyrittäjien kokemuksia.....	44
5.2	Investointilaskelmien tulokset	46
5.3	Investointilaskelmien yhteenveto	52
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	56
7	PÄÄTÄNTÖ.....	61
	LÄHTEET	63
	LIITE 1 HAASTATTELUKYSYMYKSET	67
	LIITE 2 TEEMAHAASTATTELUT	68
	LIITE 3 IP –LUOKITUSTAUUKKO	82
	LIITE 4 CASE 1 –TILAN INVESTOINTILASKELMAT	83
	LIITE 5 CASE 2 –TILAN INVESTOINTILASKELMAT	87
	LIITE 6 CASE 3 –TILAN INVASTOINTILASKELMAT.....	91

1 JOHDANTO

Maatalouden heikentynyt kannattavuus ja EU:n maitokriisi ovat laskeneet tuottajahintoja. Tämän seurauksena tuottajat joutuvat miettimään erilaisia vaihtoehtoja ja ratkaisuja toiminnan tehostamiseksi. Suomessa pitkä pimeänaika johtaa siihen, että valoja pidetään navetoissa lähes jatkuvasti päällä. Navetan valaistustarve ja energiankulutus vaihtelee navetan valoisuuden, valaisintyyppin sekä valo-ohjelman mukaan. Sitä ohjaavat säädökset ja aikaisempi tutkimustyö. Savonian ammattikorkeakoululla suoritettun ERKKA- energiatehokas tuotantorakennus -hankkeen tutkimuksen mukaan navetan valaistus kuluttaa 28 % sähköä navetan kokonaiskulutuksesta. Tämä tarkoittaa yhden lypsyrobotin kokoluokan tilalla omakotitalon vuotuista sähkönkulutusta. (Eskelinen, Savonia AMK hankevastaava, 2015.)

Rakentamisen yhteydessä navetan energiankulutukseen pystytään vaikuttamaan navettatyypillä sekä laite- ja koneratkaisuilla. Työn tehokkuuden, eläinten hyvinvoinnin ja työturvallisuuden takia navetoissa kuitenkin tulee olla työtä helpottavia ja nopeuttavia koneita. Nämäkin kuluttavat sähköenergiaa. Valaisimet ja valaisujärjestelmät ovat kehittyneet viimeisen 10 vuoden aikana kovaa vauhtia. Erilaisia valonlähdetyppejä ovat hehkulamput, energiansäästö-, loisteputki-, kaasupurkaus-, monimetalli- ja led-valot. Led-valaisimet ovat saavuttaneet suosiotaan pienen energiankulutuksen, pitkän käyttöikänsä, alhaisen lämmöntuoton, himmennettävyyssominaisuuden ja hyvän valotehonsa ansiosta. (Ahokas; Rajaniemi; & Turunen, Maatalousrakennusten valaistus, ei pvm, s. 2.) Valaistuksen kuluttamaan energian määrään navetoissa pystytään vaikuttamaan rakennusvaiheessa, mutta myös jälkikäteen, valitsemalla energiatehokkaamman valaisimen.

Opinnäytetyön tavoitteena on hakea vastausta kysymykseen kannattaako navettaan investoida led-valaisimet ja mitä niiden vaihdossa tulee ottaa huomioon. Opinnäytetyössä tutkitaan valaistuksen teoriaa ja säädöksiä, joiden pohjalta valaistuksen suunnittelu lähtee liikkeelle. Teoriatiedon tukena haastateltiin seitsemään maatalousyrittäjää, joilla on käytännönkokemusta valaistuksen uusimisesta ja led-valaistuksesta. Teoria- ja haastattelutietojen pohjalta opinnäytetyöhön luotiin kolme case-tilaa, joille suoritettiin investointilaskelmat valaistuksen vaihdosta. Case -tilat ovat yhden lypsyrobotin kokoluokan tiloja, jolloin tuloksia pystytään vertaamaan isompaan ja pienempään kokoluokkaan helposti.

Opinnäytetyön aihe saatiin Pasi Eskeliseltä, joka oli mukana Savonian-ammattikorkeakoululla toteutetussa ERKKA- hankkeessa. ERKKA- hankkeessa tutkittiin, mihin energiaa maataloilla kuluu. Valaistuksen kuluttama suuri energianmäärä nousi hankkeessa esille ja vaati lisätutkimusta (Eskelinen, 2015). Led-valaistuksen kehittyminen ja uutuusarvo herätti kiinnostuksen tutkia, voidaanko erilaisella valaistusratkaisulla parantaa lypsykarjanavetan energiatehokkuutta ja onko led-valaistus investointi taloudellisesti kannattavaa. Maatalousyrittäjien kiinnostus led-valaistukseen, led-valaistuksen esillä olo medioissa, led-valaistusta tarjoavien yritysten nopea kasvu ja vähäinen tutkimustieto

navettaolosuhteissa sekä erilaiset valaistusratkaisut avasivat mahdollisuuden tutkia led-valaistusta syvemmin.

Opinnäytetyö on tutkimuksellinen- ja toiminnallinen työ. Tutkimuksellisessa osiossa luodaan kirjallisuuskatsaus valaistuksenperusteisiin ja säädöksiin tuotantorakennuksissa sekä aikaisempiin tutkimuksiin ja valaistustarpeeseen vaikuttaviin tekijöihin. Erillaiset valaisintyytit ja niiden ominaisuudet käydään läpi, tämä auttaa havainnollistamaan valaisintyyppien eroavaisuudet. Valaistuksen käsitteet avataan tarkasti, koska ne ovat varsin merkitykselliset tässä opinnäytetyössä kokonaisuutta ja tuloksia tarkastettaessa.

Toiminnallisessa osiossa tutkimusteorian kuvauksessa on käyty läpi, miten tulokset ovat syntyneet. Teemahaastatteluiden toteutus ja tulosten avaaminen on käyty läpi tarkkaan, jotta tutkimus on toistettavissa. Investointilaskelmien teoriaosuudessa eri laskentamenetelmät ja investointilaskelma teorian avaaminen auttavat hahmottamaan mistä asioista investointilaskelma koostuu. Opinnäytetyöntekijät toteuttavat opinnäytetyötä varten Microsoft Excel-pohjaisen valaistusinvestointilaskurin. Laskurin avulla toteutetaan valaistusinvestointilaskelmat.

Lähtötietojen ja tulosten tarkat arvot parantavat tutkimuksen luotettavuutta. Investointilaskelmissa verrataan led-valaistuksesta syntyvää energiansäästöä ja kunnossapidon kustannussäästöä vanhaan valaistukseen. Hintatiedot investointilaskelmiin on toimittanut Sähkötoimisto Murtola Oy.

2 NAVETTARAKENNUKSEN VALAISTUS

Valaistuksella navettaan luodaan turvallinen työskentely-ympäristö sekä edesautetaan eläinten ja ihmisten hyvinvointia. Riittävällä valaistuksella on todettu olevan positiivisia vaikutuksia eläinten lisääntymiseen, tällä tarkoitetaan sukukypsyyden saavuttamiseen, lisääntymistoimintoihin ja tiinehtyvyyteen. Oikeanlaisella valaistuksella on todettu myös olevan vaikutusta eläinten aktiivisuuteen ja terveyteen. Lehmä syö paremmin ja kasvaa hyvin, koska rehun hyväksikäyttö paranee. Oikeanlaisella ja riittävällä valaistuksella on positiivinen vaikutus maidontuotantoon. Valoisuuden lisäksi on huomioitava eläinten tarvitsema pimeäjakso. Navetan asianmukaiset valaistusolot vaikuttavat hoitajien työturvallisuuden lisäksi viihtyvyyteen ja työn helpottumiseen. Eläinten kiimojen ja terveydentilojen tarkkailu tehostuu. (TTS , 2010, ss. 1-2.)

Valaistusta suunniteltaessa otetaan huomioon valaistusvaatimus eri tiloissa. Tiloissa ja alueilla, joissa suoritetaan eläintenhoitotoita, tulisi olla voimakkaampi valaistus kuin alueilla joissa lehmät saavat olla vapaasti. Lehmillä tuotosvaihe vaikuttaa myös valaistuksen tarpeellisuuteen. (Ahokas;Rajaniemi;& Turunen, Maatalousrakennusten valaistus, ei pvm, s. 10.) Kuvassa 1 on ruokintapöytä oikeassa laidassa ja lypsyrobotti navetan päädyssä. Lypsyrobotin ja ruokintapöydän ympäristössä on voimakkaampi valaistus kuin makuualueella.



Kuva 1. Luonnonvalolla, jota täydennetään keinovaistuksella, saavutetaan navetassa riittävän voimakas valaistustaso (Lotvonen, 2015).

2.1 Valon vaikutus naudalle

Lehmä tarvitsee rehua, vettä, lepoa, tilaa, ilmaa ja valoa. Edellä mainittujen asioiden ollessa kunnossa täyttyy lypsylehmän tarpeet. Valolla on suuri merkitys naudalla maidontuotannossa, yli 200 luksin valotehon tuleminen nautan silmälle lähettää signaalin laskea melatoniini tasoa. Melatoniinin aleneminen lisää nautan aktiivisuutta. Nautan ollessa aktiivinen se syö enemmän karkearehua, mikä lisää maitotuotosta. (Karlström, 2015, s. 26.)

Valon vaikutus on naudoille merkittävä, sillä riittävällä valaistuksella saadaan hormonikierto toimimaan. Toimiva hormonikierto parantaa naudoilla tiinehtyvyyttä sekä saa aikaan normaalin kiimakierroksen. Kun valaistusaika lypsylehmillä nostetaan 16 – 18 tuntiin, voidaan saavuttaa yli 2 kilon tuotolisä lehmän päivätuotoksessa verrattuna luonnollisessa valossa olevien lehmien tuotokseen. 16 – 18

tunnin valoisaa aikaa navetassa kutsutaan pitkän päivän valo-ohjelmaksi. (Dahl, 2003, s. 1.) Lehmä tarvitsee myös lepoa, jotta hormonaaliset elintoiminnot eli lisääntyminen ja maidontuotanto ehtivät rentoutua. Yövalaistuksessa käytetään useasti punaista valoa, koska sillä on todettu olevan aivoja stimuloimaton vaikutus. Punainen valo auttaa ihmistä ja eläintä näkemään hämärässä paremmin. Yövalaistuksen voimakkuudeksi suositellaan noin 50 luksia lehmän silmien korkeudella, tällöin eläin tunnistaa yön alkaneen. Päivävalaistuksen voimakkuudeksi suositellaan yli 200 luksin valotehoa. (Karlström, 2015, s. 27.)

Umpilehmille suositellaan tutkimuksien mukaan päivävalaistusta 8 tuntia ja yövalaistusta 16 tuntia, joka on päinvastaistainen kuin lypsyssä oleville lehmille. Kasvavien hiehojen valojaksotun suositus tutkimuksien mukaan on taas sama kun lypsyssä olevilla lehmillä, siis 8 tuntia pimeää ja 16 tuntia valoa. Kyseinen valojaksotus nostaa hiehon päiväkasvua 10 %. (Karlström, 2015, s. 28.)

Naudat kulkevat mieluumin valoa kohden kuin valosta poispäin. Tätä eläinten luontaista kiinnostusta kannattaakin hyödyntää automaattilypsytiloilla robottien valaistuksessa. Valaistusta tulee kuitenkin tutkia lehmän näkökulmasta, koska varjot ja häikäisy saavat lehmän epäileväksi. (Karlström, 2015, s. 28.)

2.2 Valaistuksen energiankulutus

Suomessa maatalojen kuluttama kokonaisenergia on vain 4 %:n luokkaa. Sähköä maataloilla kuluu 1 % verran koko maan kulutuksesta, eli 9 000 000 kWh, tähän lukemaan ei ole huomioitu asuinrakennuksen sähkönkulutusta. ProAgrian tekemän laskelman mukaan energiaa kuluu kuusikymmentäpaikkaisessa pihatossa vuosittain noin 137 000 kWh. Lypsynavetassa energiaa kuluu ruokintaan, maidonkäsittelyyn, lypsyyneen, lannanpoistoon, valaistukseen, lämmitykseen ja ilmanvaihtoon. Kuudenkymmenen lehmän pihattonavetassa, jossa valaistus on mitoitettu riittäväksi loisteputkilampuin, kuluu energiaa lehmäpaikkaa kohden noin 200 kWh/vuosi. (Kari, 2009, ss. 6–18.)

Valaistuksen energiankulutus vaihtelee navetoiden välillä suuresti. Energiankulutukseen vaikuttaa valaistustarve, ympäristö, keinovalaistus ja valaistuksen ohjausjärjestelmä. Valaistustarve määräytyy eri eläinryhmien vaatimasta sekä suositeltavasta tarpeesta, työskentelytilojen kohdevalaistuksesta ja tilalla noudatettavasta valaistusohjelmasta. Suomessa pitkä pimeäaika johtaa siihen, että valoja on pidettävä talvi aikana lähes jatkuvasti päällä. Valaistuksen kuluttamaa energiamäärää kasvattaa navetoiden suuri koko, tämän johdosta valaistavaa pinta-alaa tloilla on paljon. (Energia-akatemia, 2013, ss. 34–37.)

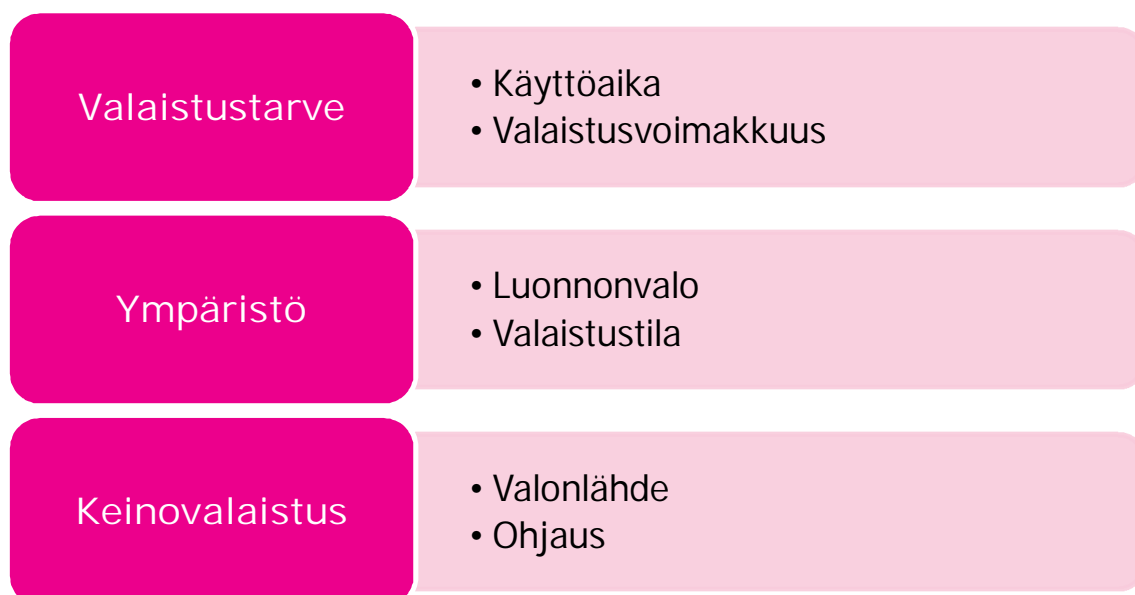
Ympäristölliset tekijät vaikuttavat navetan valaistustarpeeseen. Luonnonvalo on kaikkein tehokkainta ja edullisinta valaisua, joten luonnonvaloa kannattavaa hyödyntää mahdollisimman paljon. Navetan luonnonvalon määrään pystytään vaikuttamaan rakennusvaiheessa. Jälkeenpäin luonnonvalon määrän on vaikeampi vaikuttaa, mutta useasti tilannetta voidaan korjata. Luonnonvalon määrään navetassa vaikuttavat valoharja sekä ikkunoiden määrä, pinta-ala, korkeus, sijoittelu ja puhdistettavuus. (Energia-akatemia, 2013, ss. 37–38.) Navetan sisäpuolella valaistuksen määrään vaikuttavat navetan pinta-ala, pintojen heijastuvuus, pöly, värit, materiaalit ja muodot sekä työskentelypisteiden sijainti ja kalusteet. Likaiset ja epätasaiset pinnat imevät valoa. Mitä vaaleammat ja sileämmät pinnat ovat, sitä enemmän ne heijastavat valoa ja parantavat valon hyötysuhdetta. (Energia-akatemia, 2013, s. 36.) Kuvassa 2 on nähtävillä, kuinka valoharja ja verhoseinät lisäävät luonnonvalon määrään navetassa.



Kuva 2. Ympäristö ja keinovalaistus vaikuttavat navetan valoisuuteen (Lotvonen, 2015).

Keinovalaistuksen avulla luodaan navettaan riittävä valaistus. Keinovalaistuksessa valonlähde eli lamppu on se joka kuluttaa energiaa ja tuottaa keinovaloa. Keinovalon energiankulutukseen vaikuttaa valaisin- ja lampputyypit. (TTS, 2010, ss. 2-3.) Erilaisten keinovalojen valovirta alenee käyttötuntien kasvaessa, joten riittävän valaistuksen aikaansaamiseksi valaistus tulisi ylimitoittaa ja himmentää oikealle tasolle. Tällöin valaistuksessa on otettu huomioon valotehon alenema ja valaisimien likaantuminen. (Energia-akatemia, 2013, s. 35.) Keinovalojen likaantuminen laskee valaisuvoimakkuutta oleellisesti. Tutkimuksen mukaan valaisuvoimakkuus alenee navettaolosuhteissa kahden vuoden aikana 30 %. Jotta valaisuvoimakkuus navetassa säilyisi riittävänä, tulisi valaisin puhdistaa kaksi kertaa vuodessa. (Turunen, Maidontuotanto Energia-Akatemia, 2013, s. 2.)

Valojen himmentämisellä, ryhmittelyllä ja ajastamisella saadaan aikaan energiansäästöä. Kesäaikaan kun luonnonvaloa on runsaasti tarjolla, kannattaisi navetasta sulkea tarpeettomat keinovalot. Valaistukseen on olemassa erilaisia ohjausjärjestelmiä, valaisimia voidaan ohjata: käsin, ajan mukaan, päivänvalon mukaan tai liiketunnistimien avulla. (Nurmi, ei pvm, s. 11.) Valaistuksen energiankulutukseen vaikuttaa moni muukin asia, kuin pelkästään itse valaisin. Kuvioon 1 on koottu energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä.



Kuvio 1. Valaistuksen energiakulutukseen vaikuttavat valaistustarve, ympäristö ja keinovaalaistus.

2.3 Valaistuksen suositukset ja säädökset

Valaistuksen voimakkuuden tarve vaihtelee navetan eri osissa. Valon voimakkuutta mitataan luksina (lx) (Ahokas; Rajaniemi; & Turunen, Maatalousrakennusten valaistus, ei pvm). Voimakaimman valaistuksen tarvitsevat lypsy- ja pesutoimiin liittyvät alueet, hoito- ja sairastilat sekä toimistotilat. Eläinten ruokinta-alueelle riittää keskinkertainen valaistus. Vähäinen valaistus riittää odotustiloihin, käytävillä ja eläinten makuupaikolle. (Energia-akatemia, 2013, s. 94.) Suomessa maa- ja metsätalousministeriö on antanut suosituksensa kotieläinrakennusten valaistukseen. Suosituksena on, että navetan vähimmäisvalaistus pystyttäisi hoitamaan luonnonvalolla. Ohjeiden mukaan yleisvalaistus tulisi olla vähintään 60 – 100 luksia, nuorkarjalle 40 – 60 luksia ja lypsyaseman valaistuksen 200 – 250 luksia. (Maa- ja metsätalousministeriö., ei pvm)

Ulkomailla valaistussuositukset poikkeavat hieman Suomen vaatimuksista. Taulukossa 1 on eritelty eri maiden valaistusvoimakkuuksien suositukset. Tanskassa valaistussuositukset ovat Suomen kanssa samaa tasoa. Saksassa ja Yhdysvalloissa valaistussuositukset ovat korkeammat. Suomessa navetan yleisvalaistukseksi on asetettu 60 – 100 luksia, Tanskassa 50 luksia, Saksassa 200 – 300 luksia ja Yhdysvalloissa 100 luksia. Lypsyaseman valaistussuositukseksi Suomessa, Tanskassa, Saksassa ja Yhdysvalloissa suositellaan 200 luksia. Saksa ja Yhdysvallat suosittelivat lisäksi utarevalaistukseksi 500 luksia. (Energia-akatemia, 2013, s. 95.)

Taulukko 1. Valaistusvoimakkuussuositukset Suomessa ja ulkomailla.

	Yleisvalaistus (lx)	Lypsyasemavalistus (lx) (Utarekorkeudella)
Saksa	200 – 300	500
Suomi	60 – 100	200
Tanska	50	200
Yhdysvallat	100	500

Maa- ja metsätalousministeriö on säätänyt asetuksen (8/2012) tuettavaa rakentamista koskevien rakentamismääräyksien ja suositusten soveltamisesta. Rahoituslain (45/2000) 7 §:n 2 momentin sekä maatalouden rakennetuista annetun lain (1476/2007) 13 §:n 4 momentin nojalla, sellaisena kuin niistä ensiksi mainitun lain 7 §:n 2 momentti on laissa 275/2004: kohdassa 7§ keinovalaistus sanotaan seuraavasti.

Lypsykarjarakennuksessa on oltava sellainen keinovalaistus, että eläimet voidaan hoitaa ja tarkastaa turvallisesti ja asianmukaisesti. Valaisimet on sijoitettava ja suunnattava tarkoituksenmukaisesti siten, että ne eivät aiheutaa häikäisyä eikä keinovalo saa olla eläimille häiritsevän voimakas. Valaisimet tulee asentaa kiinteästi ja kiinnittää sopivalle korkeudelle eläinten ulottumattomiin. Jos valaisin on erityisistä syistä eläinten ulottuvilla, sen on oltava sellainen tai se on suojattava niin, että eläimet eivät voi sitä vahingoittaa tai itse siitä vahingoittua.

Eläintilassa ja muissa kosteissa ja pölyisissä tiloissa valaisimien kotelointiluokan on oltava vähintään IP 44. Vasikoille tarkoitettujen lämpölamppujen turvaetäisyyden on oltava vähintään 500 millimetriä eläimestä tai palavasta aineista.

Tuettavalle tuotantorakennukselle on määritetty valaistusvoimakkudet, jotka pitää toteutua, jos haakee ja saa investointiavustusta. Eläintilan yleisvalaistuksen voimakkuus on 200 luksia, nuoren karjantilassa 100 luksia kahden metrin korkeudella. Lisäksi lypsyaseman utarekorkeudella valaistuksen voimakkuudeksi on määritetty 250 luksia. Tuettavaan rakentamista koskevat valaistusvoimakkuusvaatimukset eri eläintiloissa on esitetty taulukossa 2. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 8/2012, 2012.)

Taulukko 2. Tuettavaa rakentamista koskevat valaistusvoimakkuuden vaatimukset.

Kohde	Luksi (lx)
Eläintilan yleisvalaistus	150 Kahden metrin korkeudella
Lypsyasema	250 Utarekorkeudella
Nuoren karjantila	100 Kahden metrin korkeudella

3 VALAISTUKSEN PERUSTEET JA VALAISIMET

Tässä kappaleessa käsitellään valaistuksen perusteita, valaisimien luokituksia, syvennyttään led-valoon ja erilaisiin valaisimiin. Kappaleessa käsitellään myös energiainvestointiavustusta, jota on mahdollista saada valaistusinvestointiin. Valaistusta lähettäessä vaihtamaan tulee huomioon ottaa myös paloturvallisuuskulma.

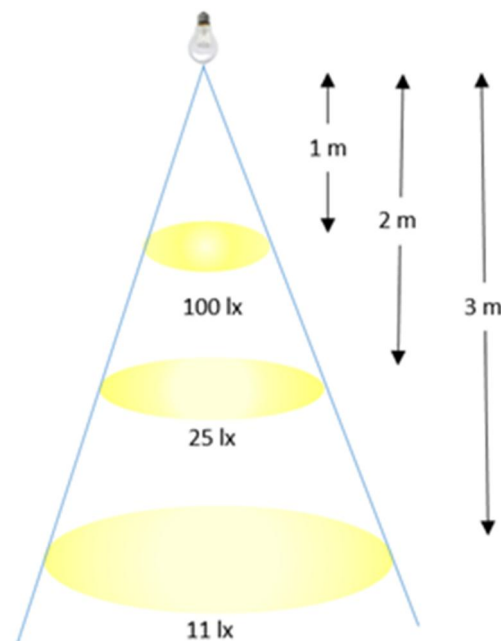
Candela (cd) on valovoiman perusyksikkö, joka vastaa noin yhden kynttilän tuottamaa valon määrää. Luumen (lm) on valonvoimasta johdettu valovirta, joka kuvaa lampun tuottamaa valon määrää. Aikaisemmin valon määrää on määritetty wattien perusteella, mutta nykyään energiasäästö- ja led-valojen ollessa markkinoilla ei voi enää vertailla watteja, vaan verrataan luumeneita. 60 watin hehkulampan valoteho on noin 800 luumenia. Valon voimakkuutta mitataan lukseina (lx). Luksilla mitataan, kuinka paljon valoa tulee pinta-alaa kohden (lm/m^2). Valaistusvoimakkuus heikkenee etäisyyden kasvaessa. Esimerkiksi kun valaistusvoimakkuus on 1 metrin päässä 100 luksia, niin kahden metrin päässä valaistusvoimakkuus samankokoisella valovirralla on 25 luksia. Kuvassa 3 on esitetty kuinka valovoimakkuus heikkenee etäisyyden kasvaessa. Valaistusvoimakkuuteen vaikuttaa lampun antama luumenmäärä, valaisimen etäisyys ja valaisimen ominaisuudet.

(Ahokas; Rajaniemi; & Turunen,

Maatalousrakennusten valaistus, ei pvm, s. 3.) Polt-

toajalla kuvataan valaisimen keskimääräistä käyttöikä tunteina (Viherympäristöliitto ry, 2010, s. 7).

Valotehokkuudella kuvataan sitä, kuinka suurella suhteella valaisin kykenee tuottamaan valovirtaa (luumen) verrattuna sähkötehoon. Yksikkönä on lm/W . Taulukkoon 3 on koottu keskeisimpiä valaistukseen liittyviä peruskäsitteitä.



Kuva 3. Valaistusvoimakkuuden heikkeminen etäisyyden kasvaessa (Lautiainen, 2015).

Taulukko 3. Yleisimmät valotekniset määritelmät ja yksiköt (Viherympäristöliitto ry, 2010, s. 7).

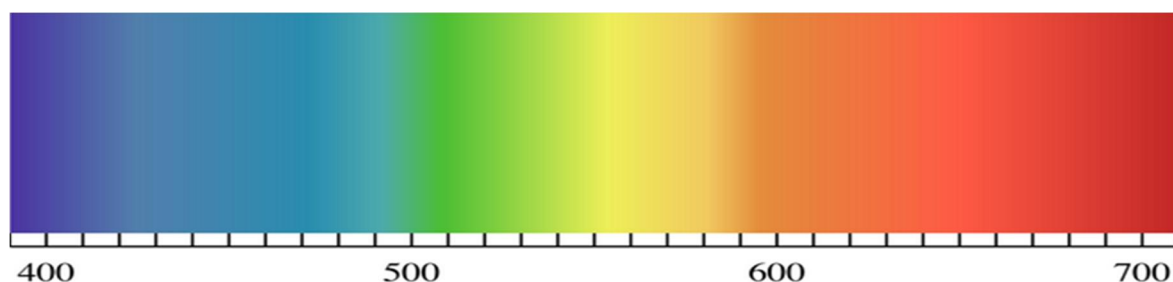
Valotekniset määritelmät	Yksiköt	Lyhenne	Selitys
Polttoaika	Tunti	h	Polttoajalla kuvataan aikaa minkä valaisin kestää. On keskiarvo, ei lupaus kestoästä.
Valaisuvoimakkuus	Luksi	lx	Valaisuvoimakkuus on kuvaus valovirran määrästä neliometriä kohden.
Valovirta	Luumen	lm	Valonlähteen tuottamaa säteilytehoa kutsutaan valovirraksi.
Valovoima	Candela	cd	Valovoima kertoo lampun säteilystä eri kulmiin.
Valotehokkuus	Luumenia/Watti	lm/W	Valaisimen tuottama valovirta wattia kohden.

Energia

Energia nimi tulee Kreikan kielen sanasta *energeia*, joka tarkoittaa toimeliaisuutta ja toimintaa. Fysiikassa energia on yksi peruskäsite, joka kuvaa järjestelmän mahdollisuutta tehdä työtä. Energia voi ilmetä useassa eri muodossa, kuten liike-, potentiaali-, lämpö- ja sähköenergiana. Energian SI-järjestelmän yksikkö on joule (J). SI-järjestelmä on kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä, johon kuuluu seitsemän perussuureta. (Kuru., ei pvm) Sähköenergiasa käytetään yksikkönä kilowattituntia (kWh). Valaistuksessa valon aikaan saamiseksi käytetään sähköenergiaa. Sähköenergia muotoutuu valoksi ja lämpöenergiaksi. Energian käytössä ei koskaan päästä 100 % hyötysuhteeseen, vaan osa kohteeseen käytetystä energiasta muotoutuu käyttö- ja hukkaenergiaksi. (Ahokas, Maatalous ja energia, ss. 2–7.)

Valo

Valoa kuvataan aallonpituuksina, jota mitataan yleensä nanometrin (nm) avulla. Nanometri on millimetrin miljoonasosa. Silmin havaittavan valon aallonpituudet ovat muutamia satoja nanometrejä. (Astro, n.d., p. .) Valo on sähkömagneetista säteilyä, jonka aallonpituus vaihtelee radio-aalloista gammasäteilyyn. Näkyvän valon aallonpituus on 400 – 700 nm. Esimerkiksi violetin värin aallonpituus on 380 – 430 nm ja punaisen värin aallonpituus on 625 – 740 nm. (Letonsaari., ei pvm) Kuvassa 4 on esitetty näkyvän valon aallonpituudet väreinä.



Kuva 4. Kuvassa on esitetty näkyvän valon aallonpituudet väreinä (Wikipedia, ei pvm).

Valon spektri on valonjakautumista eri aallonpituuksien mukaan. Tällaista tapahtumaa nähdään yleisesti sateenkaareissa, kun auringon valo jakautuu eri väreihin. Hehku- ja halogeenivalaisimissa on jatkuvaspektristä valoa, eli niissä on useita eri aallonpituuksia. (Viherympäristöliitto ry, 2010, s. 6.)

Väriämpötilalla ilmaistaan, kuinka lämmintä tai kylmää valonlähteen valo on. Väriämpötilan yksikkö on Kelvin (K). Väriämpötilan arvon ollessa pieni, valo on lämmintä valoa. Väriämpötila on lämmintä silloin, kun valkoinen valo hieman kellertää. Tällaista valoa on yleensä keskikesällä auringonvalo. Väriämpötila arvon ollessa korkea, on valo kylmää, jolloin valkoinen valo on sinertävää. Tämän tyyppistä väriämpöä on kylminä talvipäivinä. (Limic Oy., ei pvm) Taulukossa 4 on väriämpötilaa vastaava kuvaus. Kun väriämpötila on valaisimessa yli 5 000 Kelviniä, kutsutaan niitä päivänvalolampuiksi (Lampputieto).

Lampun väriominaisuuksia kuvataan kahdella tekijällä. Ensimmäinen on lampun värivaikutelma ja toinen lampun värintoistokyky. Värivaikutelmalla kuvataan valaisimesta säteilevää valon väriä. Värintoistolla kuvataan taas valaisimen tuottamaa väriä. Hyvinvoinnin, mukavuuden ja näkötehokkuuden kannalta värien tulisi olla luonnollisia. (Viherympäristöliitto ry, 2010, s. 7.)

Taulukko 4 Väriämpö arvoa vastaava kuvaus valotyypistä (Limic Oy).

Väriämpöarvo	Valon tyyppi
10 000 K	Kylmän sinertävä (talvipäivä).
6 000 K	Kirkas päivä, hieman sinertävä.
5 000 K	Päivänvalo (Kirkkaat led-valot, loisteputket).
4 000 K	Neutraali valkoinen.
3 000 K	Lämmin valkoinen (Halogeenit, erikois-led-valot).
2 700 K	"Kodikas" (Hehkulamput).
2 000 K	Melkein keltainen.

Värintoistoindeksi on arvo, joka kuvaa, kuinka hyvin erivärit erottuvat toisistaan. Värintoistoindeksi voidaan lyhentää CRI, joka tulee englanninkielisestä ilmaisusta colour rendering index. Arvot sijoittuvat välille 0 – 100. Värintoistoindeksin ilmaisussa käytetään Ra-arvoa. Kun värintoisto indeksin arvo on 100 kaikki värit erottuvat hyvin. Esimerkiksi hehkulampulla värintoistoindeksi arvo on aina 100. Arvolla 0 kaikki värit näyttävät mustavalkoiselta, eli eri värejä ei pysty erottamaan. (Valokas., ei pvm)



Valaistuksessa pahimpia epäkohtia on häikäisy, joka aiheuttaa epämukavuutta näkökyvyssä ja vaikeuttaa yksityiskohtien erottamista (Halonen & Lehtovaara, 1992, s. 411). Valo etenee suoraviivaisesti, osuen heijastaviin tai säteileviin esineisiin eli valonlähteisiin. Valon osuessa läpäisemättömään esteeseen syntyy esteen taakse varjo. Varjoja on kahta erityyppistä, puoli- ja sydänvarjo. Sydänvarjon erottaa teräväreunaisuudesta ja tummasta väristä. Puolivarjo on sydänvarjon ulkopuolella oleva harmaampi varjo, joka on lähtöisin laaja-alaisesta valonlähteestä. (Peda.net., ei pvm)

3.1 Valaisinluokitukset

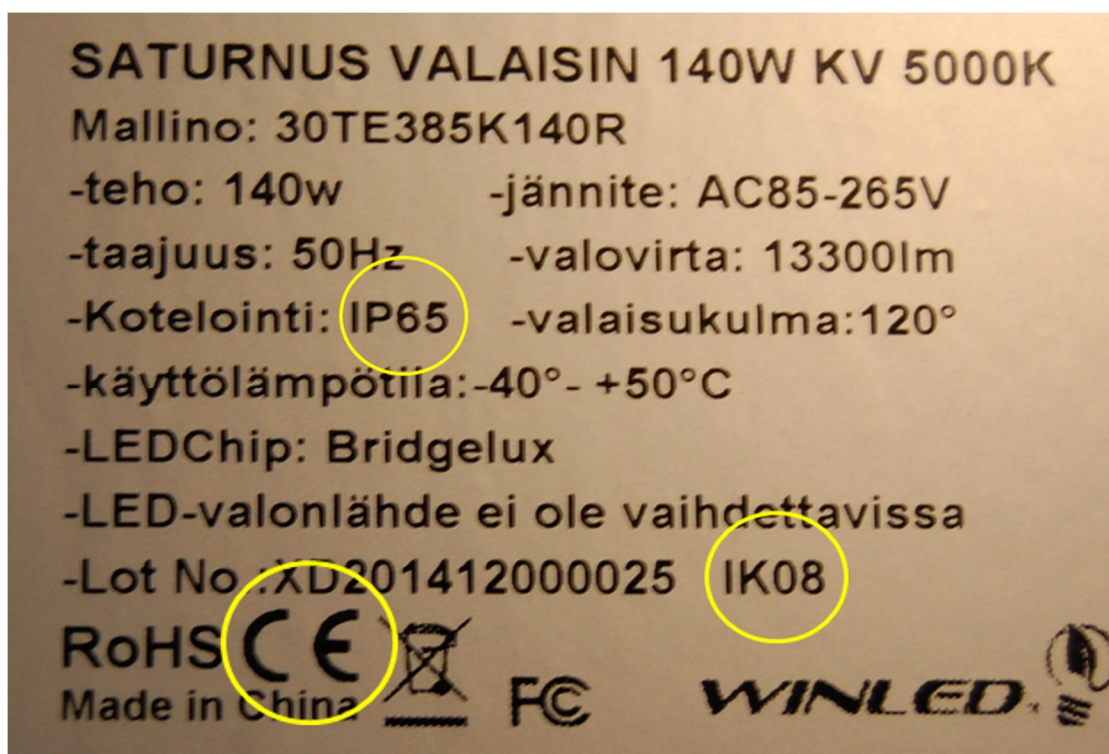
IP-luokitus on järjestelmä, joka luokittelee sähkölaitteiden tiivyyden. Luokitusten määrittely on antanut International Electrotechnical Commission eli IEC standardissa 60529. IEC on kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio. (International Electrotechnical Commission., ei pvm) Kyseinen IP-luokituksella määritetään valaisimen koteloinnin suojaus vieraita esineitä kohtaan sekä sen vesitiivyyttä. IP-luokassa on kaksi numeroa, joista ensimmäinen määrittää, kuinka hyvin laite on suojattu ulkopuolisilta kappaleilta. IP-luokituksen toinen numero kertoo, kuinka hyvin laite on suojattu vedeltä. (Hammarin Sähkö Oy., ei pvm) Liitteessä 3 on IP-luokitukset numeroin ja selityksin. Esimerkikivalaisimen IP-luokitus on IP44, tällöin valaisimeen ei pääse menemään yli millimetrin kokoisia kappaleita eikä vesiroiskeita. IP-luokituksen lisäksi valaisimissa voidaan koteloinnista kertoa IK-luokka. IK-luokka kertoo, kuinka suuren mekaanisen voiman kotelo kestää. Luokitus määritellään välille 00 – 10. (Fibox., ei pvm)

CE-merkintä tarkoittaa, että niitä voidaan markkinoida Euroopan Unionin (EU)- ja Euroopan talousalueen (ETA) sisällä. Jotta valaisin saa CE-merkinnän tulee sen läpäistä sille laaditut direktiivit ja vaaditut tarkistukset. (Ensto 1., ei pvm) Valaisimet voivat sisältää monia muitakin merkintöjä, jotka on esitetty taulukossa 5. F-merkinnällä varustettu valaisin on hyväksyttyä asentaa syttyvää pintaa vasten. Mikäli F-merkin päällä on rasti, ei valaisinta saa asentaa syttyvää pintaa vasten. D-luokitettu valaisin soveltuu pölyisiin olosuhteisiin, koska sen pintalämpötila on korkeintaan 90 °C. (GLAMOX., ei pvm)

Taulukko 5. Valaisimien keskeisimpiä merkintöjä.

Merkintä	Selitys
CE	Valmistaja / maahantuoja takaa tuotteen täyttävän sille asetetut vaatimukset EU/ETA:n sisällä.
	Valaisimen asennus on hyväksytty syttyvää pintaa vasten.
	Valaisinta ei saa asentaa syttyvää pintaa vasten.
IK	Ulkoisen mekaanisen voiman kestävyys.
D	Valaisin soveltuu pölyisiin tiloihin. Valaisimen pintalämpötila korkeintaan 90 °C.

Valaisimen tyyppikilvestä löytyy yleensä paljon tietoa. Kuvassa 5 on esitetty valaisimen tyyppikilpi, jossa Euroopassa käytetyt luokitukset on ympyröity keltaisella ympyrällä. Valaisimen tyyppikilvestä selviää muun muassa valaisimenmalli, -teho, -jännite, -taajuus, -valovirran määrä, -valaisukulma, -IP-luokitus, suositeltukäyttö lämpötila ja koteloinnin iskunkestävyysluokka IK. Kyseinen valaisin on CE-hyväksytty.



Kuva 5. Valaisimen tyyppikilpi esimerkki (Lotvonen, 2015).

3.2 Led

Led-valaisimet ovat kasvattaneet suosiota valaistuksessa energiatehokkuuden ja pitkän käyttöikänsä ansiosta. Valot syttyvät heti, eivätkä sisällä elohopeaa, kuten loistevalaisimet ja energiansäästölamput. Led-lamppujen hinnat ovat laskeneet tekniikan keittyessä, mutta ovat silti vielä huomattavasti kalliimpia kuin esimerkiksi loisteputkivalaisintekniikka. Pitkä käyttöikä ja energiatehokkuus parantavat led-valaisimen takaisinmaksuaikaa. (Lampputieto., ei pvm)

Led (LED) lyhenne tulee sanoista Light-Emitting Diode. Diodi tarkoittaa sitä, että sähkövirta pystyy kulkemaan vain toiseen suuntaan, eli led-valaisimet käyttävät tasavirtaa. Suomessa käytettävä verkkovirta on yleisesti vaihtovirtaa, eli ennen kuin saadaan led-valaisin kytkettyä toimintaan, pitää välissä olla tasasuuntausmuunnin. (Harris & Fenlon, 2002.)

Led-lampun toimintaperiaate perustuu katodilta anodille kulkevaan päästösuuntaiseen virtaan, jossa elektronit ja elektroniaukot liikkuvat kohti sirun liitoskohtaan. Liitoskohdassa elektroniaukot ja elektronit kohtaavat ja liittyvät toisiinsa. Tämän tapahtuessa vapautuu energiaa, jolloin osa vapautuneesta energiasta emittoituu eli lähettää valoa ja osa synnyttää lämpöä. Led-valaisimessa lämpö ei säteile ulospäin vaan se johtuu jäähdytinlevyyn, joka on valokennon takapuolella. (Tetri., ei pvm)

Led on puolijohdekomponentti, jolla pystytään tuottamaan valoa syöttämällä sähkövirtaa komponenttiin. Led voi koostua useista puolijohdekomponenteista. Näitä puolijohdekomponentteja voi olla samassa valaisimessa useita. Ledistä saatava valonväri riippuu käytettävissä olevista puolijohdekomponenteista. Puolijohdekomponenteilla vaikutetaan ledistä lähtevään aallonpituuteen. (Osram 1., ei pvm)

Led-valaisimesta lähtevä valon aallonpituus riippuu siitä, kuinka suuri määrä energiaa vapautuu puolijohdekomponentissa. Kun suuri määrä energiaa vapautuu, syntyy sinistä valoa ja pienen määrän vapautuessa syntyy punaista valoa. Led-valaisimet tuottavat yksiväristä valoa, eli ledit kykenevät tuottamaan hyvin kapealle alueella olevaa aallonpituutta. Led-valaisimilla kyetään tuottamaan monia eri värejä, mutta pelkkää valkoisen valon aallonpituutta ei pystytä tuottamaan. Valkoisen valon erikoisuus on se, että se on useamman eri valon värien sekoitus. Led-valaisimella kyetään tuottamaan valkoista valoa kahdella eri tavalla: fotoluminesenssilla ja additiivisella värisekoituksella. (Osram 2., ei pvm)

Fotoluminesenssissä sininen-led päällystetään loisteainekerroksella. Kun korkeaenerginen ja lyhytaaltoinen sininen valo eli foton osuu loisteainekerrokseen, se absorboituu ja virittelee loisteaineessa elektronin ylemmälle viritystilalle. Viritystilan purkautuessa atomi lähettää matalaenergisempää ja pidempiaaltoista valkoista valoa. Tällä periaatteella led-valaisimella kyetään tuottamaan valkoista valoa. Loisteaineväriaineen paksuudella led-komponentin päällä kyetään vaikuttamaan valaisimesta lähtevään valkosävyyn. (Osram 2., ei pvm)

Additiivinen värisekoitus led-valaisimissa tarkoittaa, että led-valaisimessa on sinisiä, punaisia ja vihreitä ledejä käytössä, joiden yhtäaikaisessa toiminnassa syntyy valkoista valoa. Näin toimivia led-valaisimia voidaan käyttää koristevalaisussa ja led-televisioissa. (Osram 2., ei pvm)

Led-valaisimen käyttöikä vaikuttaa ympäristön lämpötila. Lämpötilan kohotessa led-valaisimen käyttöikä alenee, kun vastaavasti lämpötilan laskiessa käyttöikä voi lisääntyä. (Glamox luxo., ei pvm, s. 6.) Led-valaisin ei itsessään säteile lämpöä ulospäin, vaan se johtuu led-komponentin rakenteista ulospäin. Ledin käyttämästä energiasta lämmöksi muuttuu 75 % ja valoksi 25 %. Hehkulampun valontuotto on 5 kertaa pienempi kuin ledissä. Hehkulampun käyttämästä energiasta 95 % kuluu lämmön tuottoon. (Lumilab., ei pvm)

3.3 Valaisimet

Navettarakennuksissa on käytössä erilaisia valaisintyyppisiä, riippuen millä aikakaudella tai vuosikymmenellä navetta on rakennettu. Työtehoseuran vuonna 2010 tekemän tutkimuksen mukaan yleisimmin navetoissa käytetään loisteputkivalaisimia. Muita navetoissa käytettäviä valaisintyyppisiä ovat monimetalli-, korkeapainenatrium- ja led-valaisimet. (TTS, 2010, s. 2.) Lamppujen valon muodostuminen on jaettavissa kahteen eri ilmiöön. Hehkulampuissa metallilanka kuumennetaan hehkuvaksi, jolloin syntyy valoa ja lämpöä. Toisessa ilmiössä valon aiheuttaa kaasupurkaus, jonka seurauksena syntyy valoa. Kaasupurkausilmiötä on olemassa useita erilaisia. Monesti lampuissa käytetään useampia ilmiöitä valon tuottamiseksi. Kaikkien valaisintyyppien valovirta alenee ajan myötä, led-valoilla alenema on kuitenkin hitaampaa kuin purkauslamppuilla. (Ahokas; Rajaniemi; & Turunen, Maatalousrakennusten valaistus, ei pvm, ss. 3-6.) Valaisinmateriaaliksi navetta ilmastossa suositellaan ammoniakkikaasua kestäviä materiaaleja. Akryyli ja polykarbonaatti kestävät ammoniakkikaasuja, polykarbonaattia suositellaan kuitenkin paremman mekaanisen kestävyuden vuoksi käytettäväksi navettaolosuhteissa. (Ahokas, Energian kulutus ja säästö karjataloudessa, 2013, ss. 34–35.)

Loisteputkivalaisimia käytetään eläintiloissa paljon. Loisteputken valon muodostuminen tapahtuu pienpaine elohopeapurkauksen seurauksena. Loisteputkien käyttöikä vähenee jokaisen sammutuksen ja uudelleensytytyksen sekä liitäntälaitteen ominaisuuksien vaikutuksesta. Jännitteen muutos prosentilla voi heikentää valaisuvoimakkuutta useilla prosenteilla. Loisteputkien syttymisnopeuteen ja kestoikään vaikuttaa myös ilman lämpötila. (Energia-akatemia, 2013, s. 32.) Loisteputken valotehokkuus vaihtelee 63 – 93 lm/W välillä, tässä ei ole kuitenkaan otettu huomioon liitäntälaitteen ottamaa tehoa. Syttymisaika loisteputkella on puolesta minuutista minuuttiin. Polttoikä loisteputkilla on 6 000 – 25 000 tuntia, riippuen käyttökohteesta. Aalto-yliopiston tekemän testin mukaan loisteputken valoteho aleni 1000 tunnin kohdalla 10 % ja 3000 tunnin kohdalla alenema oli 20 %. (Vipe-LED, 2015.) Loisteputki valaisintyyppiä on erilaisia. Valaisimen pituus vaihtelee kuten myös se onko rungossa paikka yhdelle, vai kahdelle loisteputkelle. Kuvassa 6 on koteloitu loisteputkivalaisin.



Kuva 6. Koteloitu loisteputkivalaisin, jossa on paikka kahdelle loisteputkelle (Lotvonen, 2015).

Monimetallilampun toimintaperiaate perustuu halogeenilamppuun, jossa metallilangan hehkuminen saa aikaiseksi valon. Valon tehostamiseksi käytetään kaasupurkausta, joka sisältää elohopean lisäksi eri halogeeniyhdisteitä. Lamput ovat energiatehokkaita ja hyviä värintoistoltaan.

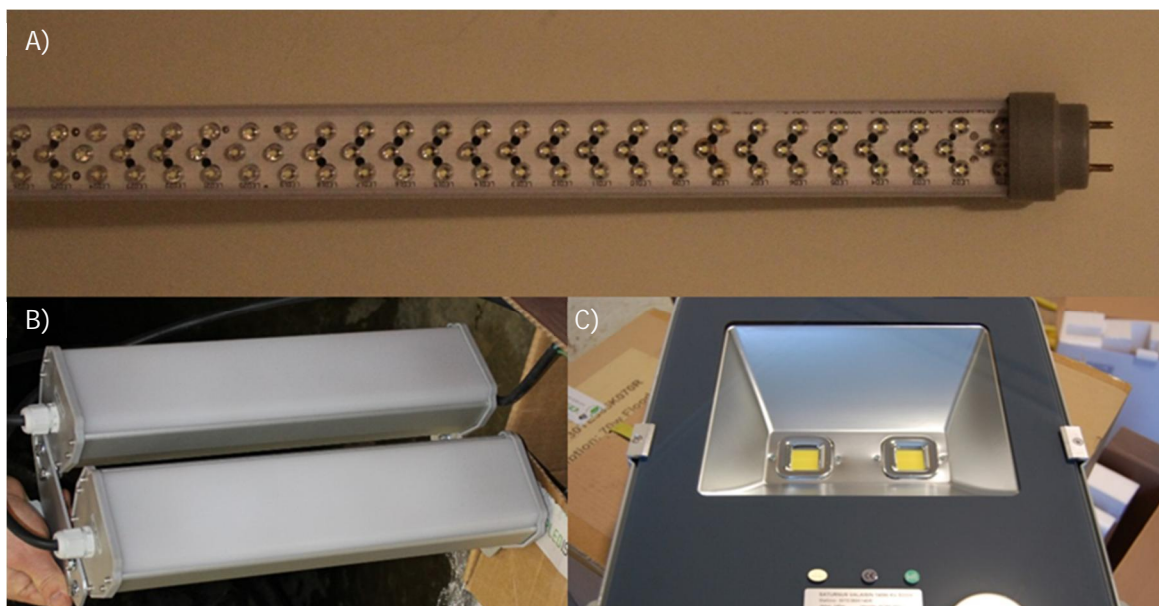
(Ahokas;Rajaniemi;& Turunen, Maatalousrakennusten valaistus, ei pvm, s. 6.) Monimetallilampun syttyminen ja täyden valotehon saavuttamiseen menee 2 – 3 minuuttia (Elektroskandia, ei pvm, s. 1). Monimetallilamppujen valotehokkuus vaihtelee 75 – 120 lm/W välillä ja polttoikä 12 000 – 15 000 tunnin välillä (Alppilux).

Korkeapainenatriumlampussa valo syntyy, kun natrium höyrystyy korkeassa lämpötilassa. Tätä ilmiötä kutsutaan luminenssiksi eli purkaukseksi. Lamput tuottavat kaksinkertaisen määrän valoa verrattaessa loisteputkiin ja ovat siksi parempia valotehokkuudeltaan. (Ahokas;Rajaniemi;& Turunen, Maatalousrakennusten valaistus, ei pvm, ss. 2-6.) Lampun täyden valotehon saavuttaminen kestää noin 3 minuuttia (Elektroskandia, ei pvm, s. 1). Korkeapainenatrium valaisimien valotehokkuus vaihtelee 70 – 140 lm/W välillä ja kestoikä 12 000 – 24 000 tunnin välillä. (Vipe-LED, 2015). Kuvassa 7 on valaisinrunko, joka soveltuu käytettäväksi monimetalli- sekä korkeapainenatriumlampun kanssa.



Kuva 7. Kuvassa valaisinrunko, johon soveltuu käytettäväksi monimetalli- tai korkeapainenatriumlamppu (Lotvonen, 2015).

Kiinnostus LED-valoihin on kasvanut koko ajan. Kiinnostusta herättää energiatehokkuus, pitkä polttoikä, himmennettävyyys, nopea syttyminen ja sytytyskertojen määrän vaikuttamattomuus käyttökään. Led-valojen polttoikä voi olla jopa yli 100 000 tuntia. (Energia-akatemia, 2013, s. 31.) Led-valojen käyttöikä on määritelty loppuneen, kun valoteho on laskenut 30 % alkuperäisestä tasosta. Valotehon alenema on Aalto-yliopiston tutkimuksen mukaan 2 – 3 % kolmentuhannen tunnin kohdalla. (Vipe-LED, 2015.) Aiemmin mainitut purkausvalot ovat ympäri säteileviä, eli antavat valoa useampaan suuntaan, kun taas led-valaisimet suuntaavat valon. Led-Lamppujen valotehokkuus paranee koko ajan, ollen tällä hetkellä 160 lm/W. (Glamox luxo., ei pvm) Led-valaisimien energiatehokkuuden ennustetaan paranevan vuoteen 2030 mennessä 200 lm/W (Ahokas;Rajaniemi;& Turunen, Maatalousrakennusten valaistus, ei pvm, ss. 3-6). Led-lamppuja ja -valaisimia on saatavilla eri käyttökohteen ja tarpeen mukaan. Kuvassa 8 on esitetty navettavalaistuksessa yleisimmin käytetyt led-valoputki sekä modulaarinen led-valaisin ja led-valaisin. Led-valaisimissa on kehitelty linssiteknikkaa, jonka avulla valonjakoa saadaan paremmaksi. Linssiteknikassa valonsäteet kohdistetaan linssiin, joka jakaa valon tasaisemmin. (Turunen, Energia-asiantuntija, 2015.)



Kuva 8. Kuvassa A) Led- valoputki B) Modulaarinen led-valaisin ja C) Led-valaisin (Lautiainen, 2015) ja (Lotvonen, 2015).

Valaisimien polttoikä ja valotehokkuus vaihtelevat lamppu- ja valaisintyyppien välillä. Valaisimen käyttökohde ja olosuhteet vaikuttavat valaisimen polttoikään. Taulukossa 6 on navettarakennuksessa yleisimmin käytettyjen valaisimet, sekä niiden valotehokkuus ja polttoikä.

Taulukko 6. Valotehokkuus ja polttoikä eri valaisin tyypeillä.

Valaisin tyyppi	Valotehokkuus (lm/W)	Polttoikä (h)
Loisteputki	63 – 93	6 000 – 25 000
Monimetallilamppu	75 – 120	12 000 – 15 000
Korkeapainenaatrium	70 – 140	12 000 – 24 000
Led-valaisin	70–160	30 000 – 120 000

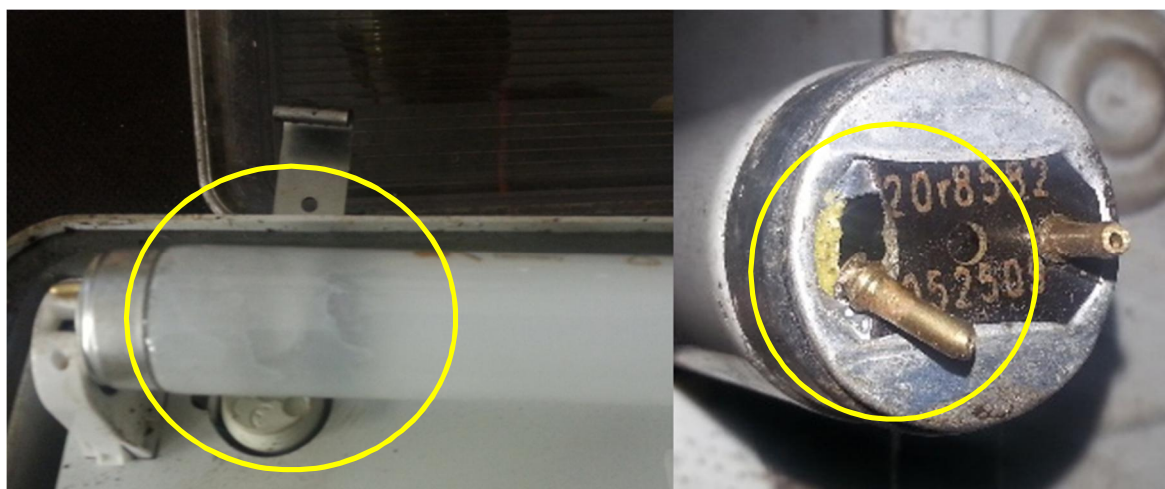
Led-valaisimet ja valoputket

Led-valoputket ovat valmistettu niin, että ne sopivat yleisimpiin loisteputkivalaisinkantoihin. Vaihdettaessa led-valoputki loisteputken tilalle, tulee huomioida, ettei turvallisuus kärsi tai aiheuta minkäänlaista vaaraa. Markkinoilla on kahden tyyliä led-valoputkia: Retrofit- ja muutossarjavaloputkia. (Tukes, 2014, s. 1.) Led-valoputkien valotehokkuus on noin 120 lm/W (Valtavallo).

Retrofit led-valoputken asennuksessa tulee huomioida valmistajan ilmoittamat rajoitukset, kuten putkimallin- ja valaisimenrajoitukset. Retrofit-valaisimien tulee täyttää lainsäädännössä säädetyt turvallisuus ja sähkömagneettisuusvaatimukset. Retrofit- led-valaisin voidaan asentaa valaisimiin, joissa on magneettinen virranrajoitin. Retrofit asennuksessa tulee loisteputken sytytin vaihtaa led-sytyttiin. (Tukes, 2014, s. 2.) Led-sytyttimestä käytetään myös nimitystä oikosulkupala.

Led-valoputkimuutossarjalla tehtävät muutokset loisteputkivalaisimiin tarkoittavat sitä, että vanhan loisteputkivalaisimen rakenteeseen tehdään muutoksia. Muutossarjaan kuuluu muun muassa liitäntälaitteet, ohjauselektronikka, lampun pitimet ja johdotukset. Muutossarjan asennuksen jälkeen alkuperäinen valaisimen valmistaja ei ole vastuussa valaisimen turvallisuudessa, vaan vastuu siirtyy muutossarjan valmistajalle. Mikäli asennustyö on oikein suoritettu, siirtyy vastuu led-muutossarjan markkinoijalle. (Tukes, 2014, s. 3.) Matti Tossavainen (2016) Valtavalolta totesi, että: *"Mikäli muutos tehdään vanhaan loisteputkivalaisimeen, tulee valaisinrunkoon asentaa varoitustarra, ettei kukaan mene tietämättään asentamaan loisteputkea led-valoputkelle muutettuun valaisimeen."* (Tossavainen, 2016.)

Opinnäytetyötä varten testattiin mitä tapahtuu loisteputkelle, jos se asennetaan sellaiseen valaisinrunkoon, jossa sytytin on korvattu oikosulkupalalla. Loisteputki hehkui molemmista päistä hetken ajan punaisena, jonka jälkeen valo sammui. Loisteputkia tarkasteltaessa putki oli palanut ja loisteputken pää oli sulanut. Oikosulkupalalla varustetussa loisteputkivalaisimessa on sähköiskun vaara, mikäli siihen mennään asentamaan tavallinen loisteputki (Blomberg, 2015). Kuvassa 9 on nähtävillä loisteputkelle tulleet ulkoiset vauriot oikosulkupalalla.



Kuva 9. Loisteputkenpää sulii virran vaikutuksesta (Lotvonen, 2015).

Modulaarisuus led-valaisimissa tarkoittaa sitä, että valaisin on rakennettu komponenteista, jossa led-komponentti on vaihdettavissa. Komponentti pystytään vaihtamaan uuteen, mikäli vanha komponentti hajoaa. Monet led-valaisimet ovat integroituja. Tällöin valaisimen rikkoutuessa, joudutaan uusimaan koko valaisin, koska led-komponenttia ei pystytä vaihtamaan. Modulaarisen led-valaisimen hyötyinä on muun muassa käyttöiän parantaminen. Komponenteista rakennetun valaisimen hyötynä on myös luotettavuus, koska osia käytetään myös muissa valaisimissa ja komponentteja voidaan lisätä samaan valaisimeen ja näin saadaan lisää valotehoa. Komponenttien vaihtomahdollisuus tarkoittaa, että valaisinta voidaan myös päivittää tehokkaammaksi. (Valopaa., ei pvm)

3.4 Valaistuksen vaihdossa huomioitavaa

Tässä osiossa käsitellään sähkölaitteisiin ja valaistukseen liittyviä asioita, kuten STUL-takuuta, investointiavustusta, paloturvallisuutta ja vakuutusyhtiöiden näkökulmaa. Led-valaisimista on mielikuva alhaisesta lämmöntuotosta ja pitkästä polttoikästä. Alhainen lämmöntuotto liitetään paloturvallisuuteen. Pitkä käyttöikä puolestaan koetaan vähäisenä huoltotarpeena. Valaisimia tulisi kuitenkin puhdistaa aika ajoin, jotta paloturvallisuus ja valoteho säilyvät.

STUL-takuu

STUL -takuu järjestelmän on luonut sähkö- ja teleurakoitsijaliitto. Vuonna 1998 astui voimaan rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE. Sopimusehtojen mukaan urakoitsijan takuu-aika on rakennuskohteen luovutuksen jälkeen kaksi vuotta. Urakoitsijan tulee käyttää rakennustuotteita, joiden takuu on vähintään kaksi vuotta. Useilla sähkötarvikkeilla ja –laitteilla ei ole kahden vuoden takuuta, joten STUL-takuu- järjestelmä on luotu jakamaan kustannukset oikeuden mukaisesti valmistajan / maahantuojan ja urakoitsijan välillä. Takuu velvoittaa myyjää poistamaan takuuajana ilmenneet vialliset sähkölaitteet ja korvaamaan korjaamisesta sekä vaihtotyöstä aiheutuneet kohtuulliset kustannukset. Myyjä ei kuitenkaan vastaa huoltotyön laiminlyönnistä tai virheellisestä asennuksesta. Välitysmyyntissä takuu on enintään 36 kuukautta ja suoramyyntissä 30 kuukautta. (STUL., ei pvm)

Investointiavustus

Led-valaisimien hankintakustannukseen on mahdollisuus hakea investointiavustusta, se on energiatuen alaista tukea. Valaistukseen liittyvään investointiin voi saada 30 % investointiavustusta, kun hyväksyttävät kustannukset ovat yli 10 000 euroa. Avustuksen minimiarvo on siis 3 000 euroa. (Ikäheimo, 2015.) Energiatuella tuettavat hankkeet edistävät uusiutuvan energiantuotannon käyttöä. Tuen piiriin kuuluvat myös energiansäästöä, energiantuotantoa tai käytön tehostamista lisäävät investoinnit. (Motiva oy, 2015.) Investointitukea tulee hakea oman alueen ELY-keskukselta. Investointiavustukselle maataloudessa on määritetty 4 tukijaksoa vuodelle. Ajankohdat näille tukijaksoille ovat: 16.10 – 15.1, 16.1 – 15.3, 16.3 – 15.8 ja 16.8 – 15.10. Tukipäätökset pyritään tekemään viimeistään 2 kuukautta tukijakson päättymisen jälkeen. Valaisimien investointia ei saa aloittaa ennen kuin on saanut tukipäätöksen ELY-keskukselta. (Maaseutuvirasto., ei pvm)

Paloturvallisuus

Led-valoja on pidetty paloturvallisina alhaisen lämmöntuotonsa ansiosta. Tutkimuksessa haastateltiin kahta maatilavakuuttajaa: LähiTapiolaa ja Pohjolaa. Yhtiöiltä selvitettiin, otetaanko palovakuutuksessa huomioon paloturvallisempia valaisimia ja millainen osuus tulipaloista on valaisimista johtuvia. LähiTapiolan riskikartoittaja Juhani Savolaisen mukaan tulipaloista 50 – 60 % on sähköpaloja, joista valaisimesta johtuvia tulipaloja on kolmasosa. Valaisinpaloja seurataan tilastojen avulla. Suomessa PRONTO- ja Ruotsissa SIRENEN-tilastojen mukaan valaistuspalot ovat kasvussa. Vuonna 2009 valaisinpaloja oli yli 120 kappaletta Suomessa ja Ruotsissa. Loisteputkien osuus valaisinpaloista

on 80 %. Loisteputkien tyypillisiä tulipalon aiheuttajia ovat väärin asennettu tai jumiutunut sytytin, kuvun puuttuminen tai rikkoutuminen sekä rikkiäiset tiivisteet. Kuvun rikkoutuessa valaisin ei täytä sille asetettua kotelointiluokkaa. (Savolainen, 2015.)

LähiTapiolalla valaistus ei ole erillinen kohde riskikartoituksessa, vaan luetaan sähkölaitekokonaisuuteen. Savolainen LähiTapiolalta kertoo, että: *”LähiTapiola on jakanut elektronisia turvasytyttimiä, jotka katkaisevat loisteputkelta virran, kun lampun polttoikä alkaa olla loppupäässä”*. (Savolainen, 2015.) Pohjolan vakuutuksissa maatilalle tehtäessä turvakartoitusta huomioidaan valaistus sähkölaitekokonaisuuden alaisena. Matti Roms Pohjolalta kertoo, että: *”Laadukkaat ja hyväksytyt valaisimet alentavat paloturvallisuusriskiä, joka alentavat riskiluokitusta”* (Roms, 2015). Kuvassa 10 loisteputki hehkuu punaisena, kun sen käyttöikä on päättynyt. Punaisena hehkuvan loisteputken lämpötila voi nousta jopa 200 °C (Lähitapiola, 2014).



Kuva 10. Loisteputki hehkuu punaisena käyttöikänsä päättyessä (Lotvonen, 2015).

Opinnäytetyössä mitattiin toimivan loisteputkivalaisimen kotelon sisälämpötilan. Loisteputkivalaisin oli tyypiltään 2 x 58 wattia. Valaisinta pidettiin tunnin ajan päällä, jolloin kotelon sisälämpötila lopetti kohoamisen. Loisteputkivalaisimen kotelon sisälämpötila oli tunnin polttoajan jälkeen 43,4 °C. Kuvassa 11 on loisteputkivalaisimen kotelon sisälämpötilan mittaustulos tunnin polttoajan jälkeen.



Kuva 11. Loisteputkivalaisimen kotelon sisälämpötila oli 43,4 °C tunnin polttoajan jälkeen (Lotvonen, 2015).

Maatilan palontorjunta ohjeissa annetaan ohjeet ja vaatimukset maatalojen vaaratilanteiden ehkäisemiseksi ja tulipalojen torjuntaan. Mikäli turvallisuusohjeet ovat liitetty vakuutus sopimukseen, on vakuutetun noudatettava ohjeistusta. Veloitteiden noudattamattomuus voi vähentää tai evätä vakuutus korvauksen. (Keskusliitto, 2007, s. 1.) Maatilan palontorjunta ohjeessa sanotaan valaistuksen osalta seuraavasti. *”Käytettävien valaisimien tulee täyttää sähköturvallisuusvaatimusten kyseiseen käyttötilaan määrittelemä kotelointiluokka. Pölyisissä ja palonaroissa tiloissa ei saa käyttää lainkaan halogeenivalaisimia eikä muita valaisimia, joiden pintalämpötila on yli 100 °C. Rikkinäiset valaisinkuvut ja loistevalaisimet on välittömästi uusittava.”* (Keskusliitto, 2007, ss. 7–8.) Iisalmen pelastuslaitoksen palotarkastajan Pasi Saarisen mukaan, navetoiden palotarkastuksissa ei valaisimiin itsessään kiinnitetä huomiota, vaan tarkastellaan yleistä siisteyttä ja pölyttömyyttä valaisimissa. Palotarkastusta ei välttämättä tarvitse suorittaa valaisimien vaihdon jälkeen, vaan tarkastus on tilakohtainen. Valaistuksen vaihdon jälkeen voi tilallinen halutessaan pyytää palotarkastajaa käymään tarkastamassa valaistuksen. (Saarinen, 2016.)

Valaisimen kunnossapito

Navettaolosuhteissa valaisimet likaantuvat nopeasti. Suositeltavaa on, että valaisin puhdistettaisiin kaksi kertaa vuodessa, jotta navetassa saavutetaan riittävä valaisuteho ja paloturvallisuus. Loisteputkivalaisimien suojakupu on irrotettava ja puhdistettava sisältä- ja ulkopuolelta. Valonheitin tyypisessä valaisimessa pelkkä valaisimen ulkoinen puhdistus riittää. Tarvittaessa palaneet lamput ja sytyttimet on uusittava. Eläinten keskellä tapahtuva puhdistus ja huoltotyössä tulee huomioida työturvallisuus. Eläinten pääsy telineiden ja nostinten läheisyyteen olisi estettävä. Punaisena hehkuva loisteputkilamppu tulisi viipymättä uusiksi. Valaisimien vaihtoon liittyy sähköiskun vaara, joten työ pitää jättää sähköalan ammattilaiselle. (Savolainen.)

4 TYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tavoitteena on hakea vastausta kysymykseen, kannattaako navettaan investoida led-valaisimet ja mitä niiden vaihdossa tulisi ottaa huomioon. Teemahaastatteluiden avulla pyritään selvittämään maatalousyrittäjiltä mitä tulisi ottaa huomioon valaistusta uusittaessa ja millaisia kokemuksia tilallisia on valaistuksen vaihdosta. Konkreettisenä tuotoksena on kolme investointilaskelmaa led-valaisimien vaihdosta aiheutuvista kustannuksista sekä teorianetopaketti navetan valaisimista ja valaistuksesta. Työn tuloksien tarkoitus on antaa vastauksia maatalousyrittäjille, neuvojille, sähkö-asennusyrityksille, valaisimien maahantuojuille ja valmistajille sekä päättäjille.

4.1 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyö on tutkimuksellinen ja toiminnallinen työ, jossa tutkitaan valaistuksen uusimisen kannattavuutta. Tutkimuksessa apuna käytetään lähtötietoja, joiden on oltava täsmällisiä. Lähtötietojen pohjalta pystytään suorittamaan tarvittavat investointilaskelmat. Laskelmilla saaduilla tuloksilla pystytään arvioimaan investoinnin kannattavuus, johon opinnäytetyöllä haetaan vastausta.

Tutkimuksella on aina jokin tarkoitus tai tehtävä. Tarkoitus ohjaa tutkimusstrategian valintoja. Tarkoitusta luonnehditaan neljällä piirteellä, ne ovat: kartoittava, selittävä, kuvaileva tai ennustava. Tutkimukseen voi sisältyä useampia edellä mainittuja vaihtoehtoja. Kartoittavassa tutkimuksessa etsitään uusia näkökulmia ja selvitetään vähemmän tunnettuja ilmiöitä. Selittävässä tutkimuksessa etsitään selitystä tilanteelle, tai ongelmalle ja tunnistetaan syy-seuraussuhteita. (Hirsijärvi, 2014, s. 138.)

Tämä opinnäytetyö on kartoittava ja selittävä luonteeltaan. Tässä työssä esimerkkinä voidaan pitää kysymystä; mitä valaistuksen vaihdossa olisi hyvä ottaa huomioon.

Opinnäytetyö toteutetaan kvalitatiivisena eli laadullisena- ja toiminnallisena tutkimuksena. Kvalitatiivisen tutkimuksen aineisto sisältää monenlaista tietoa. Opinnäytetyössä on myös asioita, joita on hankala mitata määrällisesti. Työ- ja paloturvallisuuteen vaikuttavat tuotantorakennuksissa valaistuksen lisäksi moni muukin seikka. Lähtökohtana laadullisessa tutkimuksessa on todellisen elämän kuvaaminen. Pyrkimyksenä on selvittää jo olemassa oleva tieto ja pyrkiä paljastamaan tai löytämään tosiasioita. Kvalitatiivisen tutkimuksen tarkoitus ei ole pelkästään todentaa olemassa olevia totuuksia. (Hirsijärvi, 2014, ss. 160-161.)

Kvalitatiiviselle tutkimukselle tyypillistä on kokonaisvaltaisen tiedon hankinta. Aineisto kootaan luonnollisista sekä todellisista tilanteista. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on myös tyypillistä pyrkiä paljastamaan odottamattomia seikkoja, sen vuoksi lähtökohta ei ole hypoteesin testaaminen. Tutkittavat kohteet valitaan tarkoituksen mukaisesti. Tapauksia käsitellään ainutlaatuisesti ja aineistoa tutkitaan tapauskohtaisesti. (Hirsijärvi, 2014, s. 164.) Tässä opinnäytetyössä tullaan teorianetia käyttämään perustana. Omat havainnot, teemahaastattelut sekä asiantuntijoilta saatu tieto ovat teorianetia tukena.

Teemahaastatteluiden tutkimusmenetelmänä on kartoittava tutkimus, eli tarkoituksena on etsiä uusia näkökulmia led-valojen käyttöön navettarakennuksissa. Tutkimuksen aikana saadaan tietoa, kuinka led-valot ovat toimineet navetta olosuhteissa sekä mitä valaistuksen vaihdossa on hyvä ottaa huomioon.

Tutkimuksessa on myös paljon kvantitatiivisia piirteitä, koska tietoa käsitellään tilastollisella ja numeerisella tasolla. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa kysytään yleensä määrää, kuinka paljon. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa keskeistä ovat johtopäätökset aikaisemmista tutkimuksista. Käsitteiden määrittely ja avaaminen sekä aiempien tutkimusten teoriat ovat keskeistä asiasisältöä. Päätelmien teko havaintoaineistosta ja sen analysointi sekä tulosten kuvaaminen on tärkeää. Kokeelliselle tutkimukselle ominaisia piirteitä ovat muun muassa se, että muutoksia mitataan numeerisesti ja sillä pyritään testaamaan hypoteesin paikkansa pitävyys. (Hirsijärvi, 2014, ss. 139-141.) Opinnäytetyössä kvantitatiivisia tutkimuspiirteitä on valaistusinvestoinnin kannattavuus sekä teoritiedoissa johtopäätökset aikaisemmista tutkimuksista. Hypoteesina on, että led-valot vaikuttavat positiivisesti kannattavuuteen.

Kerätty teoratieto, käyttäjäkokemusten ja investointilaskelmien pohjalta saatu aineistoa voidaan analysoida. Karkeasti yksinkertaistaen analyysitapoja ovat karkeasti selittämiseen tai ymmärtämiseen tähtäävä lähestymistapa. Selittämistavassa käytetään yleensä tilastollista analyysia ja päätelmien tekoa. Ymmärtämistavassa puolestaan käytetään laadullista analyysia ja päätelmien tekoa. Analyysitavan valinta on tärkeä, koska silloin valitaan parhaiten sopiva tapa tutkimustehtävään. (Hirsijärvi, 2007, s. 219.) Tässä opinnäytetyössä käytetään molempia lähestymistapoja. Teoritiedossa pyritään ymmärtämään tekijöitä, jotka vaikuttavat valaistukseen. Investointilaskelmissa puolestaan selitetään, miten saatuihin tuloksiin on päädytty. Opinnäytetyön tulokset ja johtopäätökset ovat tärkeä osa työtä. Johtopäätöksissä avataan saatuja tuloksia ja pohditaan lisätutkimuksen mahdollisuuksia.

4.2 Luotettavuus

Tutkimuksen onnistuminen vaatii tarkkoja ja oikeita lähtötietoja, jotta saadaan mahdollisimman luotettava työ. Investointilaskelmia tehtäessä laskelmien tulee olla tutkimukseen soveltuvia. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2009, s. 22.) Luotettavuuteen vaikuttaa monet seikat ja tutkimuksen luotettavuudessa ei aina onnistuta. Mahdolliset tutkimukseen liittyvät häiriötekijät ja virhetulkinnat olisi syytä esitellä työssä. Tutkimuksen tulosten julkistamistapaa täytyy myös miettiä, jotta väärinkäsityksiltä vältytään. (Hirsijärvi, 2014, ss. 231–233.)

Tutkimuksen kuvaus on tehtävä tarkasti, jotta tutkimus on tarvittaessa toistettavissa. Toistettavuutta kutsutaan reliabiliteetiksi, sillä mitataan tutkimuksessa esiintyviä, ei sattumanvaraisia tuloksia. Tulos on reliabiliteettinen kun kaksi eri tutkijaa pääsee samaan lopputulokseen samoista lähtökohdista. Validiteetti on toinen tutkimuksen arviointiin liittyvä käsite, jolla tarkoitetaan kykyä mitata sitä mitä on tarkoituskin mittareiden tai tutkimusmenetelmän avulla. (Hirsijärvi, 2014, ss. 231–233.) Haastateltavat voivat ymmärtää kysymykset eri tavalla, jolloin tulos voi vääristyä. Opinnäytetyössä

onnistutaan välttämään tämä olemalla haastateltavan kanssa vuorovaikutuksessa ja tarvittaessa tarkentamaan kysymystä.

Tutkimuksen puolueettomuus on myös tärkeä osa tutkimuksen luotettavuutta. Puolueettomuutta kuvataan objektiivisuudella, jolloin lähteet tutkitaan huolellisesti ja esitetään myös ristiriitaista tutkimusaineistoa tutkijan omien käsityksien kanssa. Toisen tutkijan pitäisi saada toistettua tutkimus saman lähdemateriaalin pohjalta. (Hirsijärvi, 2014, ss. 309–310.)

Tutkijan on otettava monia eettisiä asioita huomioon tutkimusta tehdessään. Tiedon hankkiminen ja julkaiseminen ovat jokaisen tutkijan omalla vastuulla. Tutkimukseen osallistuvien tulee tietää mihin ryhtyvät ja mitä he joutuvat tekemään. Ihmisarvon kunnioittaminen ja tutkimuksen tarkoitus on ihmisen kyettävä ymmärtämään. Tutkimusta koskevat suostumukset tulee olla vapaaehtoisia ja vapaa pakotuksesta. (Hirsijärvi, 2014, ss. 23–25.) Tässä työssä haastateltaville kerrottiin mihin tutkimus kohdistuu ja mitä heiltä vaaditaan haastattelun osalta. Tilojen anonymisyys säilytetään tutkimuksessa. Lähtötietojen oikeellisuus on tärkeää investointilaskelmissa, jotta laskelmat tuottavat luotettavan tuloksen.

4.3 Teemahaastatteluiden toteutus

Teemahaastatteluiden avulla pyrittiin kartoittamaan maatalousyrittäjien kokemuksia led-valaistuksesta. Haastateltaviksi valittiin sellaisia yrittäjiä, joilla oli pidempiaikaista kokemusta led-valaistuksesta. Yrittäjien yhteystietoja kerättiin erilaisten kontaktien avulla, kuten tiedustelemalla yhteystietoja valaistuksia asentavilta ja markkinoivilta yrityksiltä sekä sosiaalisesta mediasta. Ensisijalla olivat maatilat, jotka olivat saneeranneet vanhan valaistuksen led-valoihin. Yrittäjiin otettiin ensin yhteyttä puhelimitse ja kartoitettiin, millainen valaistus tilalla on ja kuinka pitkään se on ollut käytössä. Näin pystyttiin arvioimaan tilan soveltuvuutta haastatteluun. Haastateltavia maatalousyrittäjiä oli yhteensä seitsemän kappaletta. Puhelinyhteyden jälkeen sovittiin vierailu tilalle, jolloin päästiin tarkastelemaan tilan valaistusratkaisua ja samalla toteutettiin teemahaastattelu. Haastattelut haluttiin tehdä mahdollisimman luonnollisessa paikassa haastateltavalle, jotta vastauksista saataisiin oleelliset asiat esiin. Neljä haastattelua toteutettiin sähköpostin välityksellä. Sähköpostihaasteltujen kanssa vastaukset käytiin läpi vielä jälkikäteen puhelimitse, näin välttyttiin väärinkäsityksiltä. Teemahaastattelut toteutettiin 1.11.2015 – 29.1.2016 välisenä aikana.

Haastattelukysymykset olivat ensimmäisiä asioita, joita tutkimusta varten tehtiin. Kysymykset hahmoteltiin paperille ja niitä testattiin opinnäytetyön ohjaajan kanssa. Haastattelurunko muotoutui hiljalleen ja sitä täydennettiin vielä ensimmäisen tilakäynnin jälkeen. Haastattelukysymysten avulla haettiin perusteluja valaistuksen vaihtoon liittyvistä syistä, odotuksien täyttymisestä, puutteista ja mistä informaatiota oli haettu led-valaistuksesta. Lisäksi selvitettiin, oliko led-valaistukseen liittyviä kysymyksiä, jotka mietityttivät ennen investointia ja ovatko yrittäjät tietoisia maatalanenergiankulutuksesta valaistuksen osalta. Haastattelun vastaukset kirjattiin mahdollisimman tarkasti ylös paperille. Haastattelukysymykset ovat liitteessä 1 ja tulokset liitteessä 2. Haastattelutulosten purkaminen alkoi, kun todettiin vastauksia tulleen tarpeeksi kattavasti. Tulosten avaaminen alkoi ryhmittelemällä

haastateltavat tilalliset valaistustyyppin mukaan. Samantyylliset kokemukset yhdistettiin ja eroavaisuuden kirjattiin mahdollisimman tarkasti. Teemahaastatteluiden yrittäjäkokemukset on avattu tulokset osiossa.

4.4 Investointilaskelmien toteutus

Internetistä löytää pienen etsinnän jälkeen led-valaistusinvestointilaskureita, joilla voi vertailla erityyppisiä valaistusratkaisuja keskenään. Laskurit antavat tuloksen missä ajassa led-valaistus maksaisi itsensä takaisin säästyneellä sähköenergialla. Alla on kolme linkkiä, jotka vievät internetistä löytyviin erilaisiin laskureihin. <http://www.sylvania.fi/led-saastolaskuri>, <http://glamox.com/fi/Elinkaari-kustannus-laskuri> ja <http://www.ledilaskuri.fi/>. Pienen tutkimisen jälkeen kävi kuitenkin ilmi, etteivät laskurit sovellu käytettäväksi navettavalaisuuden vertailemiseen. Valaistukseen liittyy paljon tilakohtaisia muuttujia, joita ovat valaistusohjelma, navetan valoisuus, valaisimien määrä ja energiankulutus. Lisäksi valaistusinvestointia suunniteltaessa huomioon täytyy ottaa valaisimien lisäksi asentamiskustannukset. Opinnäytetyötä varten luotiin Microsoft Excel pohjainen valaistusinvestointilaskuri, joka huomioi tilatason muuttujat.

Valaistusinvestointilaskurin toteutus lähti liikkeelle tarvekartoituksen jälkeen suunnittelulla. Suunnittelun pohjalta toteutettiin laskurin runko. Toteutuksen jälkeen laskuria testattiin käytännössä, mikä paljasti virheitä ja tarvittavia muutoksia. Opinnäytetyön tekijät testasivat laskentapohjaa yksinkertaisilla arvoilla, jolloin mahdolliset virheet paljastuivat. Lisäksi laskentapohjaa on testannut opinnäytetyön opponentit sekä ohjaaja Pasi Eskelinen. Valaistusinvestointilaskurin kehittymistä ja testausta käytiin läpi opinnäytetyön ohjaajien sekä opponenttien kanssa. Testauksen pohjalta laskuria korjattiin ja käytettävyyttä hiottiin. Viimeistelyvaiheessa laskuri sai lopullisen muotonsa ja käyttöohjeet. Kuviossa 2 on esitetty valaistusinvestointilaskurin prosessikuvaus. Investointilaskuria voidaan soveltaa käytettäväksi navettavalaisuuden lisäksi muihin tuotanto-, teollisuus- sekä kaupparakennuksiin. Laskuri tullaan julkaisemaan Maatila2020 -sivustolla. Osoite sivustolle on <http://maatila2020.savonia.fi/>.



Kuvio 2. Valaistusinvestointilaskurin prosessikaavio.

Investointilaskelmat on toteutettu Valaistusinvestointilaskurin avulla. Laskurin ollessa hieman keskeneräinen opinnäytetyön toteutusvaiheessa, on laskentapohjaa yksinkertaistettu. Tällä on varmistettu, että investointilaskelmat ovat mahdollisimman luotettavia.

Opinnäytetyössä toteutettiin kolme investointilaskelmaa. Laskelmat tehtiin yhden lypsyrobotin kokoluokan tilalle, ja siinä tarkastellaan kolmea erilaista valaistusvaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa lasketaan kannattavuutta vanhojen loisteputkien korvaamisella led-valoputkilla. Tällöin pystytään käyttämään vanhaa valaisinrunkoa. Toisessa vaihtoehdossa navetan loisteputkivalaistus saneerataan kokonaan uusilla led-valaisimilla, jolloin lisäkustannuksia syntyy valaisimien asentamisesta. Kolmas vaihtoehto on monimetallivalaisimien korvaaminen led-valaisimilla.

Lähdettäessä tekemään investointilaskelmia korostuu tarkkojen lähtöarvojen merkitys. Lisäksi mitä suurempi investointi on, sitä enemmän tietoa on kerättävä. Laskelman avulla pyritään selvittämään investoinnin järkevyyden ja kannattavuuden, tämän vuoksi laskelman on ulotuttava koko investoinnin käyttäjälle. Investointia määriteltäessä täytyy tietää perusinvestoinnin suuruus. Investoinnista on myös määritettävä tuotot ja kustannukset koko käyttäjälle, se määrittää onko investointi järkevä ja täyttääkö se sille asetettavan tuottovaatimuksen. Investointi sitoo aina rahaa, joten sille täytyy saada korvausta. Laskentakorkokantana investoinnille on pidettävä vähintään lainan korkoa.

(Uusyrittäjäkeskus, ei pvm, s. 6.)

Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa paljon käyttöaika, jolla kuvataan taloudellista käyttöaikaa investoinnille. Käyttäjällä voidaan kuvata myös käyttökelpoisuutta alkuperäiseen tarkoitukseen. Investoinnille on myös määritettävä jäännösarvo, joka on valaistusinvestoinneissa yleensä nolla, mutta ei kaikissa tapauksissa. (Uusyrittäjäkeskus, ei pvm, s. 7.)

Yrityksen kehittämis- sekä korjaushankinnat voivat vaatia isoja hankintoja, niihin sijoitettu raha tuottaa pitkällä ajalla. Näitä kutsutaan investoinneiksi. Investointeja arvioidaan kannattavuuden kautta, sijoitetulle rahalle tulisi saada vastinetta. Mitä isommista investoinneista on kyse, sitä tarkemmin eri vaihtoehtoja on mietittävä. Vaihtoehtoina on investoida tai ei investoida. Rahat eivät yleensä riitä kaikkien ideoiden toteuttamiseen, joten investointien paremmuusjärjestelyllä selvitetään, mihin kannattaa investoida ensin. Jos investointeja on vain yksi, tulee kannattavuuden lisäksi arvioida sitoutuneelle pääomalle kohdistunutta tuottoa.

Investointeja on tyypiltään monenlaisia: laajentavia, korjaavia ja ylläpitäviä. Investoinnin tarpeellisuutta tulee pohtia ja tehdä välttämättömät investoinnit ensin. Lähdettäessä tekemään investointia on mietittävä rajausta, onko kyse yksittäisestä vai toisiaan seuraavasta investoinnista. Lisäksi on hyvä miettiä, millainen vaikutus investoinnilla on tilan tulonmuodostuksessa. Suurissa investoinneissa tulisi sijoitetulle pääomalle saada voittoa investoinnin käyttöaikana. Investointilaskelmalla saadaan selvitettyä kannattaako investointi. Laskentamenetelmiä on erilaisia, jotka auttavat hahmottamaan investoinnin kannattavuutta. (Pellinen, 2008, ss. 43–44.)

Laskentamenetelmät

Annuiteettimenetelmässä investoinnin hankintakustannus jaetaan käyttöajalle tasasuuriksi vuosieriksi, annuiteetiksi. Vuosierä sisältää koron ja poiston. Menetelmässä investointi on kannattava, kun vuosittainen nettotuotto on yhtä suuri kuin menetelmässä laskettu vuosierä. Annuiteetti menetelmä sopii hyvin käytettäväksi tilanteisiin, joissa investoinnin tuotot ovat tasaiset ja rahoitus on hoidettu vieraalla pääomalla. (Uusyrittyskeskus, ei pvm, s. 9.)

Investoinnin tuotto prosenttia kutsutaan myös sisäisen korkokannan menetelmäksi. Investoinnille määritetään jokin tuotto-odotus, jonka perusteella voidaan vertailla erilaisia investointeja keskenään. Menetelmässä verrataan investoinnista saatavaa tuotto prosenttia aiheutuneisiin korkokustannuksiin. Investointi on kannattava, mikäli tuotto prosentti on tavoitetasoa suurempi. (Pellinen, 2008, s. 45.)

Nykyarvomenetelmässä tarkastellaan investoinnin koko käyttöajan tuottoja ja kustannuksia sekä otetaan lisäksi huomioon koron vaikutus. Investoinnit voivat olla erilaisia koko elinaikana tuottamien tuottojen suhteen, joten koron vaikutus tulee ottaa huomioon. Tällöin investointia voidaan verrata tuottojen nykyarvoon. Menetelmä sopii vertailuun, esimerkiksi kun vertaillaan eri investointi kohteita keskenään. Näiden tuotot eivät ole tasaiset tai eivät ala heti investoinnin toteuduttua. (Pellinen, 2008, s. 45.)

Takaisinmaksuajanmenetelmässä investoinnin takaisinmaksuaikaa verrataan kesto aikaan. Menetelmässä verrataan sitä aikaa, milloin investoinnista saadut tuotot peittävät siitä aiheutuneet kustannukset. Tätä kutsutaan takaisinmaksuajaksi. Mitä nopeammin takaisinmaksu tapahtuu, sitä parempi investointi on. Menetelmässä kestoajan määrittäminen on tärkeää. Menetelmä soveltuu omalla pääomalla rahoitettuun investointiin. Takaisinmaksuajamenetelmä on yksinkertainen tapa arvioida investoinnin kannattavuutta. (Pellinen, 2008, s. 44.)

Valaistusinvestointilaskelmissa on käytetty laskentamenetelmänä annuiteettimenetelmää. Annuiteettimenetelmä soveltuu käytettäväksi valaistuksen investointilaskelmissa, koska investoinnista syntyvät tuotot ovat tasaiset ja laskentamenetelmä huomioi myös koron vaikutuksen. Laskentakorkokantana on käytetty 3 %.

4.5 Investointilaskelmat

Laskelmissa on kolme case -tilaa, joihin on laskettu investointilaskelmat valaistuksen päivittämisestä led-valoihin. Tilojen kokoluokka on yhden lypsyrobotinrobotin navetta, jossa lehmät ja nuorkarja ovat samassa rakennuksessa. Yhdessä lypsyrobotinnavetassa on laskelmissa käytetty 60 lypsylehmää, jota on tuloksissa verrattu yksikköön kWh/lehmä. Laskelmien vertailun helpottamiseksi laskelmien lähtötietoja on yhdenmukaistettu. Sähkön hintana on käytetty 0,09 euroa/kWh, se pitää sisälleen sähkön hinnan ja siirtomaksun. Investointilaskelmissa ei ole otettu huomioon energianveron palautusta.

Investointilaskelmissa esitetyt hinnat on toimittanut Sähkötoimisto Murtola Oy (Lappalainen, 2016). Laskelmissa esitetyt hinnat vaihtelevat asennuskohteen etäisyyden ja haastavuuden mukaan, joten suoraa vertailua toiseen kohteeseen ei voida tehdä. Tarjouksen asennushinnat ovat urakkatarjouksia, jotka sisältävät mahdolliset pientarvikkeet ja kaapelointien uusimisen sekä asennustyöt matka-, ateria- ja sosiaalikuluneen. Etäisyytenä laskelmissa on käytetty 50 kilometriä, jota tarjouksessa on käytetty matkakustannuksen etäisyytenä.

Laskelman perustiedoissa case-tilojen navetoissa päivävalaistus on 16 tuntia ja yövalaistus 8 tuntia. Kuvassa 12 on esitetty luonnonvalon mukaan vaihteleva valaistusaika kuukausittain ja vuositasolla. Kuukauden päivien lukumäärä on kerrottu valaistusajalla, jolloin tulokseksi on tullut valaistusaika kuukaudessa. Kyseisillä lähtöarvoilla päivävalaistus palaa 4128 tuntia vuodessa ja yövalaistus 2920 tuntia vuodessa. Kyseisiä valaistusaika-arvoja on käytetty investointilaskelmissa. Vuosittainen yhteenlaskettu valaistusaika on 7048 tuntia. Case -tilojen investointilaskelmat on esitetty liitteissä 4, 5 ja 6.

Perustiedot				
Sähkön hinta	0,09 €/kWh (Hinta sisältää sähkön ja siirtomaksun)			
Päivävalaistuksen pituus kuukaudessa	Päiviä kuukaudessa	Valaistusaika tunteina	Yhteensä päivävalaistusta kuukaudessa	
Tammikuu	31	16	496	
Helmikuu	28	16	448	
Maaliskuu	31	12	372	
Huhtikuu	30	6	180	
Toukokuu	31	6	186	
Kesäkuu	30	6	180	
Heinäkuu	31	6	186	
Elokuu	31	8	248	
Syyskuu	30	12	360	
Lokakuu	31	16	496	
Marraskuu	30	16	480	
Joulukuu	31	16	496	
Yhteensä		11,3	4128	
Yövalaistuksen pituus kuukaudessa	Päiviä kuukaudessa	Valaistusaika tunteina	Yhteensä yövalaistusta kuukaudessa	
Tammikuu	31	8	248	
Helmikuu	28	8	224	
Maaliskuu	31	8	248	
Huhtikuu	30	8	240	
Toukokuu	31	8	248	
Kesäkuu	30	8	240	
Heinäkuu	31	8	248	
Elokuu	31	8	248	
Syyskuu	30	8	240	
Lokakuu	31	8	248	
Marraskuu	30	8	240	
Joulukuu	31	8	248	
Yhteensä		8	2920	
Valaistusaika vuodessa				
Päivävalaistusaika	4128 Tuntia/Vuosi			
Yövalaistusaika	2920 Tuntia/Vuosi			
Valaistuksen käyttöaika yhteensä	7048 Tuntia/Vuosi			

Kuva 12. Päivä- ja yövalaistus ajat luonnonvalo huomioiden.

Case 1 -tilan navetan pohjan pinta-ala eläintilassa on 1540 neliometriä ja korkeus 4,3 metriä. Valaistus on toteutettu loisteputkivalaisimilla, jotka kulkevat kolmessa rivissä lantakäytävien kohdalla. Valaistus on jaettu kolmen katkaisimen taakse, jolloin jokaista valoriviä voidaan ohjata erikseen. Loisteputkivalaisimet ovat tyypiltään yksi- ja kaksiputkisia, 150 cm pitkiä ja teholtaan 58 wattia. Yksi putkisia loisteputkivalaisimia on 60 kappaletta ja kaksiputkisia valaisimia 15 kappaletta, jolloin loisteputkia on yhteensä 90 kappaletta. Yövalaistuksena palaa yksi rivi valaisimia, ruokintapöydän viereisellä lantakäytävällä. Yövalaistuksen ollessa päällä, 30 kappaletta loisteputkista on päällä.

Tomi Lamminaho on mitannut Eläinsuojan valaistuksen toteutusvaihtoehtojen teknistaloudellinen vertailututkimus opinnäytetyössään 2015, että 58 wattinen loisteputkivalaisin kuluttaa sähköenergiaan liitännälaitteiden kanssa 63 wattia/tunnissa (Lamminaho, 2015, s. 19). Laskelmissa on käytetty loisteputken energiankulutuksena tätä lukemaa. Laskelmissa loisteputken polttoikä on käytetty 10 000 tuntia, joka navettaolosuhteissa on realistinen polttoikä. Taulukossa 7 on esitetty vanhan valaistuksen keskeisimmät tiedot.

Taulukko 7. Vanhaan loisteputkivalaistukseen liittyvät keskeisimmät tiedot.

Loisteputkia yhteensä (Päivävalaistus)	90 kpl
Loisteputkia yhteensä (Yövalaistus)	30 kpl
Loisteputkien energiankulutus	63 W/kpl
Polttoikä	10 000 h

Case 1 -tilan laskelmassa vanhat loisteputket korvataan energiatehokkaimmilla led-valoputkilla. Led-valoputkien keskeisimmät tiedot on esitetty taulukossa 8, jotka vastaavat Osram ST8V 1,5M led-valoputken teknisiä ominaisuuksia. Led-valoputkien polttoiäksi on ilmoitettu 40 000 tuntia, energiankulutukseksi 21,5 wattia ja valotehokkuudeksi 105 lm/watti. (Osram 3, 2016.)

Taulukko 8. Led-valoputken tekniset ominaisuudet.

Led-valoputken energiankulutus	21,5 W
Polttoikä	40 000 h
Valotehokkuus	105 lm/W

Taulukossa 9 on vertailtu loisteputki- ja led-valoputkivalaistuksen energiankulutusta, vuosittaista valaistukseen kuluva euromäärää ja valaisimien kestoikää yö- sekä päivävaloissa. Tulokset koostuvat yllämainituista lukemista. Led-valoputkivalaistuksen energiankulutus on vuodessa 9 871 kWh ja valaistukseen kuluu 888 euroa vuodessa. Loisteputkivalaistuksen energiankulutus on vuodessa 28 925 kWh ja valaistukseen kuluu 2 603 euroa vuodessa. Led-valoputken kestoikä on päivävalaistuksella 9,7 vuotta ja yövalaistuksella 5,7 vuotta. Loisteputken kestoikä on päivävalaistuksella 2,4 vuotta ja yövalaistuksella 1,4 vuotta. Led-valoputken energiankulutus on lähes kolmanneksen pienempi, mikä näkyy positiivisena tuloksena valaistuksen vuosittain kuluttamassa euromäärässä. Loisteputken kestoikä on neljä kertaa lyhempi kuin led-valoputken.

Taulukko 9. Loisteputki- ja led-valoputkivalaistuksen keskinäinen vertailu.

	Loisteputki	Led-valoputki
Päivävalaistuksen energiankulutus	23 406 kWh/a	7 988 kWh/a
Yövalaistuksen energiankulutus	5 519 kWh/a	1 883 kWh/a
Valaistukseen kuluva euromäärä vuodessa	2 603 €	888 €
Päivävalaistuksen kestoikä	2,4 a	9,7 a
Yövalaistuksen kestoikä	1,4 a	5,7 a

Loisteputkien lyhempi käyttöikä vaatii kunnossapitoa, joten se on huomioitu led-valoputken tuottoihin. Vanhan loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset on suhteutettu led-valoputkien polttoikänsä. On siis laskettu, kuinka paljon kustannuksia aiheutuu loisteputkien vaihtotyöstä led-valoputken eliniän aikana. Loisteputken ja sytyttimen hintana on käytetty 5 euroa/kpl. Yhden valoputken vaihtoon kuluva aika on arvioitu olevan 8 minuuttia ja oman työn hinta 15 euroa/tunnissa. Kuvassa 13 on esitetty loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset vuotta kohden ja led-valoputken eliniän aikana. Vaihtotyön kappalehintana on 7 euroa, sisältäen vaihtotyön ja lampun. Vuosittain valaistuksen kunnossapitoon kuluu 408 euroa. Led-valoputken käyttöaikana on käytetty yövalaistuksen kestoikää 5,7 vuotta. Kunnossapitokustannuksissa on huomioitu valaisimien elinikä vuosittaisella lähötiedoissa mainitulla valaistusmäärällä.

Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset	
Lampun hinta	5 €
Päivävalaisimien lukumäärä	90 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	30 kpl
Vaihtoo kuluva aika	8 min
Oman työn hinta	15 €
Vaihtotyön hinta	7 €/kpl
Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset vuodessa	
Päivävalaistus	260 €
Yövalaistus	148 €
Yhteensä	408 €/a
Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset led-valoputkivalaisimen käyttöiän aikana	
Päivävalaistus	2520 Euroa
Yövalaistus	840 Euroa
Yhteensä	3360 Euroa

Kuva 13. Case 1-tilalla loisteputken käyttökustannukset led-valoputken käyttöiän aikana.

Led-valoputkien tarjous sisälsi 90 kappaletta led-valoputkia, toimitusmaksun ja asennuksen urakkarajouksena. Tarjouksessa led-valoputken kappalehintana oli 20,49 euroa. Asennuksenurakkahinta oli 4 752 euroa, joka sisältää vanhaan valaisinrunkoon tehtävät tarvittavat muutokset, tarvikkeet sekä nostimen ja tarvittavat telineet asennukseen. Kuvassa 14 on eritelty tarjous loisteputkien vaihtamisesta led-valoputkiin ja huomioitu 10 % kunnossapitokustannus koko investoinnin suuruudesta. 10 % kunnossapitokustannus on perusteltua, kun loisteputkivalaisimen vanha runko jää käyttöön. Rahoitustarve valaistusinvestoinnilla on 8 179 euroa, sisältäen 24 % arvonlisäveron.

Nettotuottoja syntyy sähköenergiansäästöstä 1 725 euroa ja kunnossapitokustannusten säästöstä 408 euroa vuodessa. Valaistuksen vuosittaiseen polttoaikaan verrattaessa tuottoa tulee 0,30 euroa tunnissa. Tuotot koostuvat sähkön säästöstä euroa/vuosi, joka on jaettu vuosittaisella valaistusajalla 7 048 tuntia. Kunnossapitokustannusten säästö on vuosittaisesta kunnossapidon vähentymisestä syntynyt euromääräinen säästö jaettuna vuosittaisella valaistusajalla.

Led-valoputkivalaistus		
Kustannuserittely hinnat ALV 0 %		
Valaisin €/kpl	20,49	€/kpl
Asennus	53	€/kpl
Valaisimien määrä	90	kpl
Kunnossapitokustannus	10 %	
Rahoitustarve		
Valaisimet	1844	€
Asennus	4752	€
Kunnossapitokustannus	660	€
Yhteensä	7255	€
Rahoitus ALV 24%		
Valaisimet	2287	€
Asennus	5892	€
Yhteensä	8179	€
Rahoitus tarve (ALV- huomioitu)		
Pankkilaina sis. korko 3 %	8424	€
Inv. Avustus 30 %	0	€
Oma rahoitus korko 5 %		€
Yhteensä	8424	€
Nettotuotto	€/h/v	€/vuosi
Sähkön säästö €/h (0,09€/kWh)	0,24	1715
Kunnossapitokustannussäästö	0,06	408
Muut hyödyt	0	
Yhteensä	0,30	2123

Kuva 14. Case1-tilan valaistusinvestoinnin kustannuserittely ja syntyvät nettotuotot.

Kuvassa 15 on case 1 tilan valaistusinvestoinnin kannattavuuden laskentapohja. Arvoina on käytetty vuosittainen valaistuaika 7 048 tuntia, investoinnin hankintakustannuksena 7 255 euroa ja laskentakorkokantana 3 prosenttia. Käyttöaikana laskelmassa on yövalojen teorettinen kestoikä 5,7 vuotta. Tuottoja tuntia kohden kertyy 0,301 euroa, kun kustannukset ovat 0,200 euroa tuntia kohden. Kyseisillä lähtöarvoilla tuotot peittäisivät kustannukset ja investointi olisi laskennallisesti kannattava.

Led-valoputkivalaistus Kannattavuuslaskelma	
Valaistus aika	7048 h/a
Hankintakustannus	7255 €
Käyttöaika	5,7 v
Jäännösarvo	0 €
Tuotto	0,301 €/h
Korkokanta	3 %
Annuiteettimenetelmä	
Hankintakustannus	7255 Euroa
Annuteetti tekijä	0,194
Annuteetti yhteensä	1409 Sisältää poiston ja koron
Annuteetti €/h	0,200 Kustannus
Annuteetti €/h	0,301 Tuotot
Tuotot / Kustannukset suhde: Investointi on kannattava, kun tuotot ja kustannukset ovat saman suuruiset. Eli suhdeluku on yksi tai suurempi	
Led-valoputkivalaistus	1,51

Kuva 15. Case 1 -tilan investoinnin kannattavuus annuiteetilaskentamenetelmällä.

Case 2 -tilan lähtötiedot pohjautuvat case 1 -tilan tietoihin. Navetan pohjan pinta-ala eläintilassa on 1540 neliometriä ja korkeus 4,3 metriä. Valaistus on toteutettu loisteputkivalaisimilla, jotka kulkevat kolmessa rivissä käytävien kohdalla. Valaistus on jaettu kolmen katkaisimen taakse, jolloin jokaista valoriviä voidaan ohjata erikseen. Loisteputkivalaisimet ovat tyypiltään yksi- ja kaksiputkisia, 150 cm pitkiä ja teholtaan 58 wattia. Yksiputkisia loisteputkivalaisimia on 6 kappaletta ja kaksiputkisia valaisimia 32 kappaletta, jolloin loisteputkia on yhteensä 70 kappaletta. Yövalaistuksena palaa yksi rivi valaisimia ruokintapöydän päällä. Yövalaistuksessa 25 kappaletta loisteputkista on päällä. Laskelmissa on käytetty loisteputken energiankulutuksena 63 wattia/tunnissa ja loisteputken polttoikä 10 000 tuntia. Taulukossa 10 on esitetty vanhan loisteputkivalaistuksen keskeisimmät tiedot.

Taulukko 10. Vanhaan loisteputkivalaistukseen liittyvät keskeisimmät tiedot.

Loisteputkia yhteensä (Päivävalaistus)	70 kpl
Loisteputkia yhteensä (Yövalaistus)	25 kpl
Loisteputkien energiankulutus	63 W/kpl
Polttoikä	10 000 h

Case 2-tilan laskelmassa vanhat loisteputket korvautuu uudella led-valaisimilla. Led-valaisimet sijoitetaan vanhojen loisteputkivalaisimien tilalle. Yksi led-valaisin korvaa aina yhden kaksiputkisen loisteputkivalaisimen. Led-valaisimien keskeisimmät tiedot on esitetty taulukossa 11. Led-valaisimen malli on Philips WT460CLed64S/840PSUWBTW3, jonka energiankulutus on 48 wattia, polttoikä 70 000 tuntia ja valotehokkuus 135 lm/watti. (Philips., ei pvm)

Taulukko 11. Led-valaisimen tekniset ominaisuudet.

Led-valoputken energiankulutus	48 W
Polttoikä	70 000 h
Valotehokkuus	135 lm/W

Taulukossa 12 on vertailtu loisteputki- ja led-valonheitinvalaistuksen energiankulutusta, vuosittaista valaistukseen kuluva euromäärää ja valaisimien kestoikää. Tulokset koostuvat yllämainituista luke-
mista. Led-valaistuksen energiankulutus on vuodessa 9 211 kWh ja valaistukseen kuluu 829 euroa
vuodessa. Loisteputkivalaistuksen energiankulutus on vuodessa 22 803 kWh ja valaistukseen kuluu
2 052 euroa vuodessa. Led-valaisimen kestoikä on päivävalaistuksella 17 vuotta ja yövalaistuksella
9,9 vuotta. Loisteputken kestoikä on päivävalaistuksella 2,4 vuotta ja yövalaistuksella 1,4 vuotta.
Led-valoputken energiankulutus on lähes kolmanneksen pienempi, mikä näkyy positiivisena tulok-
sena valaistuksen vuosittain kuluttamassa euromäärässä. Loisteputken kestoikä on seitsemän kertaa
lyhempi kuin led-valaisimen.

Taulukko 12. Loisteputki- ja led-valaistuksen keskinäinen vertailu.

	Loisteputki	Led-valaisin
Päivävalaistuksen energiankulutus	18 204 kWh/a	7 529 kWh/a
Yövalaistuksen energiankulutus	4 599 kWh/a	1 682 kWh/a
Valaistukseen kuluva euromäärä vuodessa	2 052 €	829 €
Päivävalaistuksen kestoikä	2,4 a	17 a
Yövalaistuksen kestoikä	1,4 a	9,9 a

Loisteputkien lyhempi käyttöikä vaatii kunnossapitoa, joten se on huomioitu led-valaisimen tuottoi-
hin. Vanhan loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset on suhteutettu led-valaisimen polt-
toikään. Toisin sanoen on laskettu, kuinka paljon kustannuksia aiheutuu loisteputkien vaihtotyöstä
led-valaisimen eliniän aikana. Loisteputken ja sytyttimen hintana on käytetty 5 euroa/kpl. Yhden va-
loputken vaihtoon kuluva aika on arvioitu olevan 8 minuuttia ja oman työn hinta 15 euroa/tunti. Ku-
vassa 16 on esitetty loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset vuotta ja led-valaisimen elin-
ikää kohti. Vaihtotyön kappalehinta on 7 euroa, sisältäen vaihtotyön ja lampun. Vuosittain valaistuk-
sen kunnossapitoon kuluu 326 euroa. Kunnossapitokustannuksissa on huomioitu valaisimien käyt-
töikä vuosittaisella valaistusmäärällä.

Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset	
Lampun hinta	5 €
Päivävalaisimien lukumäärä	70 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	25 kpl
Vaihtoo kuluva aika	8 min
Oman työn hinta	15 €
Vaihtotyön hinta	7 €/kpl
Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset vuodessa	
Päivävalaistus	202 €
Yövalaistus	123 €
Yhteensä	326 €/a
Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset led-valaisimen käyttöiän aikana	
Päivävalaistus	3430 Euroa
Yövalaistus	1225 Euroa
Yhteensä	4655 Euroa

Kuva 16. Case 2 -tilan loisteputken käyttökustannukset led-valaisimen eliniän aikana.

Led-valaisintarjous sisälsi 38 kappaletta led-valaisimia, toimitusmaksun ja asennuksen urakkatarjouksena. Tarjouksessa led-valaimen kappalehinta oli 219 euroa. Asennuksen urakkahinta oli 9 994 euroa, joka sisältää valaisimen vaihtotyön, tarvikkeet sekä nostimen ja tarvittavat telineet. Kuvassa 17 on eritelty tarjous loisteputkivalaisimien vaihtamisesta led-valaisimiin ja huomioitu 5 %:n kunnossapitokustannus koko investoinnin suuruudesta. Rahoitustarve valaistusinvestoinnilla on 22 712 euroa, sisältäen 24 %:n arvonlisäveron. Nettotuottoja syntyy sähköenergian säästöstä 1 223 euroa ja kunnossapitokustannusten säästöstä 326 euroa vuodessa. Valaistuksen vuosittaiseen polttoaikaan verrattaessa tuottoa tulee 0,22 euroa tunnissa. Tuotot koostuvat sähkönsäästöstä euroa/vuosi, joka on jaettu vuosittaisella valaistusajalla 7 048 tuntia. Kunnossapitokustannusten säästö on vuosittaisesta kunnossapidon vähentymisestä syntynyt euromääräinen säästö jaettuna vuosittaisella valaistusajalla.

Led-valaistus		
Kustannuserittely hinnat ALV 0 %		
Valaisin €/kpl	219	€/kpl
Asennus	263	€/kpl
Valaisimien määrä	38	kpl
Kunnossapitokustannus	5 %	
Rahoitustarve		
Valaisimet	8322	€
Asennus	9994	€
Kunnossapitokustannus	916	€
Yhteensä	19232	€
Rahoitus ALV 24%		
Valaisimet	10319	€
Asennus	12393	€
Yhteensä	22712	€
Rahoitus tarve (ALV- huomioitu)		
Pankkilaina sis. korko 3 %	23393	€
Inv. Avustus 30 %		€
Oma rahoitus korko 5 %		€
Yhteensä	23393	€
Nettotuotto	€/h/v	€/vuosi
Sähkön säästö €/h (0,09 €/kWh)	0,17	1223
Kunnossapitokustannussäästö	0,05	326
Muut hyödyt	0	
Yhteensä	0,22	1549

Kuva 17. Case 2-tilan valaistusinvestoinnin kustannuserittely ja syntyvät nettotuotot. Kuvassa 18 on Case 2 -tilan valaistusinvestoinnin kannattavuuden laskentapohja. Arvoina on käytetty vuosittaista valaistuaikaa 7 079 tuntia, investoinnin hankintakustannuksena 19 232 euroa ja laskentakorkokantana 3 prosenttia. Käyttöaikana laskelmassa on yövalojen teoreettinen kestoikä 9,9 vuotta, tällöin olisi kolmasosa valaistuksesta uusittava. Tuottoja tuntia kohden kertyy 0,220 euroa, kun kustannukset ovat 0,323 euroa tuntia kohden. Case 2-tilan valaistusinvestointi ei ole kannattava laskennallisesti kyseisillä lähtöarvoilla.

Uusi valaisin vaihtoehto 1	
Kannattavuuslaskelma	
Valaistus aika	7048 h/a
Hankintakustannus	19232 €
Käyttöaika	9,9 v
Jäännösarvo	0 €
Tuotto	0,220 €/h
Korkokanta	3 %
Annuiteettimenetelmä	
Hankintakustannus	19232 Euroa
Annuteetti tekijä	0,118
Annuteetti yhteensä	2274 Sisältää poiston ja koron
Annuteetti €/h	0,323 Kustannus
Annuteetti €/h	0,220 Tuotot
Tuotot / Kustannukset suhde: Investointi on kannattava, kun tuotot ja kustannukset ovat saman suuruiset. Eli suhdeluku on yksi tai suurempi	
Uusi valaisin vaihtoehto 1	0,68

Kuva 18. Case 2-tilan investoinnin kannattavuus annuiteettilaskentamenetelmällä.

Case 3 -tilan navetan pohjan pinta-ala on 1 540 neliometriä ja korkeus 6 metriä. Vanha valaistus on toteutettu monimetallivalaisimien avulla. Valaistus on jaettu kahden katkaisimen taakse, jolloin molempia valorivejä voidaan ohjata erikseen. Monimetallivalaisimet ovat tyypiltään 250 wattia, joita on sijoitettu navettaan 15 kappaletta. Monimetallivalaistus kulkee kahdessa rivissä jaoteltuna tasaisesti keskilinjan molemmin puolin. Yövalaistuksena on monimetallivalaisimien yhteyteen liitetyt led-valaisimet. Taulukossa 13 monimetalli- ja vanhan valaistuksen keskeisimmät tiedot. Laskelmissa monimetallivalaisimen polttoikä on käytetty 15 000 tuntia.

Taulukko 13. Monimetallivalaistuksen keskeisimmät tiedot.

Monimetallivalaisimia yhteensä (Päivävalaistus)	15 kpl
Led-yövalaisimia yhteensä (Yövalaistus)	15 kpl
Monimetallivalaisimen energiansiirto	250 W
Yö valaisimen energiansiirto	13 W

Polttoikä

15 000 h

Case 3 -tilan laskelmassa vanha monimetallivalaistus korvataan uudella led-valonheittimellä. Led-valaisimen energiankulutus on 134 wattia, polttoikäsi on ilmoitettu 50 000 tuntia ja valotehokkuus 103 lm/wattia. Taulukossa 14 on led-valaisimen tekniset ominaisuudet, jotka vastaavat malliltaan Led-victor 1200m valonheitintä, valaisin sisältää automaattihimmennyksen ja yövalotoiminnon.

Taulukko 14. Led-valaisimien tekniset ominaisuudet.

Led-valoputken energiankulutus	134 W
Polttoikä	50 000 h
Valotehokkuus	103 lm/W

Taulukossa 15 on vertailtu monimetalli- ja led-valonheitinvalaistuksen vuosittaista energiankulutusta ja valaistukseen kuluva euromäärää sekä valaisimien kestoikää. Tulokset koostuvat mainituista lukeista. Led-valoputkivalaistuksen energiankulutus on vuodessa 8 935 kWh ja valaistukseen kuluu 804 euroa vuodessa. Loisteputkivalaistuksen energiankulutus on vuodessa 16 049 kWh ja valaistukseen kuluu 1 444 euroa vuodessa. Led-valoputken kestoikä on päivävalaistuksella 12,1 vuotta ja yövalaistuksella 12,1 vuotta. Monimetallilampun kestoikä on päivävalaistuksella 3,6 vuotta ja yövalaistuksella 12,1 vuotta. Led-valonheittimen energiankulutus on noin puolet pienempi, mikä näkyy positiivisena tuloksena valaistuksen vuosittain kuluttamassa euromäärässä. Monimetallilampun kestoikä on kolme kertaa lyhempi kuin led-valaisimen.

Taulukko 15. Monimetalli- ja led-valaistuksen keskinäinen vertailu.

	Monimetallivalaisin	Led-valaisin
Päivävalaistuksen energiankulutus	15 480 kWh/a	8 322 kWh/a
Yövalaistuksen energiankulutus	569 kWh/a	613 kWh/a
Valaistukseen kuluva euromäärä vuodessa	1 444 €	804 €
Päivävalaistuksen kestoikä	3,6 a	12,1 a
Yövalaistuksen kestoikä	12,1 a	12,1 a

Vanha monimetallivalaistus vaatii kunnossapitoa verrattessa sitä led-valaistuksen elinikään. Kunnossapitokustannukset on suhteutettu led-valaisimen polttoikään. Toisin sanoen on laskettu, kuinka paljon kustannuksia aiheutuu monimetallilamppujen vaihtotyöstä led-valaisimen eliniän aikana. Monimetallilampun hintana on käytetty 40 euroa/kpl. Yhden lampun vaihtoon kuluva aika on arvioitu olevan 20 minuuttia ja oman työn hinta 15 euroa/tunnissa. Kuvassa 19 on esitetty monimetallivalaisimien käyttökustannuksen vuotta kohti. Vaihtotyön kappalehinta on 45 euroa, sisältäen vaihtotyön ja lampun. Vuosittain valaistuksen kunnossapitoon kuluu 186 euroa. Käyttökustannuksissa on huomioitu valaisimien käyttöikä vuosittaisella valaistusmäärällä.

Monimetallivalaistuksen kunnossapitokustannukset		
Lampun hinta	40 €	
Päivävalaisimien lukumäärä	15 kpl	
Yövalaisimien lukumäärä	15 kpl	
Vaihtoo kuluva aika	20 min	
Oman työn hinta	15 €	
Vaihtotyön hinta	45 €/kpl	
Monimetallivalaistuksen kunnossapitokustannukset vuodessa		
Päivävalaistus	186 €	
Yövalaistus	0 €	
Yhteensä	186 €/a	
Monimetallivalaistuksen kunnossapitokustannukset led-valaisimen käyttöiän aikana		
Päivävalaistus	2250 Euroa	
Yövalaistus	0 Euroa	
Yhteensä	2250 Euroa	

Kuva 19. Case 3-tilan monimetallivalaisimen käyttökustannukset led-valoputken eliniän aikana.

Tarjous led-valaisimista sisälsi 15 kappaletta led-valaisimia, toimitusmaksun ja asennuksen urakka-tarjouksena. Tarjouksessa led-valaimen kappalehintana oli 549 euroa. Asennuksen urakkahinta oli 11 940 euroa, joka sisältää valaisimen vaihtotyön, tarvikkeet sekä nostimen ja tarvittavat telineet. Ku-
vassa 20 on eritelty tarjous monimetallivalaisimen vaihtamisesta led-valaisimiin ja huomioitu 5 %
kunnossapitokustannus koko investoinnin suuruudesta. Rahoitustarve valaistusinvestoinnilla on
25 017 euroa, sisältäen 24 % arvonnäköveron.

Nettotuottoja syntyy sähköenergian säästöstä 643 euroa ja kunnossapitokustannusten säästöstä 186
euroa vuodessa. Valaistuksen vuosittaiseen polttoaikaan verrattaessa tuottoa tulee 0,12 euroa tun-
nissa. Tuotot koostuvat sähkön säästöstä euroa/vuosi, joka on jaettu vuosittaisella valaistusajalla
7 048 tuntia. Kunnossapitokustannussäästö on vuosittaisesta kunnossapidon vähentymisestä synty-
nyt euromääräinen säästö jaettuna vuosittaisella valaistusajalla.

Led-valaistus		
Kustannuserittely hinnat ALV 0 %		
Valaisin €/kpl	549	€/kpl
Asennus	796	€/kpl
Valaisimien määrä	15	kpl
Kunnossapitokustannus	5 %	
Rahoitustarve		
Valaisimet	8235	€
Asennus	11940	€
Kunnossapitokustannus	1009	€
Yhteensä	21184	€
Rahoitus ALV 24%		
Valaisimet	10211	€
Asennus	14806	€
Yhteensä	25017	€
Rahoitus tarve (ALV- huomioitu)		
Pankkilaina sis. korko 3 %	25768	€
Inv. Avustus 30 %	0	€
Oma rahoitus korko 5 %	0	€
Yhteensä	25768	€
Nettotuotto	€/h/v	€/vuosi
Sähkön säästö €/h (0,09 €/kWh)	0,09	643
Kunnossapitokustannussäästö	0,03	186
Muut hyödyt	0	
Yhteensä	0,12	828

Kuva 20. Case 3 -tilan valaistusinvestoinnin kustannuserittely ja syntyvät nettotuotot.

Kuvassa 21 on case 3 -tilan valaistusinvestoinnin kannattavuuden laskentapohja. Arvoina on käytetty vuosittainen valaistuaika 7 048 tuntia, investoinnin hankintakustannuksena 21 184 euroa ja laskentakorkokantana 3 prosenttia. Käyttöaikana laskelmassa led-valaisimien teoreettinen kestoikä on 12,1 vuotta. Kestoikä määräytyy päivävalaistuksen polttoajasta. Valaisimet kestävät 12,1 vuotta, jos niitä poltettaisiin täydellä teholla 4 128 tuntia vuodessa. Yövalaistuksen polttoaikaa ei laskelmissa huomioida, koska yövalaistuksena käytetään samoja valaisimia kuin päivävalot.

Yövalaistuksessa valaisimeen syötettävä virran määrää lasketaan, jolloin valaisimen energiankulutus laskee. Energiankulutuksen laskiessa lämmöntuotto alenee valaisimessa ja valmistaja ei osannut sanoa vaikuttaako yövalon polttaminen valaisimen kestoikään. Tuottoja tuntia kohti kertyy 0,117 euroa, kun kustannukset ovat 0,300 euroa tuntia kohden. Case 3 -tilan valaistusinvestointi ei ole kannattava laskennallisesti kyseisillä lähtöarvoilla.

Led-valaistus Kannattavuuslaskelma		
Valaistus aika	7048 h/a	
Hankintakustannus	21184 €	
Käyttöaika	12,1 v	
Jäännösarvo	0 €	
Tuotto	0,117 €/h	
Korkokanta	3 %	
Annuiteettimenetelmä		
Hankintakustannus	21184 Euroa	
Annuteetti tekijä	0,100	
Annuteetti yhteensä	2112	Sisältää poiston ja koron
Annuteetti €/h	0,300	Kustannus
Annuteetti €/h	0,117	Tuotot
<p>Tuotot / Kustannukset suhde: Investointi on kannattava, kun tuotot ja kustannukset ovat saman suuruiset. Eli suhdeluku on yksi tai suurempi</p>		
Led-valaistus	0,39	

Kuva 21. Case 3-tilan investoinnin kannattavuus annuiteetilaskentamenetelmällä.

5 TULOKSET

Tulokset osiossa on avattu teemahaastatteluiden tulokset, eli kerrottu millaisia kokemuksia maatalousyrittäjillä on led-valaistuksesta. Maatalousyrittäjien kokemukset on ryhmitelty erilaisten valaisintyyppien ja kokemusten mukaan. Haastateltavia maatalousyrittäjiä oli yhteensä seitsemän, joista kolmella tilalla loisteputket oli korvattu led-valoputkilla. Kolmella tilalla loisteputkivalaistus oli vaihdettu led-valaisimiin ja yhdellä tilalla navetta oli vuoden vanha, jossa valaistus oli toteutettu suoraan led-valaisimilla.

Investointilaskelmien tulokset osiossa on avattu laskelmissa saadut tulokset. Jokaisen case -tilan tulokset on esitetty lyhyenä yhteenvetona. Taulukoista pystyy vertailemaan valaistuksen energiankulutusta sekä siihen kuluva rahamäärää vanhan ja uuden valaistuksen välillä. Tuloksiin vaikuttavia tekijöitä investointikustannuksen lisäksi ovat valaistusaika, sähköenergian hinta, vanhan ja uuden valaisimen energiatehokkuus sekä polttoikä.

Valaistusinvestoinnin suuruus sekä mahdollinen investointiavustus vaikuttaa myös saatuihin tuloksiin. Tuloksissa on myös esitetty raja-arvot, millä investoinnit olisi laskennallisesti kannattavia. Lopussa on yhteenveto case-tilojen investointilaskelmista ja tuloksista.

5.1 Maatalousyrittäjien kokemuksia

Haastateltavista maatalousyrittäjistä kolmella valaistuksen vaihtoon johtanut syy oli vanhojen valaisinrunkojen rikkoutuminen tai huono kunto. Kyseisillä yrittäjillä uudet valaisimet oli asennettu vanhojen loisteputkien tilalle. Kahdella haastateltavista yrittäjillä valaistuskiskoja oli jouduttu nostamaan ja yhdellä asennus oli onnistunut suoraan vanhoille paikoille. Kolmella haastateltavista yrittäjillä vanhat loisteputkivalaisimet olivat vielä toimivia, mutta loisteputkia oli palanut ja ne olisi täytynyt uusiksi. Valaisinrunkojen ollessa kunnossa, oli vanhoihin loisteputkirunkoihin asennettu led-valoputket. Vanhoista loisteputkirungoista oli poistettu kondensaattori ja sytytin oli korvattu led-sytyttimellä. Rikkoutuneet tai haalistuneet valaisinkuvut oli vaihdettu uusiin paloturvallisuuden ja paremman valotehon vuoksi. Yksi haastateltavista yrittäjistä oli valaissut navetan suoraan led-valaisimilla navetan rakennusvaiheessa. Valaistussuunnitelma oli tehty kolmelle haastatteluun osallistuneelle yrittäjälle valaisintoimittajan puolesta. Kolme haastateltavaa kertoi, ettei valaistussuunnitelmaa tehty, koska vanhat loisteputket korvattiin suoraan led-valoputkilla. Yhdelle yrittäjälle loisteputkivalaisimet oli korvattu vanhoille paikoille led-valonheittimillä, joten valaisinsuunnitelmaa ei tehty.

Led-valaistuksen valintaan johtaneet syyt olivat haastateltavilla yrittäjillä hyvin samankaltaiset. Pieni energiankulutus, palo- ja työturvallisuus, vähäinen kunnossapidon tarve ja halu siirtyä nykyaikaan valaistuksessa olivat asioita, jotka vaikuttivat led-valojen valintaan. Kolme haastateltavaa yrittäjää kertoi myös led-valoputkien valintaan johtaneen syyn olleen soveltuminen vanhaan valaisinrunkoon. Kaksi haastateltavaa kertoi led-valaisimen soveltuvuuden navettaan arveluttaneen ennen vaihtoa.

Kyseisillä yrittäjillä led-valaistus oli ollut käytössä toisella 2 ja toisella 4 vuotta. Viidellä haastatelluista yrittäjistä ei ollut led-valaistukseen siirtyessä kysymyksiä, jotka heitä olisi mietityttänyt led-valaistuksessa.

Haastatellut yrittäjät kokivat uuden valaistuksen olevan riittävä ja odotukset olivat pääosin täyttyneet. Kaksi yrittäjää koki led-valoputken valotehon olevan loisteputkea parempi, vaikka loisteputken tuottama luumen määrä on suurempi. Yksi yrittäjä koki led-valoputken ja loisteputken valotehon olevan samaa luokkaa. Neljä haastateltavaa yrittäjää kokivat kylmemmän, eli sinertävämmän, värin olevan valoisampaa, kuin loisteputken tuottama valon väri. Valon väri kyseisillä yrittäjillä oli kahdella 5 000 kelviniä ja kahdella 6 000 kelviniä. Kaikki haastateltavat yrittäjät olivat tyytyväisiä valon väriin ja riittävyteen. Haastatteluun osallistuneiden yrittäjien valaisimien tuottama väri vaihteli 4 000 – 6 000 kelvinin välillä. Yksi yrittäjä kertoi kylmemmän värin helpottavan kiimojen seuranta.

Valaistukseen kokonaisuudessaan oltiin tyytyväisiä, vaikkakin yhdellä tilalla oli jouduttu virheellisen valaisinerän vuoksi uusimaan koko valaistus vuoden käytön jälkeen. Vaihto meni STUL-takuun piiriin, vaikkakin yrittäjällä oli ollut aluksi vaihtotyön kustannuksen maksajasta epäselvyyttä. Viidellä haastateltavalla yrittäjällä oli ensimmäisen käyttövuoden jälkeen pimentynyt muutama valaisin, ja ne oli korvattu takuuseen. Yksi yrittäjistä korosti STUL-takuun tärkeyttä, sillä silloin vaihtotyön kustannukset eivät jää maatalousyrittäjän maksettavaksi. Yksi haastateltavista kertoi edullisten led-valoputkien häiritsevän radiotaajuutta navetassa. Kaksi haastateltavaa yrittäjää oli sitä mieltä, että valaistuksen asennuksesta tulee pyytää urakkatarjous, koska eläimet ja valaisimien sijainti navetassa lisäävät vaihtotyön haastetta. Kaksi yrittäjää kertoi led-valoputken pienemmän lämmöntuoton pidentävän loisteputkivalaisimen rakenteiden kestävyttä.

Energiankulutuksen osalta yhdellä tilalla oltiin tietoisia sähkönkulutuksesta ennen ja jälkeen valaistuksen saneerauksen. Kaksi haastatteluun osallistuneista yrittäjistä tiesi uuden valaistuksen laskennallisen sähkönkulutuksen.

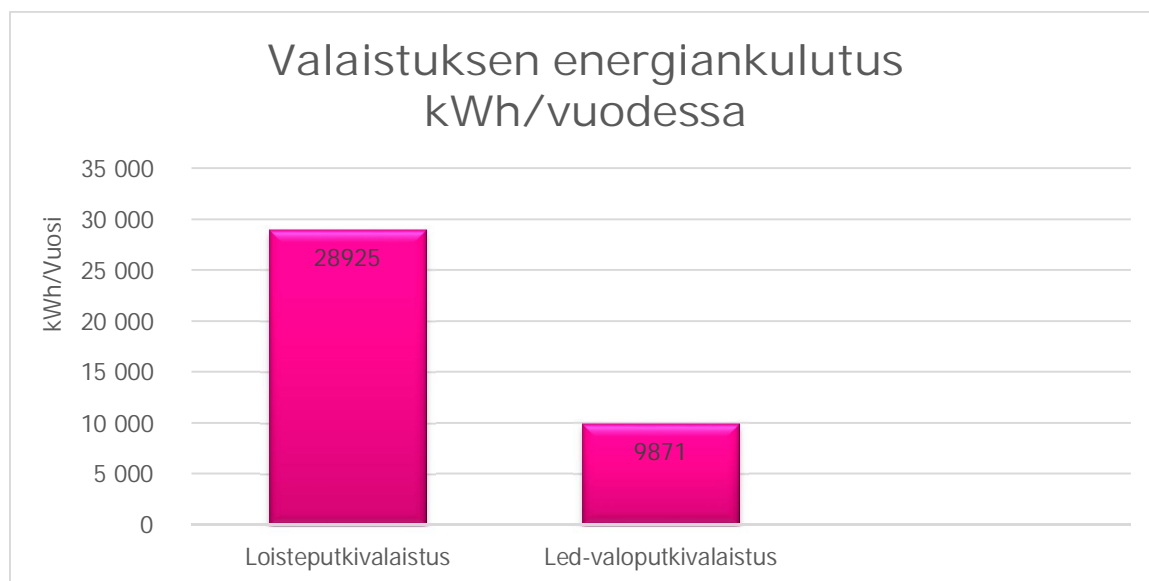
Valaisimien valinnassa navettaan oli kiinnitetty vaihtelevasti huomiota. Kolme haastatteluun osallistunutta yrittäjää oli tehnyt valinnan sähköasentajien- ja valaisimia tarjoavien yritysten suositusten pohjalta. Yksi yrittäjä oli tutustunut valaisimiin konemessuilla, jonka jälkeen valaisimia myyviä yrityksiä oli käynyt esittelemässä omia valaisimiaan tilalla. Valintaan olivat vaikuttaneet takuu ja poltto-aika. Yksi haastateltavista oli itse tilannut valot Kiinasta, joten tietoa led-valaistuksesta oli etsitty internetistä. Yksi haastateltavista kertoi valintaa helpottaneen muiden yrittäjien hyvät kokemukset. Yhdellä haastateltavista tiloista vaihtoon oli ryhdytty itse, tarjouduttu ostamaan ja kokeilemaan soveltuvatko led-valoputket navettaympäristöön. Kyseisellä yrittäjällä led-valot olivat olleet käytössä neljä vuotta. Valintaan olivat vaikuttaneet paloturvallisuus, takuuajana investoinnin takaisimaksu-aika ja helppohoitaisuus loisteputkiin verrattuna. Kyseinen haastateltava yrittäjä kertoi led-valaistuksen vaikuttaneen palotarkastukseen. Ennen tilalla oli tehty palotarkastus joka vuosi, valaistuksen vaihdon jälkeen tarkastus on joka toinen vuosi.

5.2 Investointilaskelmien tulokset

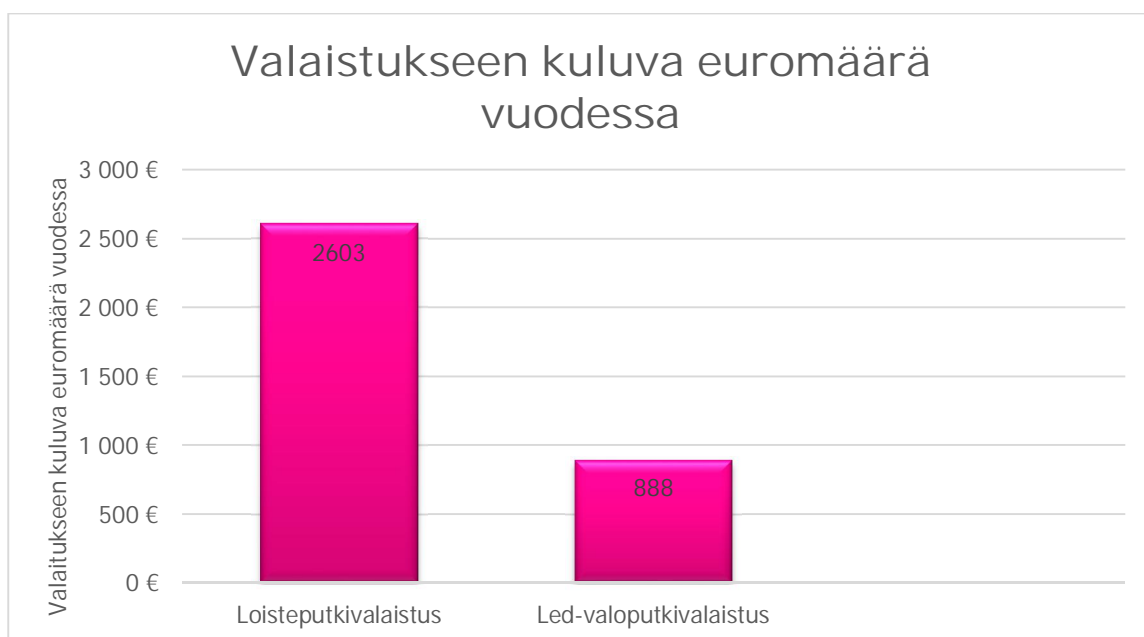
Case 1 -tilalla kuluu vuodessa loisteputkivalaistukseen sähköenergiaa 28 925 kWh. Led-valoputkilla energiankulutus olisi 9 871 kWh/vuosi. Valaistuksen energiankulutus laskisi vuodessa 19 053 kWh. Vuosittaista sähköenergiankulutusta on verrattu myös yhden lypsrobotin kapasiteettiin, jossa on 60 lypsylehmää. Sähköenergiankulutus loisteputki-valaistuksessa on 482 kWh/lypsylehmä ja led-valoputkivalaistuksessa 164 kWh/lypsylehmä. Lypsylehmää kohti sähköenergiankulutus laskisi 318 kWh.

Kuviossa 3 on esitetty loisteputki- ja led-valoputkivalaistuksen energiankulutuksen ero case 1-tilalla. Tilalla valaistuksen aiheuttamasta energiankulutuksesta aiheutuvat kustannukset vuodessa ovat loisteputkivalaistuksessa 2 603 € ja led-valoputkilla 888 €. Säästöä syntyisi vuodessa 1 715 euroa. Kuviossa 4 on esitetty valaistukseen kuluva rahamäärä vuodessa.

Case 1-tilalla investoinnin suuruus on 7 255 euroa. Tuottoja investoinnista syntyy 0,301 euroa/tunti ja kustannuksia 0,2 euroa/tunti. Tuotot peittävät kustannukset ja investointi on kannattava. Investoinnista aiheutuvat kustannukset sisältävät poiston ja koron, jotka ovat vuodessa 1 409 euroa. Vuodessa kunnossapitokustannus- ja sähköenergian säästö yhteensä ovat 2 123 euroa. Kunnossapitokustannussäästön osuus nettotuotoista olisi 408 euroa vuodessa.



Kuvio 3. Loisteputki- ja led-valoputkivalaistuksen energiankulutus case 1-tilalla.



Kuvio 4 Loisteputki- ja led-valoputkivalaistukseen kuluva rahamäärä vuodessa case 1- tilalla.

Raja-arvoja

Investointilaskelmalla testattiin erilaisia raja-arvoja, joilla Case 1 ei olisi enään kannattava. Raja-arvoja testattiin muuttamalla yhtä muuttujaa kerrallaan. Tällöin tiedetään, että yksi asia vaikuttaa muutokseen. Sähkön hinnan alentuessa 42 %:lla investointi ei olisi kannattava. Tällöin hinta olisi 0,052 euroa/kWh. Kyseisellä hinnalla valaistuksesta aiheutuvat energiakustannukset vuodessa olisi- vat loisteputkilla 1 504 euroa ja led-valoputkilla 513 euroa. Säästöä tulisi vain 991 euroa, kun lähtö- tilanteessa säästön suuruus oli 1 715 euroa.

Mikäli tilalla pystyttäisiin pudottamaan päivävalaistusaikaa 1 115 tuntiin vuodessa. 4 128 tunnista se olisi 27 %. Tällöin loisteputkien käyttöikä nousisi yövalojen osalta 2,5 vuoteen ja päivävaloissa 9,0 vuoteen. Tästä johtuen loisteputkien kunnossapitokustannus vuodessa alenisi 408 eurosta 155 eu- roon. Myös sähköenergian kustannus alenisi loisteputkilla 1 065 euroon vuodessa. Näiden ansiosta led-valoputkien nettotuotot alenevat 857 euroon vuodessa.

Led-valoputkien polttoajan aleneminen 25 700 tuntiin, jolloin yövalojen käyttöikä olisi 3,6 vuotta. Annuiteettimenetelmässä kustannuksia laskiessa käyttöikä on merkittävä muuttuja. Käyttöiän ollessa 3,6 vuotta, on annuiteetikustannus vuodessa 2 156 euroa. Kun laskelman tämänhetkinen käyttöikä oli 5,7 vuotta, jolloin annuiteetikustannus oli 1 409 euroa ja nettotuottojen määrä 2 123 euroa vuo- dessa.

Investointikustannus on valaistusinvestoinneissa merkittävä muuttuja. Investointikustannuksen kas- vaminen case 1:ssä 50 %:lla tekisi investoinnista kannattamattoman. Nettotuottojen määrä vuo- dessa ei riitä kattamaan annuiteetikustannuksia käyttöiän aikana.

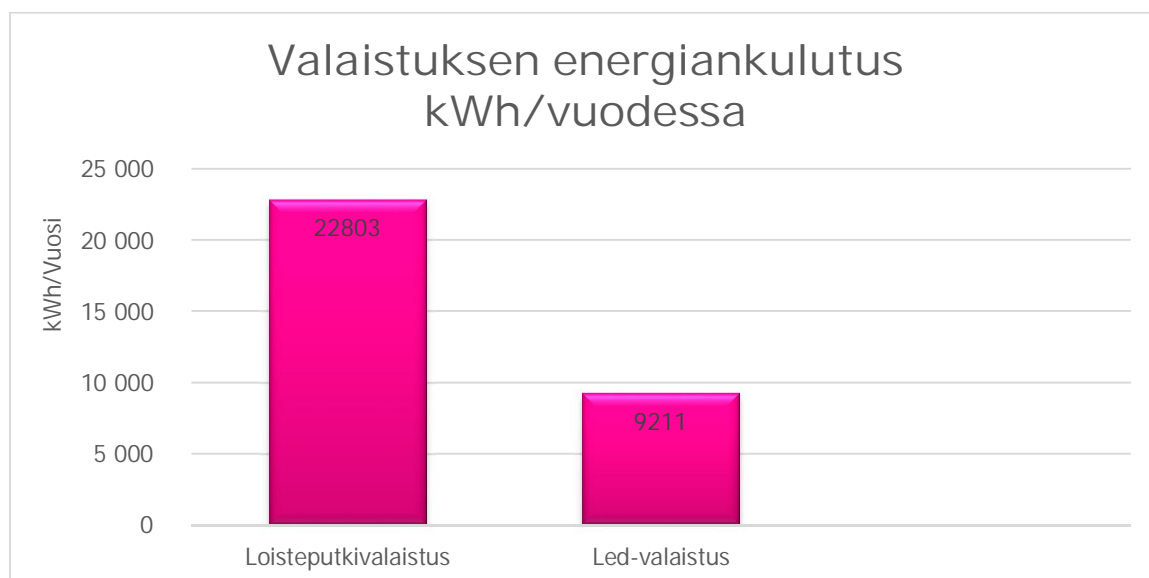
Alla olevassa luettelossa on koonti raja-arvoista, jolloin investointi ei olisi enään kannattava.

- Sähkön hinnan lasku 42 %:lla eli hinnan ollessa 0,052 euroa/kWh.
- Päivävalaistusaikaa alennettaisiin 73 % alkuperäisestä vanhoilla valaisimilla, sekä led-valoputkilla.
- Led-valoputken käyttöikä olisi 25 700 tuntia, jolloin led-valoputkien käyttöaika 3,6 vuotta.
- Led-valoputkien investointikustannuksen ollessa 10 900 euroa.

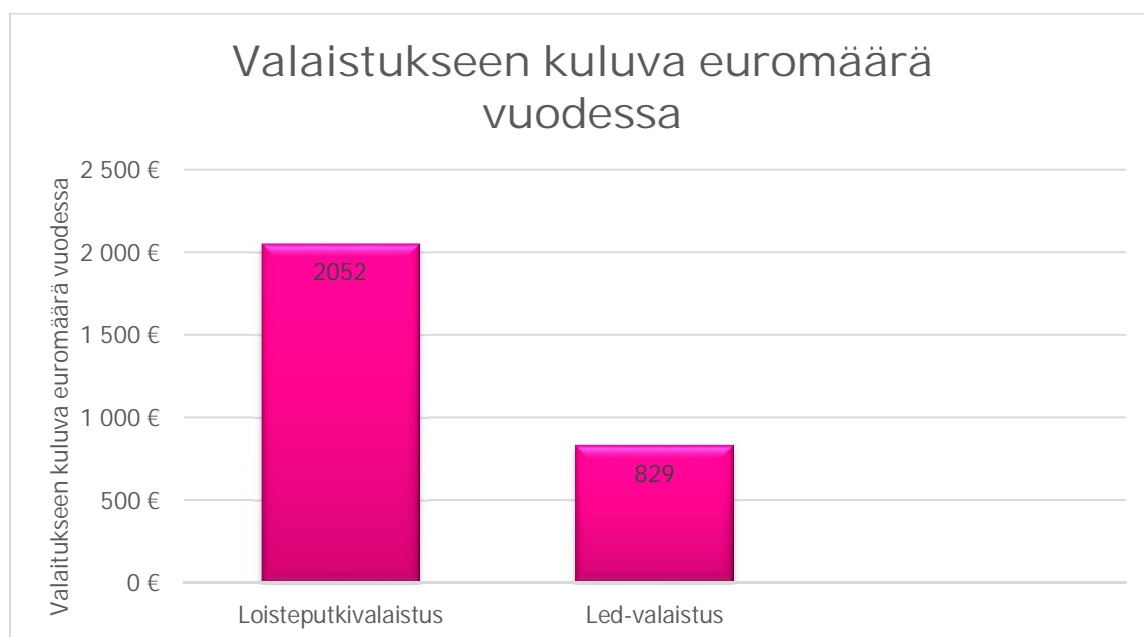
Case 2-tilalla kuluu vuodessa loisteputkivalaistukseen sähköenergiaa 22 803 kWh. Led-valaisimella energiankulutus olisi 9 211 kWh/vuosi. Valaistuksen energiankulutus laskisi vuodessa 13 592 kWh. Vuosittaista sähköenergiankulutusta on verrattu myös yhden lypsyrobotin kapasiteettiin, jossa on 60 lypsylehmää. Sähköenergiankulutus loisteputkivalaistuksessa on 380 kWh/lypsylehmä ja led-valaistuksessa 154 kWh/lypsylehmä. Lypsylehmää kohti sähkö-energiankulutus laskisi 226 kWh.

Kuviossa 5 on esitetty loisteputki- ja led-valaistuksen energiankulutuksen ero case 2 -tilalla. Tilalla valaistuksen aiheuttamasta energiankulutuksesta aiheutuvat kustannukset vuodessa ovat loisteputki-valaisimilla 2 052 euroa ja led-valaisimilla 829 euroa. Vuodessa tulisi säästöä 1 223 euroa. Kuviossa 6 on esitetty valaistukseen kuluva euromäärä vuodessa.

Case 2-tilalla investoinnin suuruus on 19 232 euroa. Tuottoja investoinnista syntyy 0,22 euroa/tuntia ja kustannuksia 0,323 euroa/tunnissa. Tuotot eivät peitä kustannuksia ja investointi ei olisi kannattava. Investoinnista aiheutuvat kustannukset sisältävät poiston ja koron, jotka ovat vuodessa 2 274 euroa. Vuodessa kunnossapitokustannus- ja sähköenergiansäästö yhteensä ovat 1 549 euroa. Kunnossapitokustannussäästön osuus nettotuotoista olisi 326 euroa vuodessa.



Kuvio 5. Loisteputki- ja led-valaistuksen energiankulutus case 2 -tilalla.



Kuvio 6. Loisteputki- ja led-valaistukseen kuluva rahamäärä vuodessa case 2 -tilalla.

Raja-arvoja

Investoinnin suuruusluokka ylittää 10 000 euroa, joten investointiin on mahdollista hakea 30 % energiainvestointitukiavustusta. Mikäli investointi saisi myönteisen tukipäätöksen, olisi investoinnin kannattavuuden raja kannattava 10,2 vuoden kohdalla. Investointilaskelmalla testattiin erilaisia raja-arvoja, joilla case 2 olisi kannattava. Raja-arvoja testattiin muuttamalla yhtä muuttujaa kerrallaan, tällöin tiedetään, että yksi asia vaikuttaa muutokseen.

Sähkön hinnan nouseminen 60 %:lla, tekisi investoinnista kannattavan. Tällöin sähkön hinta olisi 0,143 euroa/kWh. Kyseisellä hinnalla valaistuksesta aiheutuvat energiakustannukset vuodessa olisivat loisteputkilla 3 261 euroa ja led-valaisimilla 1 317 euroa. Säästöä tulisi vuodessa 1 944 euroa, kun lähtötilanteessa säästön suuruus oli 1 223 euroa. Sähkön hinnalla saadaan lisättyä nettotuottoja.

Led-valaisimien polttoajan nouseminen 111 000 tuntiin, mikä olisi yövalojen käyttöikä 15,7 vuotta. Käyttöikä ollessa 15,7 vuotta, annuiteetikustannus on vuodessa 1 554 euroa. Kun käyttöikä laskelmassa on 9,9 vuotta, jolloin annuiteetikustannus oli 2 268 euroa ja nettotuottojen määrä 1 549 euroa vuodessa.

Investointikustannuksen aleneminen case 2:ssä 31 %:lla tekisi investoinnista kannattavan. Investointikustannus olisi tällöin 13 200 euroa, jolloin nettotuottojen määrä vuodessa riittäisi kattamaan annuiteetikustannukset.

Alla olevassa luettelossa on koonti raja-arvoista, jolloin investointi olisi kannattava.

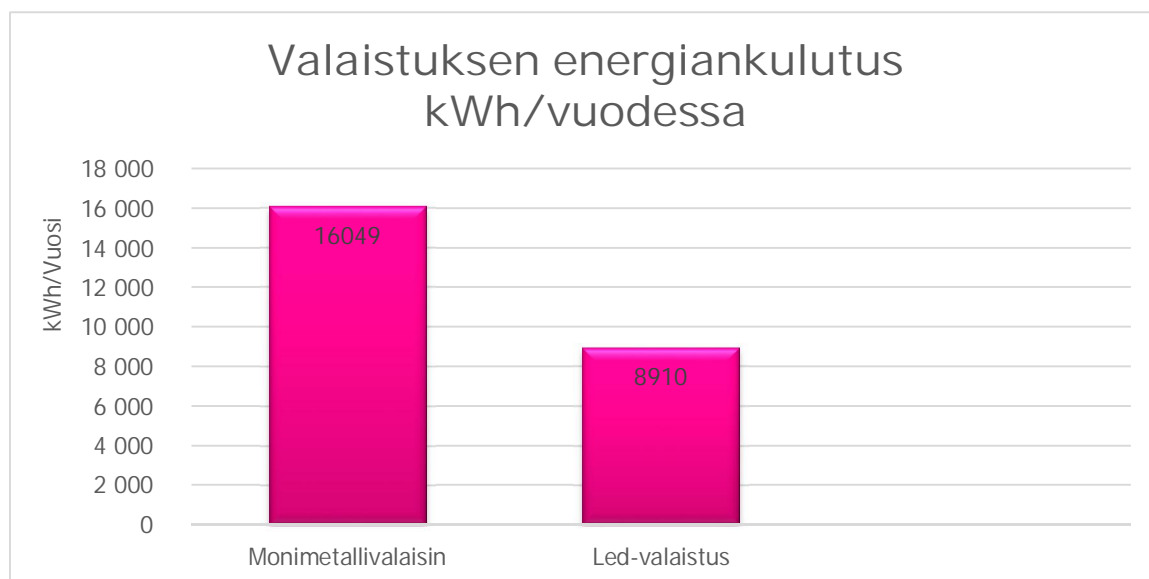
- Sähkönhintaa nousisi 60 %, eli kun sähkönhintaa olisi 0,143 euroa/kWh.
- Led-valaisimen käyttöikä olisi 111 000 tuntia, jolloin valaisimen käyttöikä 15,7 vuotta.
- Led-valaisimien investointikustannuksen ollessa 13 200 euroa.

Case 2-tilalla valaistusajalla ei saada investoinnista kannattavaa. Loisteputki- sekä led-valaisimilla valojen pitäminen päällä ympäri vuorokauden koko vuoden ajan, ei lisää led-valaisimien kannattavuutta. Mikäli valaisimia käytettäisiin vuorokaudessa 24 tuntia läpi vuoden, led-valaisimien nettotuotto olisi 2 621 euroa ja annuiteetikustannus olisi 2 742 euroa vuodessa. Joten investointi ei olisi kannattava.

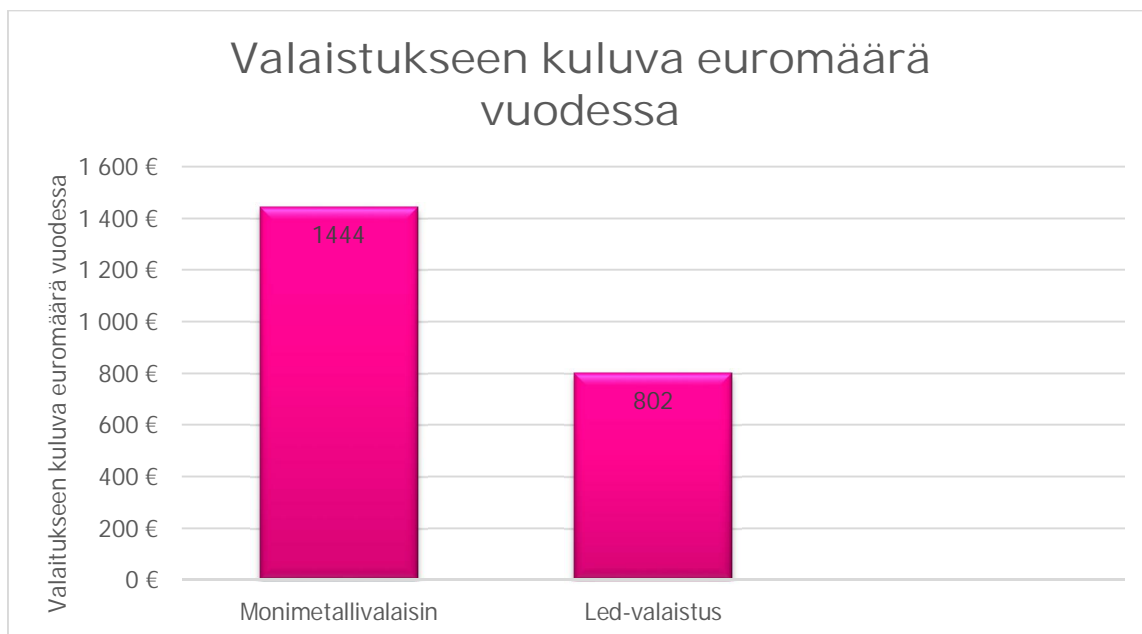
Case 3 -tilalla kuluu vuodessa monimetallivalaistukseen sähköenergiaa 16 049 kWh. Led-valaisimella energiankulutus olisi 8 935 kWh/vuosi. Valaistuksen energiankulutus laskisi vuodessa 7 114 kWh. Vuosittaista sähköenergiankulutusta on verrattu myös yhden lypsyrobotin kapasiteettiin, jossa on 60 lypsylehmää. Sähköenergiankulutus loisteputki-valaistuksessa on 267 kWh/lypsylehmä ja led-valaistuksessa 149 kWh/lypsylehmä. Lypsylehmää kohti sähköenergiankulutus laskisi 118 kWh.

Kuviossa 7 on esitetty monimetalli- ja led-valaistuksen energiankulutuksen ero case 3-tilalla. Tilalla kuluu valaistuksen energiankulutuksen johdosta monimetallivalaisimilla 1 444 euroa ja led-valaisimilla 802 euroa vuodessa. Säästöä näin tulisi vuodessa 642 euroa. Kuviossa 8 on esitetty valaistukseen kuluva euromäärä vuodessa.

Case 3 -tilalla investoinnin suuruus on 21 184 euroa. Tuottoja investoinnista syntyy 0,117 euroa/tunti ja kustannuksia 0,3 euroa/tunti. Tuotot eivät peitä kustannuksia ja investointi ei olisi kannattava. Investoinnista aiheutuvat kustannukset sisältävät poiston ja koron, jotka ovat vuodessa 2 112 euroa. Vuodessa kunnossapitokustannus- ja sähköenergian säästö yhteensä ovat 828 euroa. Kunnossapitokustannussäästön osuus nettotuotoista olisi 186 euroa vuodessa.



Kuvio 7. Monimetalli- ja led-valoputkivalaistuksen energiankulutus case 3 -tilalla.



Kuvio 8. Monimetalli- ja led-valaistukseen kuluva rahamäärä vuodessa case 3 -tilalla.

Raja-arvoja

Investoinnin suuruusluokka ylittää 10 000 euroa, joten investointiin on mahdollista hakea 30 % energiainvestointitukiavustusta. Mikäli investointi saisi myönteisen tukipäätöksen, olisi investoinnin kannattavuuden raja kannattava 26 vuoden kohdalla. Case 3 -tilan valaistusinvestointi ei olisi kannattava kyseisillä lähtöarvoilla.

Investointilaskelmalla testattiin erilaisia raja-arvoja, joilla case 3 olisi kannattava. Raja-arvoja testattiin muuttamalla yhtä muuttujaa kerrallaan. Tällöin tiedetään, että yksi asia vaikuttaa muutokseen.

Sähkön hinnan nouseminen 200 %:lla vaikuttaisi investoinnin kannattavuuteen. Tällöin hinta olisi 0,27 euroa/kWh. Kyseisellä hinnalla valaistuksesta aiheutuvat energiakustannukset vuodessa olisivat monimetallivalaisimilla 4 333 euroa ja led-valaisimilla 2 406 euroa. Säästöä tulisi 1 928 euroa, kun lähtötilanteessa säästön suuruus oli 643 euroa.

Led-valaisimien polttoajan nouseminen 205 000 tuntiin, mikä olisi käyttöikä 49,7 vuotta. Käyttöiän ollessa 49,7 vuotta, annuiteetikustannus vuodessa on 826 euroa. Kun laskelmissa käytetty käyttöikä oli 12,1 vuotta, jolloin annuiteetikustannus oli 2 112 euroa ja nettotuottojen määrä 828 euroa vuodessa. Investointikustannuksen aleneminen case 3:ssa 61 %:lla tekisi investoinnista kannattavan. Nettotuottojen määrä vuodessa riittäisi kattamaan annuiteetikustannukset 12,1 vuoden käyttöiän aikana.

Alla olevassa luettelossa on koonti raja-arvoista, jolloin investointi olisi kannattava

- Sähkön hinta nousisi 200 %, eli kun sähkön hinta olisi 0,27 euroa/kWh.
- Led-valaisimen käyttöikä olisi 205 000 tuntia, jolloin valaisimen käyttöaika 49,7 vuotta.
- Led-valaisimien investointikustannuksen ollessa 8300 euroa.

Case 3 -tilalla valaistusajalla ei saada investoinnista kannattavaa. Vaikka päivävaloja pidettäisiin päällä läpi vuoden, monimetalli- sekä led-valaisimillaan niin led-valaisimien kannattavuuteen se ei vaikuta. Mikäli valaisimia käytettäisiin vuorokaudessa 24 tuntia läpi vuoden, led-valaisimien nettotuotto olisi 1 766 euroa ja annuiteetikustannus olisi 4 093 euroa vuodessa. Investointi ei olisi silloinkaan kannattava.

5.3 Investointilaskelmien yhteenveto

Investointilaskelmissa on esitetty case 1-, case 2- ja case 3-tilat, joiden navetoiden pohjan pinta-alat ovat samankokoisia. Pohjan pinta-alat vastaavat yhden lypsyrobotinavetan kokoa. Alkuperäinen valaistus case 1- ja case 2 -tiloilla on loisteputkivalaistus ja case 3 -tilalla monimetallivalaistus. Valaistusaikana on käytetty laskelmissa päivävalaistuksessa 4 128 tuntia- ja yövalaistuksessa 2 920 tuntia vuodessa. Case 1 -tilalla valaistukseen kuluu 28 925 kWh/vuosi, case 2 -tilalla 22 803 kWh/vuosi ja case 3 -tilalla 16 049 kWh/vuosi. Case 1- ja case 3 -tilalla eroa tulee 12 876 kWh/vuosi. Rahallisena arvona erotus tarkoittaa 1 159 euroa vuodessa. Verrattaessa sähköenergiankulutusta lehmää kohti on case 1 -tilalla suurin lehmäkohtainen energiankulutus. Case -tilojen energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä on valaisimien lukumäärä ja energiatehokkuus. Valaisintyyppillä on vaikutus navetan sähköenergian kulutukseen.

Kaikilla case- tiloilla valaistusinvestoinnin jälkeen sähköenergiankulutus laskisi alle 10 000 kWh/vuosi, jonka ansiosta vuosittainen valaistukseen kuluva euromäärä olisi alle 900 euroon vuodessa. Case 1 -tilalla energiankulutuskustannus valaisimien osalta alenesi 34 %:iin investoinnin jälkeen. Puolestaan case 2:ssa kyseinen luku olisi 40 % ja case 3:ssa 55 %. Suurin hyöty saatiin case 1 -tilalla. Led-valaisimien käyttöiässä olisi eroja case -tilojen välillä. Case 1:ssä polttoaika olisi 40 000 tuntia ja case 2:ssa 70 000 tuntia. Valaisimien polttoaika on valmistajan lupaama keskimääräinen kestoaika. Led-valaisimet ovat herkkiä korkeille lämpötiloille, korkeissa lämpötiloissa polttoikä alenee. Led-valaisimien rakenne vaikuttaa kuinka hyvin valaisin kykenee johtamaan lämpöä pois led-sirulta, minkä valaisin tuottaa käytössä. Taulukkoon 16 on koottu case -tilojen energiakustannus vertailu ennen investointia ja investoinnin jälkeen.

Taulukko 16. Case-tilojen energiankustannus vertailu.

	Case 1		Case 2		Case 3	
	Loiste-putket	Led-valoputket	Loiste-putket	Led-valaisimet	Monimetalli-valaisimet	Led-valaisimet
Lukumäärä	90 kpl	90 kpl	70 kpl	38 kpl	15 kpl	15 kpl
Valaisimen energiankulutus	63 W	21,5 W	63 W	48 W	250 W	134 W
Polttoikä	10 000 h	40 000 h	10 000 h	70 000h	15 000 h	50 000 h
Valaistuksen energiankulutus	28 925 kWh/a	9 871 kWh/a	22 803 kWh/a	9 211 kWh/a	16 049 kWh/a	8 910 kWh/a
Valaistuksen energiankulutus lypsylehmää kohti	482 kWh/lehmä	164 kWh/lehmä	380 kWh/lehmä	154 kWh/lehmä	267 kWh/lehmä	149 kWh/lehmä
Valaistukseen kuuluva euromäärä vuodessa	2 603 €	888 €	2 052 €	829 €	1 444 €	802 €
Investoinnin jälkeinen energiakustannusten alenema	66 %		60 %		45 %	

Valaistusta saneerattaessa investointikustannukset ovat tilakohtaisia. Case-tiloilla investointien hankintakustannukset vaihtelivat, vaikka kaikki tilamallit olivat yhden lypsyrobotin kokoluokkaa. Halvimman ja kalleimman tarjouksen välillä oli 13 929 euroa. Investoinnin suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat vanha valaistus, uuden valaisimen hinta ja asennuskustannus. Case -tiloilla 2 ja 3 olisi mahdollisuus 30 % investointiavustukseen, koska investoinnin suuruus olisi yli 10 000 euroa. Case-tiloilla 2 ja 3 investointikustannukset olisivat liian suuret, joten investointiavustuksen saaminen ei tehnyt investoinnista kannattavaa.

Valaistuksen saneerauksen jälkeiseen energiansäästöön vaikuttavia tekijöitä ovat vanhan ja uuden valaistuksen energiankulutus sekä vuorokautinen käyttöaika. Case 1:ssä energiankulutus laskee kolmasosaan, kun puolestaan case 3:ssa energiankulutus laskee 55 % alkuperäiseen valaistukseen verrattuna.

Nettotuotot investoitavassa valaistuksessa ovat energiankulutuksen säästöstä aiheutuva tuotto ja vanhassa valaistuksessa olevat kunnossapitokustannukset. Case 1:ssä nettotuottojen suuruus on 2 123 euroa. Nettotuotoissa 1 715 euroa tulee sähkön säästöstä ja 408 euroa kunnossapitokustannusten säästöstä. Tämän selittää led-valoputkien energiansäästö verrattuna loisteputkeen ja led-valoputkien käyttöikä verrattuna loisteputkien käyttöikänsä. Investoinnista aiheutuvat kustannukset ovat 1 409 euroa vuodessa sisältäen poiston ja koron. Led-valoputkien käyttöikä on nelinkertainen verrattuna loisteputkiin.

Case 2:n led-valaistuksessa olevien nettotuottojen määrä vuodessa on 1 549 euroa, josta 1 223 euroa on sähkön säästöstä ja 326 euroa kunnossapitokustannusten säästöä. Kustannukset investoinnin jälkeen ovat 2 268 euroa vuodessa sisältäen poiston ja koron. Case 3:ssa nettotuotot olivat 828 euroa vuodessa, josta sähkön säästöä 643 euroa ja kunnossapitokustannusten säästöä 186 euroa. Kustannukset investoinnin jälkeen ovat 2 114 euroa vuodessa sisältäen poiston ja koron. Kunnossapitokustannusten säästöissä on case -tiloissa eroavaisuuksia. Vaikuttavia tekijöitä on vanhan valaistuksen lukumäärä, polttoaika sekä lampun hinta. Case 1 ja case 2 kunnossapitokustannusten säästöissä oli eroavaisuutta 82 euroa, tämän eron syynä on loisteputkien eroavaisuus 20 kappaleella. Case 3:ssa kunnossapitokustannukset vuodessa ovat alhaisimmat, koska monimetallivalasimia on huomattavasti vähemmän, kuin loisteputkia ja niiden käyttöikä on 5 000 tuntia enemmän.

Led-valaisimien polttoajoissa oli eroavaisuuksia. Case -tiloilla led-valaistuksen käyttöikä polttoajan mukaan vaihteli 5,7 vuodesta 12,1 vuoteen. Case 1:ssä ja 2:ssa valaisimien käyttöaikaan vaikuttaa se, että samoja valaisimia käytetään päivä- ja yövaloina ja ne palavat aina täydellä teholla.

Annuiteettimenetelmässä laskettu tuottojen- ja kustannustensuhdeluvussa oli case -tiloilla suuria eroavaisuuksia. Suhdeluvun ollessa yksi tai suurempi, kertoo se investoinnin olevan kannattava. Case 1:ssä suhdeluku oli 1,51, mikä kertoo että investoinnista aiheutuvat tuotot ovat 1,51-kertaiset verrattuna kustannuksiin. Tällöin investointi olisi kannattava. Case 2:ssa ja 3:ssa suhdeluvut olivat selvästi alle yhden, joten investoinnit eivät olleet kannattavia. Jotta case 2 ja 3 olisivat kannattavia käyttöaikojen pysyessä samana, tulisi investointien hankintakustannusta saada merkittävästi alenemaan.

Laskuria testattaessa laskettiin aikoja, jolloin investoinnit olisivat kannattavia. Case 1 olisi ollut kannattava 3,6 vuoden jälkeen, kun taas case 2 ja 3:ssa käyttöaika piti jatkaa. Case 2:ssa käyttöajan ollessa 15,7 vuotta, saisi investoinnista kannattavan ja case 3:ssa tarvittaisiin 49,7 vuotta, että valaistuksen saneeraaminen olisi kannattavaa. Taulukossa 17 on yhteenvetona case-tilojen investoinnin kannattavuusvertailusta.

Investointiavustuksen saaminen case -tiloilla 2 ja 3 parantaisi hieman investoinnin kannattavuutta. Case 2 -tilalla investointiavustuksella valaistusinvestointi olisi kannattava 10,2 vuoden kohdalla ja case 3:ssa kannattavuusraja olisi 26,0 vuotta.

Taulukko 17. Yhteenveto investointilaskelmista ja kannattavuusvertailu

	Case 1	Case 2	Case 3
Investointi	7 255 €	19 232 €	21 184 €
Investointiavustus	-	5 770 €	6 355 €
Energiansäästö vuodessa	19 054 kWh	13 592 kWh	10 139 kWh
Sähkön- ja kunnossapitokus- tannussäästö	2 123 €	1 549 €	828 €
Valaisimien käyttöaika	5,7 vuotta	9,9 vuotta	12,1 vuotta
Tuottojen ja kustannusten suhde	1,51	0,68	0,39
Investoinnin kannattavuus	Kannattaa	Ei kannata	Ei kannata
Takaisinmaksu- aika	3,6 vuotta	15,7 vuotta	49,7 vuotta
Takaisinmaksu- aika investoin- tiavustuksella	-	10,2	26,0

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Valaistuksen energiankulutus vaihtelee tilojen välillä suuresti. Ero energiankulutuksessa syntyy valaistusajassa, valaisimien lukumäärästä ja valaisintyypistä. Valaistusaikaan vaikuttaa navetan valoisuus eli kuinka paljon luonnonvaloa on hyödynnettävissä. Luonnonvalon hyödyntäminen laskee keinovalojen polttoaikaa, kun päivällä navetassa luonnonvalo riittää saavuttamaan riittävän valaistustason. Keinovalojen ryhmittelyllä ja ohjauksella voidaan valaistuksen voimakkuustasoa säätää luonnonvalon mukaan, tällöin navetassa ei tarvitse polttaa koko ajan täyttä päivävalaistusta. Ympäristön siisteys ja pintamateriaalit vaikuttavat siihen, miten hyvin valo heijastuu navetan sisällä.

Valaisintyyppin valotehokkuudessa on eroja, jotka käyvät hyvin esille case-tilojen tuloksissakin. Yleisimmin käytetty loisteputkivalaisin on heikko valotehokkuudeltaan, siksi loisteputkivalaistuksella toteutetuissa navetoissa valaistuksen energiankulutus on suuri. Monimetallivalaisimet ovat valotehokkaita ja kilpailevat led-valaisimien kanssa valotehokkuudessa.

Teemahaastatteluissa kävi ilmi, ettei koko valaistusta lähdetä vaihtamaan energiansäästön takia. Valaisimien vaihtoon johtaneita syitä olivat vanhojen valaisimien huono kunto tai rikkoutuminen. Loisteputket led-valoputkilla korvanneilla vaihtoon johtaneita syitä olivat pienempi energiankulutus ja vähäisempi kunnossapidon tarve. Uutta navettaa rakentaessa led-valaisimet ovat luonnollinen valinta valaistukseen. Led-valaistuksen valintaan johtaneet syyt olivat haastateltavilla yrittäjillä hyvin samankaltaiset. Pieni energiankulutus, palo- ja työturvallisuus, vähäinen kunnossapidon tarve ja halu siirtyä nykyaikaan valaistuksessa olivat asioita, jotka vaikuttivat led-valojen valintaan. Valintaa loisteputkien korvaamiseksi led-valoputkella helpotti sen soveltuvuus vanhaan valaisinrunkoon, tällöin investointikustannukset ovat alhaiset. Vanhan loisteputkivalaisimen rungon tulee olla tässä tapauksessa hyvässä kunnossa. Led-valoputken vaihdon yhteydessä loisteputkivalaisimen suojakuvun voi vaihtaa uuteen, jolloin valotehoa saadaan parannettua. Led-valoputken pienemmän lämmöntuoton koettiin pidentävän loisteputkivalaisimen rakenteiden kestävyyttä.

Valaisimen valintaan vaikutti takuu ja polttoaika, ja näiden seikkojen perusteella pystyi päättelemään valojen laadukkuutta. Vanhat loisteputkivalaisimet olivat rikkoituneet monilla huollon yhteydessä, tämä johtui halpojen loisteputkivalaisimien heikosta laadusta. Uusiksi valaisimiksi haluttiin valita laadukkaat valaisimet. Led-valaistusinvestoinnissa asennustyön suuret kustannukset nousivat esille. Asennustyö maksaa helposti ainakin saman verran kuin valaisimet. Eläimiä täynnä olevaan vanhaan navettaan valaistuksenvaihtotyö on haastava. STUL-takuun tärkeys nousi esille, koska valaisimien pimentyessä vaihtokustannukset on suuret. Kaikki maatalousyrittäjät kertoivat muutamien valaisimien pimentyneen ensimmäisen vuoden aikana.

Valaistussuunnitelma on syytä tehdä, mikäli valaistusta lähdetään saneeraamaan uusilla valaisimilla. Tietoa led-valaistuksesta haetaan melko vähän ja valinta tehdään toisen maatalousyrittäjän, myynti- miesten tai sähköasentajan suositusten perusteella. Ledin valovirran määrä koettiin riittäväksi ja soveltuvaksi navettaolosuhteisiin. Led-valoputken valovirta riitti korvaamaan loisteputken, vaikka loisteputken valovirta on parempi. Maatalousyrittäjät kokivat kylmemmän, sinertävämmän värin olevan

valoispää kuin loisteputken tuottaman valon väri. Sinertävämmän värin koettiin myös helpottavan kiimojen seuranta. Led-valaistukseen oltiin kokonaisuudessa tyytyväisiä.

Valaistusinvestointilaskelmat osoittivat erilaisten tilamallien ja valaistusratkaisujen vaikuttavan vuosittaiseen sähköenergiankulutukseen valaistuksen osalta. Valaistuksen energiankulutus vaihtelee eri lähteiden mukaan 10 – 30 % kokonaissähköenergiankulutuksesta. Loisteputkivalaistuksessa on korkea energiankulutus valaistustehoon nähden. Monimetallivalaisimet ovat suuritehoisia ja niiden valotehokkuus on parempi kuin loisteputkilla, jolloin niitä ei tarvitse lukumääräisesti yhtä paljoa.

Case 1 -tilan investointilaskelma osoitti, että loisteputkivalaistusta verrattaessa led-valoputkivalaistukseen syntyy sähköenergiansäästöä. Led-valoputkien energiankulutus on noin 3 kertaa loisteputkia matalampi ja käyttöikä 4 kertaa pidempi. Loisteputkivalaistuksen päivittäminen led-valoputkiin on investointilaskelmien lähtöarvoilla laskennallisesti kannattavaa, koska valaistusinvestoinnin arvo pysyy matalana. Matalan investointikustannuksen lisäksi led-valoputkella syntyvät tuotot ovat suuret, jolloin led-valoputket maksavat itsensä nopeasti takaisin. Led-valoputkien takaismaksuaikaa voidaan vielä lyhentää, jos valoputket vaihdetaan itse. Teemahaastattelussa kävi ilmi, että tilalliset olivat vaihtaneet led-valoputkia itse loisteputkien tilalle, jolloin vaihtotyön kustannuksissa oli säästetty.

Case 2 -tilalla loisteputkien vaihtaminen led-valaisimiin ei investointilaskelmassa ollut laskennallisesti kannattava kyseisillä lähtöarvoilla. Valaistusinvestointi voisi olla kannattavaa, mikäli investointi suoritettaisiin erityyppisellä valaisimella tai asennuskustannukset olisivat edullisemmat, jolloin lähtöarvot muuttuisivat. Tuloksissa esitetyt raja-arvot sähköenergian hinnan nouseminen 60 % tai led-valaisimen käyttöikänsä nouseminen 111 000 tuntiin tekisi investoinnista myös kannattavan.

Case 3 -tilan investointilaskelma osoitti, että toimiva monimetallivalaistus on energiatehokas valaistusratkaisu, verrattaessa sitä loisteputkivalaistukseen. Monimetallivalaisimet kuluttavat energiaa led-valaisimia enemmän, mutta ero ei ole suuri. Pienestä sähköenergiankulutuserosta johtuen case 3 -tilan valaistusinvestointi ei ollut kannattava kyseisillä lähtöarvoilla. Tuloksissa esitetyt raja-arvot jolla case 3 investointi olisi kannattava, olivat realistisesti ajateltuna epätodennäköisiä. Sähköenergian hinnan täytyisi nousta 200 % tai led-valaisimen polttoikänsä nouseminen 50 000 tunnista 205 000 tuntiin, jotta investointi olisi kannattava.

Tuloksia vertailtaessa valaistusinvestoinnin kannattavuuteen vaikuttaa valaistusinvestoinnin kokonaishinta. Vanhan ja uuden valaistuksen tyyppi, eli sen valotehokkuus ja polttoikä. Valaistusajalla ja sähköenergian hinnalla ei ole niin suurta merkitystä muuttujana, koska niiden vaikutukset ovat yhtäläillä molemmissa valaisimissa. Alla on listaus valaistusinvestointiin vaikuttavista tekijöistä.

- Investoinnin suuruus
- Vanhan valaistuksen tyyppi
- Uuden valaistuksen tyyppi
- Sähköenergian hinta
- Valaistusaika vuodessa

Loisteputkivalaistuksen päivittäminen led-valoputkiin olisi kannattava investointi, mikäli tilalla halutaan säästää sähköenergiasa valaistuksen osalta. Tämä edellyttää kuitenkin, että vanhat loisteputkivalaisimien rungot ovat hyväkuntoiset. Koko valaistusinvestointia led-valoihin ei kannata lähteä suorittamaan pelkän sähköenergiakustannussäästön toivossa. Valaistusinvestoinnin kokonaishinta on niin suuri, että sähköenergian säästöllä se ei maksa itseään takaisin. Vanhan valaistusjärjestelmän ollessa toimivassa kunnossa ja sen toimintakuntoisena pitämiseen riittäessä lampun vaihto sekä puhtaanapito, ei led-valaisimiin kannata lähteä investoimaan.

Investointilaskemat eivät ota huomioon sitä tilannetta, mikäli vanha valaistus olisi käyttöikänsä lopussa ja uusimisen tarpeessa. Tällöin led-valaistuksen valotehokkuus on eduksi, verrattaessa sitä muihin valaistustyypppeihin. Tulevaisuudessa led- tai jonkin muun valaisintyyppin kehittyessä investointi voi olla kannattava energiasäästön näkökulmasta.

Valaistuksen vaihdossa on hyvä ottaa huomioon valaistuksen kokonaisuus. Valaistusinvestoinnin suunnittelu alkaa eläinten ja tilan valaistusvaatimuksista. Aikaisemmin todettu valon vaikutus naudalle tulee ottaa huomioon eri tuotosvaiheiden lehmillä. Navetan yleisvalaistuksen tulee olla riittävä ja tasaisesti jakautunut, jolloin hoitajan on turvallista työskennellä ja tehdä havaintoja navetassa. Tasaisesti jakautunut valo, jonka ansiosta ei jää varjoja tai tapahdu häikäisyä, saa lehmät liikkumaan navetassa paremmin.

Tämänhetkisen tutkimustiedon mukaan navetassa tulisi olla valovoimakkuus lypsylehmillä yli 200 luksia ja päivävalaistusajan 16 – 18 tuntia. Nykyisissä navetoissa luonnonvalon määrä on lisääntynyt, jolloin päivä aikaan luonnonvalo riittää monesti yleisvalaistukseksi. Luonnonvalon antama valaistus kannattaa hyödyntää mahdollisimman hyvin navetassa ja pyrkiä lisäämään, mikäli se on mahdollista. Tällöin keinovalaistuksen tarve on valoisaan aikaan pieni. Luonnonvalossa värit toistuvat luonnollisina, jolloin luonnonvalo on tehokkainta ja edullisinta valoa navettaan.

Lypsyrobotitiloilla navetassa tulisi valoa olla ympäri vuorokauden, koska lehmät liikkuvat myös yöaikaan. Valaistusvoimakkuus on yöllä päivävalaistusta matalampi, mutta valoa kannattaisi olla ruokinta- ja lypsyalueella. Aikaisemmin todettu lehmien luontainen ominaisuus siihen, että lehmä liikkuu valoa kohti, kannattaisi hyödyntää automaattilypsyrobotitiloilla. Lypsyrobotilla valaistukseen kannattaisi kiinnittää huomiota, koska pimeä lypsyrobottikoppi saa lehmän epäileväksi.

Mikäli navettaan lähdetään vaihtamaan kokonaan uudet valaisimet, olisi valaistussuunnitelma hyvä tehdä. Valaistussuunnitelman avulla suunnitellaan navettaan valaisimien sijoittelupaikat. Siinä huomioidaan valon tasainen jakautuminen, jotta joka paikassa on riittävä valaistus ja ettei häikäisyä tapahdu. Valaistus joudutaankin yleensä osittain ylimitoittamaan, jotta riittävä valaistustaso saavutetaan, eikä pimeitä nurkkia jää navettaan. Valaistussuunnitelman pohjana käytetään valaisimen valonjako-ominaisuutta. Valaistussuunnitelmasta vastaa yleensä valaisintoimittaja. Suunnittelun avuksi on kehitetty DIALux-tietokoneohjelma, jonka voi ladata ilmaiseksi internetistä.

Navetan pintamateriaalien laatu ja väri vaikuttavat siihen, miten hyvin valo heijastuu, näin ollen pintojen puhdistukseen täytyisi myös kiinnittää huomiota. Valon väriin tulisi kiinnittää myös huomiota ja paras vaihtoehto olisi valita mahdollisimman lähelle päivävaloa vastaava värisävy. Värien toistoon, eli Ra-arvoon tulisi kiinnittää huomiota valaisinta valittaessa. Valaistuksen sijoitteluun kannattaa kiinnittää huomiota, jotta niiden asennus-, puhdistus- ja vaihtotyö olisivat mahdollisimman helppoa. Hyvä vaihtoehto on sijoittaa valaisimet lantakäytävien yläpuolelle. Valaisimien sijoittelulla voidaan helpottaa huoltotyön suorittamista eläinten seassa. Navettaolosuhteissa valaisimet tulisi puhdistaa kaksi kertaa vuodessa.

Asennustapa kiskoon tai suoraan kattoon vaikuttaa myös vaihto- ja huoltotyön helppouteen. Valaisimien asentaminen hissillä toimiviin kiskoihin olisi paras vaihtoehto huollettavuuden ja työturvallisuuden näkökulmasta, jolloin valaisimet voisi laskea huollon ajaksi alas. Valaistuksen saneeraamisessa vanhaan navettaan on useasti työlästä ja hankalaa, koska samassa tilassa on eläimiä. Valaistus suunnitelman teettämisen lisäksi asentamistyöstä kannattaisi pyytää urakkatarjous, jolloin asentamisen kustannukset olisivat tiedossa.

Valaisimen teknisissä ominaisuuksissa huomiota tulisi kiinnittää rungon materiaaliin ja laatuun, polttoikään, luokituksiin, takuuseen ja STUL-takuuseen sekä valotehokkuuteen. Huomiota tulisi kiinnittää myös valaisimen rakenteelliseen ominaisuuteen, eli siihen onko valaisin rakennettu modulaarisesti vai integroidusti. Led-valoa valittaessa koteloinnin tulisi olla riittävän tiivis, koska led-komponentit eivät kestä ammoniakkaasuja. Riittävä tiiviysluokka on IP66, jolloin valaisin voidaan myös puhdistaa painepesurin avulla.

Led-valoputkien alhainen energiankulutus ja pitkä polttoikä ovat loisteputkeen verrattuna hyvällä tasolla. Led-valoputken hyvänä puolena on soveltuvuus vanhaan loisteputkivalaisinrunkoon. Valaisinrunkojen ollessa hyväkuntoisia, on valaistusinvestoinnin suuruus pieni ja investointi maksaa nopeasti itsensä takaisin säästyneen sähköenergian kautta. Led-valoputki on korvattavissa helposti uudella valoputkella sen käyttöikänsä päättyessä. Heikkona puolena led-valoputken asentamisessa suljettuun valaisinrunkoon on työläs valaisimen puhdistus. Valaisimen kupu täytyy puhdistaa sisä- ja ulkopuolelta, jos valaisimen IP-luokka ei ole riittävän tiivis. Tämä lisää huoltotyön kustannuksia, verrattuna valonheitintyyppiseen led-valaisimeen. Led-valoputken soveltaminen loisteputkivalaisinrunkoon ja valaisimeen tehtävän muutoksen kanssa tulisi olla tarkkana, jotta valaisimet ovat palo- ja työturvallisia. Tehtävistä muutoksista vastaa muutoksen tekijä, jos valoputken valmistaja ei ole antanut erillistä toimeksiantoa.

Led-valonheitintyyppisiä valaisimia on markkinoilla tarjolla runsaasti. Led-valonheittimen rakenneratkaisuissa on eroavaisuuksia. Led-valaisimissa on paljon käytössä integroituja rakenneratkaisuja. Kiinteästi rakennettuihin valaisimiin ei komponentteja voida vaihtaa jälkeinpäin. Jos valaisimeen tulee jotain vikaa, täytyy se vaihtaa uuteen valaisimeen. Modulaarisissa rakenneratkaisuissa komponenttien vaihto on mahdollista, jolloin valaisimia voidaan korjata jälkeinpäin. Led-valonheittimen puhdistustyö on helpompaa, kun valaisimen puhdistamiseen riittää pelkästään ulkopuolinen puhdistaminen.

Valaisimien luokituksiin on hyvä kiinnittää huomiota, jotta ne ovat soveltuvia navettaolosuhteisiin ja ovat palo- sekä työturvallisia. Edellämainitut ominaisuudet on hyvä ottaa huomioon ja lisäksi valintaan vaikuttaa valaistusinvestoinnin hinta. Mitä laadukkaampi valaisin on, sitä enemmän se maksaa.

7 PÄÄTÄNTÖ

Opinnäytetyö on hyvin ajankohtainen ja tarjosi tekijöille haastetta. Opinnäytetyö on ensimmäisiä, jossa on koottu yhteen pakettiin navettarakennuksen valaistuksen vaatimukset, siihen vaikuttavat tekijät, suositukset ja säädökset sekä erilaiset valaisintyytit. Opinnäytetyön arvoa nostavat teema- haastattelut tilatason kokemuksista led-valaistuksen osalta sekä kolme erilaista valaistusinvestointi- laskenta esimerkkiä. Tilatason kokemuksista ei ole olemassa aikaisempaa tutkimustyötä. Investointi- laskelmia pystytään helposti vertaamaan isompaan ja pienempään kokoluokkaan.

Opinnäytetyötä tehdessä selvisi, ettei navettavalaisusinvestoinnin kannattavuuteen ole olemassa valmista laskuria, joka huomioisi tilatason muuttujia riittävän yksityiskohtaisesti. Muuttujia ovat na- vetoiden keinovalaistuksen polttoaika sekä nykyisen ja uuden valaisimen tekniset ominaisuudet. Opinnäytetyön tekijät ovat kehittäneet opinnäytetyön rinnalla Excel- pohjaisen valaistusinvestointi- laskurin. Laskurin avulla pystyy vertaamaan nykyistä ja uutta valaistusta keskenään, joka antaa tu- lokseksi kannattaako valaistusinvestointi. Valaistusinvestointilaskuri tullaan julkaisemaan Maa- tila2020 -sivustolla kevään 2016 aikana. Osoite sivustolle on <http://maatila2020.savonia.fi/>

Opinnäytetyön tavoitteena oli hakea vastausta kysymykseen, kannattaako navettaan investoida led- valaisimet ja mitä niiden vaihdossa tulee ottaa huomioon. Teemahaastatteluiden avulla pyrittiin sel- vittämään maatalousyrittäjiltä, mitä asioita tulisi ottaa huomioon valaistusta uusittaessa ja millaisia kokemuksia heillä on led-valaistuksesta. Teemahaastattelut onnistuivat ja toivat opinnäytetyöhön käytännönläheistä näkökulmaa. Konkreettisenä tuotoksena opinnäytetyössä syntyi kolme investointi- laskelmaa led-valaisimien vaihdosta aiheutuvista kustannuksista. Teemahaastatteluissa ilmi käynyt asennuskustannusten suuruus paljastui myös valaistusinvestointilaskelmissa. Opinnäytetyössä syntyi kattava teorianietopaketti navetan valaisimista, valaistuksesta ja mitä valaistuksessa sekä sen vaih- dossa tulee ottaa huomioon.

Työ antaa vastauksia maatalousyrittäjille, neuvojille, sähköasennusyrietyksille, valaisimien maahan- tuojille ja valmistajille sekä päättäjille. Opinnäytetyössä päästiin työn tavoitteeseen. Nykyaikana tek- nologian nopea kehitys, voi tuoda markkinoille uudenlaisen valaisintyytin tai kehittää nykyisiä valai- sintyypppejä entistä tehokkaammiksi.

Opinnäytetyön tekeminen avasi muutamia jatkotutkimuksien aiheita. Suomessa keinovalaistuksen polttoajan mittauksesta ei ole olemassa tutkimustietoa. Jatkotutkimuksessa voisi mitata, minkä ver- ran erityyppisissä navetoissa on tarvetta keinovalaistukselle eri vuodenaikoina sääolosuhteet huomi- oon ottaen. Mittauksen avulla selviäisi valaistuksen todellinen käyttöaika vuositasolla. Euroopassa ja Yhdysvalloissa suoritettut tutkimukset valaistuksen vaikutuksesta lehmän maidontuotantoon vaatisi päivittämistä, koska tutkimukset ovat yli 10 vuotta vanhoja.

Opinnäytetyö jätti myös avonaisia kysymyksiä. Led-valoputken tuottama luumenmäärä on loisteput- kea pienempi. Teemahaastatteluissa kävi kuitenkin ilmi, että led-valoputken valoteho riittää korvaa-

maan loisteputken. Eroavaisuutena led-valoputken ja loisteputken välillä on valon väri, joka led-valoputkella on kylmempi. Toinen eroavaisuus on Ra-arvo, joka kuvaa, miten hyvin eri värit toistuvat valossa. Ra-arvolla ja valon värillä voi olla vaikutusta, miten ihmissilmä pystyy tekemään havaintoja navetassa. Avoin kysymys onkin, riittääkö led-valoputken valaistusvoimakuus suoraan korvaamaan loisteputken, eli voidaanko valaistusvoimakkuussuosituksia laskea. Maatalousyrittäjien mukaan heikommassa valaistusvoimakkuudessa, jossa värilämpötila on lähellä päivänvaloa, näkee paremmin. Jatkotutkimusta vaatisi, minkä värinen valo olisi hoitajan näkökulmasta paras ja työtä helpottavin.

Opinnäytetyö vaati tekijöiltään suuren määrän taustatiedon hankintaa ja se oli haastavaa. Lähdemateriaali oli hyvin hajanaista ja sisälsi suuren määrän markkinointimateriaalia. Ulkomaalaiset lähteet eivät tarjonneet kovin paljoa apua siksi, sillä led-valaistus kehittyi nopeasti. Työ vaati myös lukuisia puhelinsoittoja aiheen uutuusarvon ja ristiriitaisten tietojen vuoksi. Opinnäytetyön päämäärä oli alusta alkaen selvä. Aiheen rajaaminen ja pitäminen käytännönläheisenä tuotti jonkin verran haastetta. Haastetta tuotti lisäksi investointilaskelmia varten pyydetyt tarjoukset, joita ei lupauksista huolimatta toimitettu. Case -tilojen laskelmat olisi luotu voitu luoda silloin vertailemalla kahta valaistusinvestointitarjousta keskenään, joka olisi lisännyt investointilaskelmien arvoa.

Opinnäytetyöstä kuuluu kiitos maatalousyrittäjille, jotka osallistuivat haastatteluihin avoimesti ja olivat valmiita jakamaan kokemuksensa led-valaistuksesta. Lisäksi kiitos ylivieskalaiselle maatalousyrittäjälle Marko Sorvistolle, jonka kokemukset olivat arvokkaita työn kannalta. Oppilaistoksen puolelta kiitos työstä ohjaajille Pasi Eskelinen, Hannu Viitala, Pirjo Suhonen sekä opponenteille Tuomas Ruottinen ja Juho Vidgren, he olivat avuksi työn tekemisessä alusta loppuun. Kiitämme seuraavia yrityksiä: Sähkötoimisto Murtola Oy, FarmLed, Ledistys, Tehdasvalo ja TT Sähköpalvelu Oy:tä led-valaistus tietojen jakamisesta.

Opinnäytetyö opetti tekijöilleen tiedonhankintaa, suunnitelmallisuutta, kokonaisuuden hahmottamista, yhteistyötaitoja sekä viestintää. Lähdemateriaalin hajanaisuus ja runsas markkinointimateriaali kehittivät tiedonhankintataitojen lisäksi kriittistä suhtautumista asiaan. Investointilaskelmat lisäsivät talousosaamista, jossa osaaminen syventyi kannattavuuslaskelmien osalta. Investointilaskelmien tuloksia tukivat hyvin teemahaastattelut, jotka edesauttoivat yhteistyö- ja viestintätaitoja. Opinnäytetyö avasi uusia näkökulmia sekä ajattelumalleja, jotka helpottavat kokonaisuuden hallintaa ja näkemistä. Opinnäytetyö vahvisti kokonaisuudessaan molempien tekijöiden ammatillista osaamista.

LÄHTEET

- Ahokas, J. (Helsinki 2013). (Maataloustieteiden laitos) Haettu 21. 1 2016 osoitteesta Energian kulutus ja säästö karjataloudessa: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/60/Karjatalousrakennukset%20ja%20koneet.pdf>
- Ahokas, J. (ei pvm). *Maatalous ja energia*. Energia-Akatemia.
- Ahokas, J.; Rajaniemi, M.; & Turunen, M. (ei pvm). *Maatalousrakennusten valaistus*. (Energia-Akatemia) Noudettu osoitteesta http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/74/Maatalousrakennusten_valaistus_netti.pdf
- Alppilux. (ei pvm). *Valaistusopas*. (Ensto Lighting Oy) Haettu 10. 3 2016 osoitteesta Valonlähteet: <http://www.alppilux.fi/fi/valonlahteet/valonlahteet>
- Anita Saaranen-Kauppinen, A. P. (2009). *Menetelmäopetuksen tietovaranto* (Osa/vuosik. 2). Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto Tampereen yliopisto. Noudettu osoitteesta http://www.fsd.uta.fi/fi/julkaisut/motv_pdf/KvaliMOTV.pdf
- Astro. (ei pvm). *Nanometri*. Haettu 23. 11 2015 osoitteesta <http://www.astro.utu.fi/zubi/unit/nm.htm>
- Blomberg, T. (10. 12 2015.). T T Sähköpalvelu. *Puhelinhaastattelu*. (H. Lotvonen, Haastattelija)
- Brown, A. (2009). *Human resource management lessons*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. Liiketalouden yksikkö. Lokakuu 2009. Luento.
- Dahl. (2003). *Photoperiod Management of Dairy Cattle for Performance and Health*. Haettu 9. 11 2015 osoitteesta <http://www.wcds.ca/proc/2003/Manuscripts/Chapter%2027%20Dahl.pdf>
- Elektroskandia. (ei pvm). *Valon lähteet*. Haettu 11. 13 2015 osoitteesta <http://stara.rexel.fi/documentelement.html?uid=1890552>
- Energia-akatemia. (2013). *Energian kulutus ja säästö karjataloudessa*. (A. j, Toimittaja; & maataloustieteiden laitos) Haettu 20. 10 2015 osoitteesta <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/60/Karjatalousrakennukset%20ja%20koneet.pdf>
- Ensto 1. (ei pvm). *Direktiivit ja määräykset*. Haettu 03. 02 2016 osoitteesta CE – merkintä: <http://www.alppilux.fi/fi/direktiivit-ja-maaraykset/direktiivit-ja-maaraykset>
- Ensto. (2015). *Valo*. Haettu 18. 11 2015 osoitteesta <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398651726/1228398666895.html>
- Eskelinen, P. (20. 1 2015). Savonia AMK hankevastaava. Iisalmi, Suomi. Haettu 22. 10 2015
- Fibox. (ei pvm). *IP- ja IK- luokitukset*. Haettu 03. 02 2016 osoitteesta http://www.fibox.fi/10/IP%20ja%20IK%20-luokitukset_FIN1.html
- Finlex. (8 2012). *Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjara-kennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista*. Haettu 20. 10 2015 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120008>
- Glamox luxo. (ei pvm). *Kymmenen asiaa, jotka sinun tulee tietää ledeistä*. Haettu 14. 01 2016 osoitteesta http://www.glamox.com/upload/2013/09/26/fi_singlepages-2.pdf
- GLAMOX. (ei pvm). *Symbolien selitykset*. Haettu 18. 12 2015 osoitteesta Glamox Luxo Lighting Oy: <http://glamox.com/fi/symbolien-selitykset>
- Hakala, J. T. (2004). *Opinnäyteopas ammattikorkeakouluille*. Helsinki: Gaudeamus.

- Halonen, L.;& Lehtovaara, J. (1992). *Valaistustekniikka*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Hammarin Sähkö Oy. (ei pvm). *Mikä on IP-luokitus?* Haettu 12. 11 2015 osoitteesta <http://kauppa.hammarinsahko.fi/ip-luokitus>
- Harris, T.;& Fenlon, W. (31. Tammikuu 2002.). *How light emitting diodes work*. Haettu 5. Lokakuu 2015 osoitteesta <http://electronics.howstuffworks.com/led.htm>
- Hintikka, K. A. (2009). *Twitter pikaviestii suuria uutisia*. Haettu 14. 9 2009 osoitteesta Helsingin Sanomat: <http://www.hs.fi/arkisto/artikkeli/HS20090804SI1AT017cv>
- Hirsijärvi, R. &. (2014). *Tutki ja kirjoita* (19 p.). Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi. Haettu 20. 10 2015
- Hirsijärvi2. (2007). *Tutki ja Kirjoita*.
- Ikäheimo, J. (26. 11 2015.). (J. Lautiainen, Haastattelija)
- International Electrotechnical Commission. (ei pvm). *What we do?* (International Electrotechnical Commission) Haettu 21. 10 2015 osoitteesta <http://www.iec.ch/about/activities/?ref=menu>
- Jaatinen, P. (2004). *Miltä SAMKin opinnäytetyöt näyttävät toisin silmin? Satakunnan ammattikorkeakoulun vuoden 2002 opinnäytetöiden arvioinnista tehty tutkimus*. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu.
- Järvinen, P. (2007). *Ammattina esimies*. Haettu 23. 5 2008 osoitteesta <http://www.wsoypro.fi/wsoypro.aspx?navi=Omat-sisallot§ion=books>
- Kananen, J. (2010). *Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas*. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu, liiketoiminta ja palvelut -yksikkö. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 111.
- Kari, M. (2009). Maatilayrityksen energiaopas. Teoksessa M. A.-M. Kari, *Tieto tuottamaan*. Keuruu: ProAgrian keskusten liitto.
- Karlström, T. (2015). Valoa karjalle. *Nauta*, 45(2), ss. 26-28. Haettu 13. 11 2015
- Keskusliitto, F. (6 2007). *Maatilojen palontorjunta*. Haettu 13. 11 2015 osoitteesta https://www.fkl.fi/materiaalipankki/ohjeet/Dokumentit/Maatilojen_palontorjunta_turvaohje.pdf
- Kuru., F. (ei pvm). *SI-järjestelmät*. Haettu 26. 01 2016 osoitteesta <http://www.eskoppi.fi/mod/book/view.php?id=9304>
- Lamminaho, T. (2015). *Eläinsuojan valaistuksen toteutusvaihtoehtojen teknistaloudellinen vertailututkimus*. Joensuu: Karelia ammattikorkeakoulu. Noudettu osoitteesta http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90861/Lamminaho%20Tomi_2015_05_07.pdf?sequence=1
- Lampputieto. (ei pvm). *Kelvin- varilämpötila*. Haettu 17. 11 2015 osoitteesta <http://www.lampputieto.fi/lamput/lamppujen-ominaisuuksia/kelvin-varilampotila/>
- Lampputieto. (ei pvm). *LED-lamput*. Haettu 30. 11 2015 osoitteesta <http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/led-lamput/>
- Lappalainen, M. (1. 2 2016). Varatoimitusjohtaja. *Valaisintarjous*. Iisalmi.
- Lautiainen, J. (2015). *Kuvakokoelma*.
- Letonsaari., M. (ei pvm). *4.2 Sähkömagneettisen säteilyn spektri*. (Otavan Opisto) Haettu 17. 11 2015 osoitteesta http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/fy/fy3/4_valo/402?C:D=iS3j.iPjy&m:selres=iS3j.iPjy
- Limic Oy. (ei pvm). *LED -LAMPUN (VALON) TEKNISET TIEDOT*. Haettu 17. 11 2015 osoitteesta http://www.limic.fi/html/led_tek.htm
- Lotvonen, H. (2015). *Kuvakokoelma*.
- Lumilab. (ei pvm). *LED-teknologia*. Haettu 14. 01 2016 osoitteesta <http://www.lumilab.fi/index.php/fi/yritys/led-teknologia>

- Lähtapiola. (2014). *Lähtapiola*. Haettu 26. 1 2016 osoitteesta Turvasytytin vähentää valaisinpaloja merkittävästi maataloilla: <http://www.lahitapiola.fi/maatilat/edut-ja-palvelut/maatilan-riskienhallinta/omaisuuden-ja-toiminnanriskit/turvallisuusvinkit/turvasytytin-vahentaa-valaisinpaloja-merkittavasti-maatiloilla>
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus 8/2012. (12. 01 2012.). *Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjara-kennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista*. Haettu 20. 10 2015 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120008>
- Maaseutuvirasto. (ei pvm). *Maatalouden investointituet*. Haettu 21. 01 2016 osoitteesta http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden_investointituet/Sivut/maatalouden_investointituet.aspx
- Motiva oy. (26. 10 2015.). *Investointituet uusiutuvalle energialle*. Haettu 21. 01 2016 osoitteesta http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/uusiutuvan_energian_tuet/investointituet_uusiutuvalle_energialle
- Mölsä, H. (2005). *Verkko-opetuksen käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä*. (Helsingin yliopisto. Viestinnän laitos. Pro gradu -tutkielma) Haettu 20. 11 2005 osoitteesta <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/val/viest/pg/molsa/verkkoop.pdf>
- Nurmi, T. (ei pvm). *Opus valaistustekniikka*. Haettu 20. 10 2015 osoitteesta Vakaustyjseb ohjaus: http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/13valaistustekniikka.pdf
- Osram 1. (ei pvm). *Led: Energiatohokkaat, joustavat valaistusratkaisut mahdollistava teknologia*. (OSRAM) Haettu 20. 10 2015 osoitteesta http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/perustietoa/index.jsp
- Osram 2. (ei pvm). *OSRAM-tietoa: LED-valon värit*. (OSRAM) Haettu 20. 10 2015 osoitteesta http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/valon-vaerit/index.jsp
- Osram 3. (2016.). *Perinteiset T8-loistelamput voi korvata energiatohokkilla led-valoputkilla*. (OSRAM GmbH) Haettu 15. 2 2016 osoitteesta http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/osramin-led-lamput-laaja-tuotekampanja/perinteiset-t8-loistelamput-voi-korvata-energiatohokkilla-led-valoputkilla/index.jsp
- Peda.net. (ei pvm). *Valo etenee suoraviivaisesti*. Haettu 17. 12 2015 osoitteesta eFysiikka: <https://peda.net/valkeakoski/pk/tyry/pienluokka/efysiikka-72/ves>
- Pellinen, J. (2008). *Kannattava maatilayritys*. (A. E. Jukka Pellinen, Toim.) Keuruu: Tieto tuottamaan. Haettu 30. 11 2015
- Philips. (ei pvm). *Pacific LED WT460C*. (Philips) Haettu 15. 2 2016 osoitteesta http://www.lighting.philips.fi/prof/sisaevalaisimet/vesitiiviit-ja-puhdastilojen-valaisimet/pacific-led-wt460c/910925335650_EU/product
- Posio, M. (2010). *Kotieläintilojen energiankulutus*. Pro gradu-tutkielma, Maataloustieteiden laitos Helsingin yliopisto. Haettu 17. 12 2015 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/17573/Gradu%2020.8.2010.pdf?sequence=1>
- Pylsy, A. (2010). *Tuotemallisto nostalgian inspiroimana*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Pynnä, S. (3. 8 2009). Satakunnan ammattikorkeakoulun henkilöstön kehittämisspäivät 21.8.2009 klo 9.00-16.00 [sähköpostiviesti]. *Vastaanottaja Pirkko Tenkama*.
- Roms, M. (12. 7 2015). Asiantuntija pohjola vakuutus.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2009). *Menetelmäopetuksen tietovaranto* (Osa/vuosik. 2). Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto Tampereen yliopisto. Noudettu osoitteesta http://www.fsd.uta.fi/fi/julkaisut/motv_pdf/KvaliMOTV.pdf
- Saarin, P. (14. 01 2016.). Palotarkastaja. Iisalmi.

- Savolainen, J. (19. 10 2015.). Riskikartoittaja LähiTapiola. *Puhelinhaastattelu*.
- Savolainen., J. (ei pvm). *Lositeputkivalaisimien huolto-ohjeita*. Haettu 29. 1 2016 osoitteesta Lähitapiola.
- STUL. (ei pvm). *STUL-TAKUU*. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto) Haettu 17. 12 2015
- Suhonen, P.; & Tenkama, P. (2010). *Raportointiohjeet*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Tetri., E. (ei pvm). *Mitä ledi on ja mitkä ovat sen*. (Aalto- yliopisto) Haettu 20. 10 2015 osoitteesta http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti_valoa_Tetri.pdf
- Tossavainen, M. (14. 01 2016.). Myyntijohtaja Valtavalo Oy. (H. Lotvonen, Haastattelija) Iisalmi.
- TTS , T. (6 2010). *Valaistuksen energiankulutus kotieläintiloilla*. (A. Mika, Toimittaja) Haettu 22. 10 2015 osoitteesta 625:
http://webd.savonia.fi/Opintomateriaali/TTS/mati/2010/2010_6_mati625_Valaistuksen%20energiankulutus%20kotiela%3%A4intiloilla.pdf
- Tukes. (28. 4 2014). *LED-valoputket loisteputkien korvaajina*. Haettu 4. 12 2015 osoitteesta http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/LED_valoputket_loisteputkien_korvaajina.pdf
- Turunen, M. (11. 12 2013). *Maidontuotanto Energia-Akatemia*. (Kokemuksia tuotantotilojen valaistuksesta kotieläintiloilla) Haettu 26. 10 2015 osoitteesta https://etela-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/mea_lehdisto_hameenlinna_maidontuotanto.pdf
- Turunen, M. (17. 03 2015.). Energia-asiantuntija. Vaala.
- Ulrich, D. (2007). *Henkilöstöjohtamisella huipulle*. Helsinki: Talentum.
- Uusyrityskeskus, K.-U. (ei pvm). *YT22 Investoinnin laskentaopas*. (K.-U. k. Oy, Tuottaja) Haettu 17. 11 2015 osoitteesta http://www.yritystulkki.fi/files/yt22_investoinnin_laskenta_keuke.pdf
- Valokas. (ei pvm). *Onko värinistöindeksi CRI tärkeä lukema ja mitä se kertoo?* Haettu 15. 01 2016 osoitteesta <http://www.valokas.fi/fi/cri>
- Valopaa. (ei pvm). *Modulaarisuus*. Haettu 20. 01 2016 osoitteesta http://www.valopaa.com/laatu_ja_tekniikka/valaisintekniikka/modulaarisuus
- Valtavalo. (ei pvm). *Valtavalo G3+ LED-valoputki*. Haettu 7. 12 2015 osoitteesta <http://valtavalo.fi/wp/wp-content/uploads/2015/03/Valtavalo-G3-LED-tube-brochure-FIN-update-3.1.pdf>
- Viherympäristöliitto ry. (2010). *Uusi valaistuskirja*. (A. T.-A. Oy, Toim.) Helsinki: Viherympäristöliitto. Haettu 18. 11 2015
- Wikipedia. (ei pvm). *Sähkömagneettinen säteily*. Haettu 23. 2 2016 osoitteesta https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6magneettinen_s%C3%A4teily
- Vipe-LED. (27. 11 2015.). *Erialaisten lamppujen vertailua*. Haettu 30. 11 2015 osoitteesta <http://www.vipeled.fi/Led-tietoa>

LIITE 1 HAASTATTELUKYSYMYKSET

1. Aikaisemmat valaisimet (Tyyppi, lukumäärä ja kestävyys)

Tarkemmat tiedot

2. Led-valaisimen tyyppi? (Loisteputki? Piste led? Jokin muu, mikä? (Vaihdettiin valaistuksen yhteydessä koko valaisin, vain pelkästään loisteputki ja liitäntälaitte?))

Lukumäärä ja kestävyys:

- Maahantuojat/ Valmistajat:
- Valon väri:
- Hintat: Valaistus? asennus?

3. Miksi valaistus on vaihdettu, tehtiinkö valaistussuunnitelma?

4. Mikä vaikutti led valojen valintaan? Oliko jotain asioita jotka mietityttivät led-valaistuksessa?

5. Tuliko jotain yllättävää valaistuksen vaihdon yhteydessä, mitä tekisit nyt toisin? (ovatko odotukset täyttyneet tai onko ollut puutteita?)

6. Onko energiankulutusta mitattu/ laskettu valaistuksen osalta?

7. Millä perusteella valitsit led-valaisimet valintaan? (Mihin kiinnitit huomion valaisimen valinnassa valitessa ja valaisimessa) Mistä hait informaatiota valaisimen valintaan?

(95)

LIITE 2 TEEMAHAASTATTELUT

Haastattelukysymykset (Tila 1)

1. Aikaisemmat valaisimet (Tyyppi, lukumäärä ja kestävyys): Ei ole. Navetta on vuoden vanha ja valaistu suoraan led-valoilla.

Tarkemmat tiedot.

2. Led-valaisimen tyyppi? (Loisteputki? Led-valonheitin? Jokin muu, mikä? (Vaihdettiin valaistuksen yhteydessä koko valaisin, vain pelkästään loisteputki ja liitäntälaitte?))

Led-valonheitin, on asennettu suoraan uuteen pihattonavettaan vuonna 2014

Lukumäärä ja kestävyys:

Pihattoon oli asennettu 16 kpl:tta 70 wattisia- ja 18 kpl:tta 140 wattisia led-valaisimia.

Uusien valaisimien kestävyys oli ollut heikko, maahantuojalla oli ollut huono erä, yli 20 kpl:tta valaisimia oli pimentynyt. Myös toisella tilalla oli ollut sama ongelma, saman erän kanssa. Kaikki valaisimet vaihdettiin takuuseen.

- Maahantuoja/ Valmistaja: Winled
- Valon väri: 5000 Kelvin
- Hinta: Valaistus? asennus? Valaisimien aiheuttavat kustannukset eivät selvinneet.

3. Miksi valaistus on vaihdettu, tehtiinkö valaistussuunnitelma?

Valaistus suunnitelma oli tehty pihatton suunnitteluvaiheessa.

4. Mikä vaikutti led valojen valintaan? Oliko jotain asioita jotka mietityttivät led-valaistuksessa?

Sähköfirman suositteli valaisimia, jonka perusteella tila oli valinnut valaisimet.

5. Tuliko jotain yllättävää valaistuksen vaihdon yhteydessä, mitä tekisit nyt toisin? (ovatko odotukset täyttyneet tai onko ollut puutteita?)

(95)

Valaisimien kestävyys ihmetytti tilallisia. Maahantuojan lupaama tuotetakuu oli 5 vuotta valaisimissa. Valaisimet korvattiin takuuseen, mutta epäselvyyttä oli ollut valaistuksen vaihtotyön maksajasta.

Tyytyväisiä tilalliset olivat valaisimiin ja valon väriin, koska kiiman seuranta oli helpottunut, lisäksi heidän mielestä palo- ja työturvallisuus oli parantunut.

6. Onko energiankulutusta mitattu/ laskettu valaistuksen osalta?

Tila ei ollut tietoinen valaistuksen sähkönkulutuksesta.

7. Millä perusteella valitsit led-valaisimet navettaan? (Mihin kiinnitit huomion valaisimen valinnassa navetassa ja valaisimessa) Mistä hait informaatiota valaisimen valintaan?

Sähköasentaja suositteli valaisimia navettaan. Rakennusvaiheessa ei ehditty valaistusvaihtoehtoihin kiinnittää huomiota.

(95)

HAASTATTELUKYSYMYKSET (TILA 2)

1. Aikaisemmat valaisimet (Tyyppi, lukumäärä ja kestävyys)

Tarkemmat tiedot: Loisteputkivalaistus. 58W ja 150 cm. Kestävyys 8000h. Yövaloissa olleet putket täytyi uusia joka vuosi. Valaisin rungoissa ei ollut ongelmia kestävyudessa. Loisteputkia navetassa 150 kpl yhteensä.

2. Led-valaisimen tyyppi? (Loisteputki? Led-valonheitin? Jokin muu, mikä? (Vaihdettiinko valaistuksen yhteydessä koko valaisin, vain pelkästään loisteputki ja liitäntälaitte?))

Led-valoputki. Vaihdon yhteydessä valaisin rungosta poistettu kondensaattori ja asennettu sytyttimen tilalle led-sytytin. Rikkoutuneet kuvut on vaihdettu.

Lukumäärä ja kestävyys: Led-valoputkia 150 kpl Yhteensä. Valot on palanut yövaloissa neljä vuotta putkeen. Muutamia valoputkia pimentynyt ja ne on vaihdettu uusiin. Polttoikä 40 000h led-valoputkilla.

- Maahantuojaja/ Valmistaja: Valtavalo
- Valon väri: 5000 Kelvin
- Hinta: Valaistus? asennus? Valoputket 150 kpl / 6000€ alv 0 %. Vaihtotyöhön meni aikaa 6 tuntia, sisältäen valaisin kupujen pesun. Valoputken ns. nollasarjaa, putket saatu edullisemmin, koska tulivat kokeiluun navettaolosuhteissa. Asennustyö on suoritettu itse. Sähkörittäjä on tarkastanut työn laadun.

3. Miksi valaistus on vaihdettu, tehtiinkö valaistussuunnitelma?

Valaistus on vaihdettu seuraavista syistä: Loisteputkien heikko kestävyys, paloturvallisuus, palotarkastajan huomautukset palaneista loisteputkista, oma mielenrauha turvallisimmista valaisimista, investoinnin takaisinmaksu led-valoputken takuun aikana sähkönsäästön kautta.

Valaistussuunnitelmaa ei tehty led-valoihin siirryttäessä. Valaistussuunnitelma oli tehty loisteputkivalaistukselle rakentamisen yhteydessä.

4. Mikä vaikutti led valojen valintaan? Oliko jotain asioita jotka mietityttivät led-valaistuksessa?

Led-valoputken sopivuus vanhaan loisteputkirunkoon, koska rungot olivat vielä hyväkuntoisia. Tällöin uudelleen johdotukselta ja valaisinrungon vaihdolta vältyttiin. Kokeiltiin ensin 35 kpl yövaloissa ja hyvän kokemuksen pohjalta vaihdettiin kaikki loputkin loisteputket led-valoputkiin.

(95)

5. Tuliko jotain yllättävää valaistuksen vaihdon yhteydessä, mitä tekisit nyt toisin? (ovatko odotukset täyttyneet tai onko ollut puutteita?)

Valaistus on täyttänyt odotukset. Muutama valoputki on pimentynyt vuosien aikana. Yövalot kestänyt pidempään, kuin ilmoitettu polttoikä on. Sinertävämpi valo on parempaa karjan tarkkailussa ja hoitotehtävissä, verrattuna loisteputken tuottamaan valoon. Valotehon riittävyyteen ollaan tyytyväisiä. Palotarkastus on led-valoihin siirtymisen jälkeen joka toinen vuosi, kun ennen oli joka vuosi. Valaistuksesta helppo säästää navetan energiankulutuksessa. Jos loisteputkien pohjat ovat hyväkuntoiset, led-valoputket edullinen ratkaisu. Loisteputkirungot kovettuvat ja särkyvät helposti loisteputkien lämmön takia. Led-valoputkien kanssa rungot kestävät pidempään. Led-valoputken valoteho on loisteputken kanssa samaa luokkaa.

6. Onko energiankulutusta mitattu/ laskettu valaistuksen osalta?

Sähkönkulutusta seuraamalla kulutus on tippunut 25 000 – 30 000 kWh/v. Laskennallinen kulutuksen tippuminen on 29 000 kWh/v.

7. Millä perusteella valitsit led-valaisimet navettaan? (Mihin kiinnitit huomion valaisimen valinnassa navetassa ja valaisimessa) Mistä hait informaatiota valaisimen valintaan?

Huomioon valinnassa otettiin: Paloturvallisuus, helppohoitoisuus, investoinnin takaisinmaksu takuun aikana. Informaatiota ei ollut saatavilla neljä vuotta sitten. Tilallinen tarjoutui itse kokeilemaan miten valoputket soveltuvat navettaan.

Nyt huomioisi

- Asennuksen ja huollon helppouden -> lampun pesu
- Asennustapa (Katto vai kisko)
- Kestoikä
- Hinta
- Tarjous asennettuna
- Valon suunnattavuus ja sijainti
- Väri
- STUL-takuu

(95)

Haastattelukysymykset (Tila 3)

1. Aikaisemmat valaisimet (Tyyppi, lukumäärä ja kestävyys)
Tarkemmat tiedot: Loisteputkivalaistus: 58W, 150 cm = 83 kpl. Kestävyys: Heikko, kahteen linjaan putket uusittiin, mutta niitäkin pimentyi käytössä. 14 vuoden käytön jälkeen valaisin rungot olivat käyttökelvottomia.

2. Led-valaisimen tyyppi? (Loisteputki? Led-valonheitin? Jokin muu, mikä? (Vaihdettiin valaistuksen yhteydessä koko valaisin, vain pelkästään loisteputki ja liitäntälaitte?))

Led-valonheitin. Valaisimet on laajalla valonjako optiikalla. Valaisimet ovat olleet käytössä kaksi vuotta.

Lukumäärä ja kestävyys: Led-valonheittäjiä 24 kpl yhteensä. Kestävyys 80 000h, IP66, alumiinirunko, D-luokitus. Takuu 5 vuotta. Vanhoja valaisin kiskoja oli neljä. Uudet tulivat kahteen kiskoon, hieman ylemmäs.

- Maahantuojat/ Valmistajat: FarmLed
- Valon väri: 6 000 Kelvin
- Hinta: Valaistus? asennus? Valaisimien hinta noin 11 000 € ja asennus noin saman verran. Hinnat sis alv 24 %.

3. Miksi valaistus on vaihdettu, tehtiinkö valaistussuunnitelma?

Vanha valaistus oli käyttöikänsä päässä, jolloin paloriski oli suuri. Useampi vanha valaisin oli pimeänä. Tavoitteena oli vähentää valaisimien lukumäärää ja pienentää energiankulutusta. Valaistussuunnitelma tehtiin Dialux-ohjelmalla valaistus toimittajan puolesta.

4. Mikä vaikutti led valojen valintaan? Oliko jotain asioita jotka mietityttivät led-valaistuksessa?
Halu siirtyä nykyaikaan valaistuksessa, kun valaistus oli joka tapauksessa uusittava. Hinta/ laatusuhde ja hyvä palvelu vaikuttivat valaisin toimittajan valintaan.

5. Tuliko jotain yllättävää valaistuksen vaihdon yhteydessä, mitä tekisit nyt toisin? (ovatko odotukset täyttyneet tai onko ollut puutteita?)

Valaistus on täyttänyt odotukset. Kaksi valaisinta pimentyi melkein heti. Nämä valaisimet on käyty vaihtamassa takuuseen uusiin.

6. Onko energiankulutusta mitattu/ laskettu valaistuksen osalta?

(95)

Energiankulutus täysi valaistus päällä loisteputkilla 18 kW/h ja Led-valoilla 2,62 kW/h

7. Millä perusteella valitsit led-valaisimet navettaan? (Mihin kiinnitit huomion valaisimen valinnassa navetassa ja valaisimessa) Mistä hait informaatiota valaisimen valintaan?

Valaistus valittiin pyytämällä tarjous kolmelta valaisin valmistajalta ja valittiin edullisin niistä.

(95)

Haastattelukysymykset (Tila 4)

1. Aikaisemmat valaisimet (Tyyppi, lukumäärä ja kestävyys)

Tarkemmat tiedot: Tilalla on ollut aikaisemmin loisteputkivalaisimet. Valaisimia oli 55 kpl:tta ja ne olivat kaksi putkisia. Loisteputkia navetassa oli yhteensä 110 kpl:tta. Loisteputket 150 cm ja 58W.

2. Led-valaisimen tyyppi? (Loisteputki? Led-valonheitin? Jokin muu, mikä? (Vaihdettiinko valaistuksen yhteydessä koko valaisin, vain pelkästään loisteputki ja liitäntälaitte?))

Modulaarinen led-valaisin

Lukumäärä ja kestävyys: Valaisimia on asennettu 55 kpl:tta. Yhdellä modulaarisella led-valaisimella on korvattu yksi loisteputkivalaisin. Kestävyydeksi valaisimille on luvattu 15 vuotta.

- Maahantuojat/ Valmistajat: FarmLed
- Valon väri: 4000 Kelvin
- Hinta: Valaistus? asennus? Valaisimet olivat maksaneet 13 020 € (alv 0%) Asennuksesta ei ole kustannuksia tiedossa.

3. Miksi valaistus on vaihdettu, tehtiinkö valaistussuunnitelma?

Vanhat loisteputket olivat tulleet käyttöikänsä päähän ja ne olisi pitänyt vaihtaa uusiin. Valaisin rungot olivat vääntyneet lämmön vaikutuksesta ja ne olisi pitänyt vaihtaa uusiin runkoihin. Valaistussuunnitelmaa ei tilalle ollut tehty, koska uudet valaisimet asennettu suoraan vanhojen valaisimien tilalle.

4. Mikä vaikutti led valojen valintaan? Oliko jotain asioita jotka mietityttivät led-valaistuksessa?

Led-valaisimien korkea hinta oli mietityttänyt tilallista. Koska vanhat valaisimet piti uusia, tilallinen ei ehtinyt kilpailuttaa useampia valaisin toimittajia.

(95)

5. Tuliko jotain yllättävää valaistuksen vaihdon yhteydessä, mitä tekisit nyt toisin? (ovatko odotukset täyttyneet tai onko ollut puutteita?)

Ei ole ollut yllätyksiä.

6. Onko energiankulutusta mitattu/ laskettu valaistuksen osalta?

Tilalla ei ollut mitattu valaisimista aiheutuvaa energiankulutuksen alenemaa. Sähkölaskuista on tehty vähän vertailua edelliseen vuoteen. Isäntä sanoi että suoria johtopäätöksiä sähkölaskusta ei voinut tehdä, koska maatilalla on niin paljon muuttuvia tekijöitä energiankulutuksessa.

7. Millä perusteella valitsit led-valaisimet navettaan? (Mihin kiinnitit huomion valaisimen valinnassa navetassa ja valaisimessa) Mistä hait informaatiota valaisimen valintaan?

Tämä valaisin oli valittu, koska se oli pystytty asentamaan suoraan vanhoille paikoille. Ja valaisimista oli saatu 30 % alennus, koska valaisimet oli myyty jo kerran, mutta kauppa oli peruuntunut. Navetta-avajaisissa oli haastatellut Farm-led edustajalta kyseisistä valaisimista. Valintaan oli vaikutta valaisimen suojaus (Kestää painepesun).

(95)

Haastattelukysymykset (Tila 5)

1. Aikaisemmat valaisimet (Tyyppi, lukumäärä ja kestävyys)

Tilalla oli aikaisemmin ollut loisteputkivalaisimet. Valaisimien teho 2x58 W. Valaisimia oli 80 kpl:tta ja loisteputkia 160 kpl. Valaisimien rungot alkoivat irrota metallikiskoista, ja valaisimet olivat roikkuneet johtojen varassa.

2. Led-valaisimen tyyppi? (Loisteputki? Led-valonheitin? Jokin muu, mikä? (Vaihdettiinko valaistuksen yhteydessä koko valaisin, vain pelkästään loisteputki ja liitäntälaitte?))

Lukumäärä ja kestävyys: Led-valonheittimiä 24 kpl:tta ja loisteputkimallisia 16 kpl:tta. Valonheittimien energiankulutus oli 60W ja loisteputkimallisten 2x17W. Tilallisella valaisimet olivat olleet käytössä alle vuoden, muutama valaisin oli lakannut toimimasta, takuuseen oli saanut uudet valaisimet.

- Maahantuojaja/ Valmistaja: Soluxima,
- Valon väri: Värilämpö 4000K, hieman sinertävä
- Hintaa: Valaistus? asennus? Valaisimet olivat maksaneet 10 000 € ja asennus 10 000€. (alv. 24 %)

3. Miksi valaistus on vaihdettu, tehtiinkö valaistussuunnitelma?

Vanhat valaisimet olivat alkaneet irrota ripustuksista, jonka seurauksena valaisimet tuli uusia. Valaistussuunnitelma sisältyi tarjouksiin, joita tilallinen pyysi.

4. Mikä vaikutti led valojen valintaan? Oliko jotain asioita jotka mietityttivät led-valaistuksessa?

Sähkönkulutuksen aleneminen oli suuri vaikuttava tekijä siirtymisessä led-valaisimiin.

Tilalliselle oli tullut useista eri valaisimista tarjoukset. Hän oli valinnut kyseiset valaisimet, koska oli tutkinut internetistä tietoa ja todennut niiden olevan laadukkaimmat.

Valaisimet eivät olleet halvimmat, koska ei uskonut halpojen valaisimien luotettavuuteen.

Aikaisempi valaistus oli ollut edullinen ja niiden kestävyys oli ollut heikko. Ensimmäiset valaisimet olivat rikkoutuneet vuoden käytön jälkeen.

(95)

5. Tuliko jotain yllättävää valaistuksen vaihdon yhteydessä, mitä tekisit nyt toisin? (ovatko odotukset täyttyneet tai onko ollut puutteita?)

Asennuksesta aiheutuneet kustannukset oli tilalliselle ollut yllätys. Urakkatarjouksen pyytäminen olisi ollut asia minkä hän olisi tehnyt toisin. Sähköasentajien saaminen navettaan oli kuulemma ollut haastavaa. Vanhojen valaistus kiskojen nostaminen aiheutti lisätyötä.

6. Onko energiankulutusta mitattu/ laskettu valaistuksen osalta?

Ei ollut laskettu energiankulutusta, mutta kauppiat olivat lupailleet led-valaisimien takaisinmaksu ajaksi 2 vuotta.

7. Millä perusteella valitsit led-valaisimet navettaan? (Mihin kiinnitit huomion valaisimen valinnassa navetassa ja valaisimessa) Mistä hait informaatiota valaisimen valintaan?

Tilallinen oli tutustunut konemessuilla eri valaisimiin ja pyysi siellä tarjouksia. Tilalla paikan päällä oli käyty messujen jälkeen esittelemässä eri valaisimia.

Isäntä oli internetistä etsinyt tietoa ja kokemuksia valaisimista, mikä vaikutti valintaan. Lisäksi valaisimien takuu-aika ja polttoikä olivat olleet ratkaisevat valintaan.

(95)

Haastattelukysymykset (Tila 6)

1. Aikaisemmat valaisimet (Tyyppi, lukumäärä ja kestävyys)
Tarkemmat tiedot: Loisteputkivalaistus: 58W, 150 cm = 80 kpl. Ja 120 cm. 90. Kestävyys: loisteputket olivat kestäneet neljä vuotta. Valaisin rungot hyväkuntoiset, vaikka ikää 8 vuotta. Loisteputkia navetassa 80 kpl yhteensä.
2. Led-valaisimen tyyppi? (Loisteputki? Led-valonheitin? Jokin muu, mikä? (Vaihdettiinko valaistuksen yhteydessä koko valaisin, vain pelkästään loisteputki ja liitäntälaitte?))

Led-valoputki. Vaihdon yhteydessä valaisin rungosta poistettu kondensaattori ja asennettu sytyttimen tilalle led-sytytin. Vaihdon yhteydessä haalistuneet kuvat oli uusittu ja vanhat kuvat oli pesty valaisimista.

Lukumäärä ja kestävyys: Led-valoputkia 170 kpl. Yhteensä. Lypsyasemalla muutama valoputki pimentynyt, kun lehmät ovat päässeet niitä kolhimaan. Valot ovat olleet käytössä 1,5 vuotta. Valoputken energiankulutus 24W.

- Maahantuoja/ Valmistaja: Valoputket on tilattu itse Kiinasta.
- Valon väri: 6000 Kelvin
- Hinta: Valaistus? asennus? Valoputken hinta 20 € / kpl. alv 0 %. Asennus ja kupujen vaihto on suoritettu itse. Vaihtotyöhön aikaa meni 3 tuntia kahdelta henkilöltä. Sähköasentaja on käynyt poistamassa kondensaattorit valaisimista, josta laskuttanut 210 €.

3. Miksi valaistus on vaihdettu, tehtiinkö valaistussuunnitelma?

Valaistussuunnitelmaa ei ole tehty led-valoputkille. Valoputket vaihdettu ledeiksi, koska pienempi energian kulutus, paloturvallisemmat ja loisteputket olisi täytynyt vaihtaa uusiin.

4. Mikä vaikutti led valojen valintaan? Oliko jotain asioita jotka mietityttivät led-valaistuksessa?

Led-valoputken sopivuus vanhaan loisteputkirunkoon, koska rungot olivat vielä hyväkuntoisia. Kiinasta tilattujen valojen soveltuvuus navettaan mietitytti.

5. Tuliko jotain yllättävää valaistuksen vaihdon yhteydessä, mitä tekisit nyt toisin? (ovatko odotukset täyttyneet tai onko ollut puutteita?)

Valaistus on täyttänyt odotukset. Navetassa on nyt valoisampaa, kuin aikaisemmin. Valon väriin tottumiseen meni pari päivää. Led-valoputkien antama valoteho tuntuu silmin nähden paremmalta, kuin loisteputkien. Halvat led-valoputket antavat häiriötä radioon, jota ei tullut huomioitua tilausta tehdessä.

(95)

6. Onko energiankulutusta mitattu/ laskettu valaistuksen osalta?

Laskennallisesti on tippunut 15 000 kWh/v.

7. Millä perusteella valitsit led-valaisimet navettaan? (Mihin kiinnitit huomion valaisimen valinnassa navetassa ja valaisimessa) Mistä hait informaatiota valaisimen valintaan?

Valinnassa huomioon otettiin luotettavan kauppakumppanin löytyminen Kiinasta, laatu ja halu eroon keltaisesta valosta. Informaatioita haettiin internetistä.

Haastattelukysymykset (Tila 7)

1. Aikaisemmat valaisimet (Tyyppi, lukumäärä ja kestävyys)

Vanha valaistus oli toteutettu loisteputki valaistuksella, joita oli 100 kpl. Kestävyys loisteputkissa on ollut hyvä. Navetta on 8 vuotta vanha pihattonavetta ja muutaman kerran on putkia jouduttu uusimaan. Vanhat valaisinrungot olivat hyvä kuntoiset.

2. Led-valaisimen tyyppi? (Loisteputki? Led-valonheitin? Jokin muu, mikä? (Vaihdettiinko valaistuksen yhteydessä koko valaisin, vain pelkästään loisteputki ja liitäntälaitte?))

Led-valoputki 24 wattia

Lukumäärä ja kestävyys: Led-valoputkia on vaihdettu 100 kpl:tta, vuoden 2015 kesällä. Hajonneita putkia ei ollut. Kondensaattori on poistettu ja sytytin korvattu oikosulkupalalla.

- Maahantuojaja/ Valmistaja: Heikki Hietaharju on maahantuonut valoputkia Kiinasta ja välittänyt niitä eteenpäin.
- Valon väri: 6000 Kelvin
- Hinta: Valaistus? asennus? Led-valoputket maksoivat yhteensä 2000€ (alv 24%)

3. Miksi valaistus on vaihdettu, tehtiinkö valaistussuunnitelma?

Sähkösäästö on vaikuttanut siirtymisessä led-valoihin. Valaistussuunnitelmaa ei ole tehty led-valoputkille erikseen.

4. Mikä vaikutti led valojen valintaan? Oliko jotain asioita jotka mietityttivät led-valaistuksessa?

Led-valoputkien edullisuus vaikutti valintaan, koska muut valaisinkauppiat olivat tarjonneet led-valoputkia hintaan 60 €/kpl.

5. Tuliko jotain yllättävää valaistuksen vaihdon yhteydessä, mitä tekisit nyt toisin? (ovatko odotukset täyttyneet tai onko ollut puutteita?)

Led-valoputkien väriin tottumiseen kului muutama päivä. Navetassa valoa on riittävästi ja led-valoputket vaikuttavat silmiin kirkkaammilta, kuin loisteputket.

6. Onko energiankulutusta mitattu/ laskettu valaistuksen osalta?

Ei ole mitattu eikä laskettu.

7. Millä perusteella valitsit led-valaisimet navettaan? (Mihin kiinnitit huomion valaisimen valinnassa navetassa ja valaisimessa) Mistä hait informaatiota valaisimen valintaan?

Tilallinen oli keskustellut muiden tilallisten kanssa heidän kokemuksistaan led-valaistuksesta, joka oli rohkaissut valaistuksen päivittämiseen. Lisäksi edullisesti saadut valot houkuttelivat led-valaistukseen siirtymisessä.

LIITE 3 IP –LUOKITUSTAULUKKO

Ensimmäinen numero	Selitys
0	Ei suojausta.
1	Suojaus suuria kappaleita vastaan, halkaisija >50mm.
2	Suojaus keskikokoisia kappaleita vastaan, halkaisija >12,5 mm.
3	Suojaus pieniä kappaleita vastaan halkaisija >2,5 mm.
4	Suojaus erittäin pieniä kappaleita vastaan, halkaisija >1 mm.
5	Suojattu pölyltä, mutta ei täysin tiivis.
6	Täydellinen suojaus. Pölytiivis.

Toinen numero	Selitys
0	Ei suojausta vettä vastaan
1	Suojaus suoraan ylhäältä tulevaa vettä vastaan. (Pisara-suojattu)
2	Suojaus ylhäältä +/- 15° tulevaa vettä vastaan
3	Suojaus ylhäältä tulevaa +/- 60° tulevaa vettä vastaan. Sateenkestävä.
4	Suojaus vesiroiskeita vastaan.
5	Kestää vesisuihkun, joka suunnasta.
6	Kestää suurella paineella tulevan ruiskun.
7	Kestää hetkellisen upotuksen.
8	Kestää pysyvän upotuksen.

LIITE 4 CASE 1 –TILAN INVESTOINTILASKELMAT

Perustiedot

Sähkön hinta 0,09 €/kWh (Hinta sisältää sähkön ja siirtomaksun)

Päivävalaistuksen pituus kuukaudessa	Päiviä kuukaudessa	Valaistusaika tunteina	Yhteensä päivävalaistusta kuukaudessa
Tammikuu	31	16	496
Helmikuu	28	16	448
Maaliskuu	31	12	372
Huhtikuu	30	6	180
Toukokuu	31	6	186
Kesäkuu	30	6	180
Heinäkuu	31	6	186
Elokuu	31	8	248
Syyskuu	30	12	360
Lokakuu	31	16	496
Marraskuu	30	16	480
Joulukuu	31	16	496
Yhteensä		11,3	4128

Yövalaistuksen pituus kuukaudessa	Päiviä kuukaudessa	Valaistusaika tunteina	Yhteensä yövalaistusta kuukaudessa
Tammikuu	31	8	248
Helmikuu	28	8	224
Maaliskuu	31	8	248
Huhtikuu	30	8	240
Toukokuu	31	8	248
Kesäkuu	30	8	240
Heinäkuu	31	8	248
Elokuu	31	8	248
Syyskuu	30	8	240
Lokakuu	31	8	248
Marraskuu	30	8	240
Joulukuu	31	8	248
Yhteensä		8	2920

Valaistusaika vuodessa

Päivävalaistusaika	4128 Tuntia/Vuosi
Yövalaistusaika	2920 Tuntia/Vuosi
Valaistuksen käyttöaika yhteensä	7048 Tuntia/Vuosi

Loisteputkivalaistus

Vanhan valaistuksen perustiedot	Loisteputkivalaistus
Päivävalaisimien lukumäärä	90 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	30 kpl
Valaisimien lukumäärä yhteensä	90 kpl
Valaisimen energiankulutus päivävalo	63 W/h
Valaisimen energiankulutus yövalo	63 W/h
Valonlähteen elinikä	10000 h

Led-valoputkivalaistus

Uuden led-valaistuksen perustiedot	Led-valoputkivalaistus
Päivävalaisimien lukumäärä	90 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	30 kpl
Valaisimien lukumäärä yhteensä	90 kpl
Valaisimen energiankulutus päivävalo	21,5 W/h
Valaisimen energiankulutus yövalo	21,5 W/h
Valonlähteen elinikä	40000 h

Valaistuksen energiankulutus vuodessa	Loisteputkivalaistus	Led-valoputkivalaistus
Päivä valaistukseen energiankulutus	23406	7988
Yö valaistukseen energiankulutus	5519	1883
Valaistuksen energiankulutus yhteensä	28925	9871

Valaistukseen kuluva euromäärä vuodessa	Loisteputkivalaistus	Led-valoputkivalaistus
Päivävalaistukseen kuluva euromäärä	2107	719
Yövalaistukseen kuluva euromäärä	497	170
Valaistukseen kuluva euromäärä yhteensä	2603	888

Säästää vuodessa vaihtoehtoisella valaistuksella	kWh	Euroa
Led-valoputki	19053	1715

Valaistuksen käyttökustannukset valaisimen teoreettinen polttoikä ja käyttöaika					
Loisteputkivalaistus			Led-valoputkivalaistus		
Polttoikä tyyppi 1	10000	Tuntia	Polttoikä tyyppi 1	40000	Tuntia
Polttoikä tyyppi 2	0	Tuntia	Polttoikä tyyppi 2	0	Tuntia
Keskiarvo	10000	Tuntia	Keskiarvo	40000	Tuntia
Päivävalaistuksen käyttöikä	2,4	Vuotta	Päivävalaistuksen käyttöikä	9,7	Vuotta
Yövalaistuksen käyttöikä	1,4	Vuotta	Yövalaistuksen käyttöikä	5,7	Vuotta

Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset

Lampun hinta	5 €
Päivävalaisimien lukumäärä	90 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	30 kpl
Vaihto kuluva aika	8 min
Oman työn hinta	15 €
Vaihtotyön hinta	7 €/kpl

Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset vuodessa

Päivävalaistus	260 €
Yövalaistus	148 €
Yhteensä	408 €/a

Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset vaihtoehtoisen-valaisimen käyttöiän aikana

Päivävalaistus	2520 Euroa
Yövalaistus	840 Euroa
Yhteensä	3360 Euroa

Led-valoputkivalaistus		
Kustannuserittely hinnat ALV 0 %		
Valaisin €/kpl	20,49	€/kpl
Asennus	53	€/kpl
Valaisimien määrä	90	kpl
Kunnossapitokustannus	10 %	
Rahoitustarve		
Valaisimet	1844	€
Asennus	4752	€
Kunnossapitokustannus	660	€
Yhteensä	7255	€
Rahoitus ALV 24%		
Valaisimet	2287	€
Asennus	5892	€
Yhteensä	8179	€
Rahoitus tarve (ALV- huomioitu)		
Pankkilaina sis. korko 3 %	8424	€
Inv. Avustus 30 %	0	€
Oma rahoitus korko 5 %		€
Yhteensä	8424	€
Nettotuotto	€/h/v	€/vuosi
Sähkön säästö €/h (0,09€/kWh)	0,24	1715
Kunnossapitokustannussäästö	0,06	408
Muut hyödyt	0	
Yhteensä	0,30	2123

Led-valoputkivalaistus Kannattavuuslaskelma	
Valaistus aika	7048 h/a
Hankintakustannus	7255 €
Käyttöaika	5,7 v
Jäännösarvo	0 €
Tuotto	0,301 €/h
Korkokanta	3 %
Annuiteettimenetelmä	
Hankintakustannus	7255 Euroa
Annuteetti tekijä	0,194
Annuteetti yhteensä	1409 Sisältää poiston ja koron
Annuteetti €/h	0,200 Kustannus
Annuteetti €/h	0,301 Tuotot
<p>Tuotot / Kustannukset suhde: Investointi on kannattava, kun tuotot ja kustannukset ovat saman suuruiset. Eli suhdeluku on yksi tai suurempi</p>	
Led-valoputkivalaistus	1,51

LIITE 5 CASE 2 –TILAN INVESTOINTILASKELMAT

Perustiedot					
Sähkön hinta		0,09 €/kWh (Hinta sisältää sähkön ja siirtomaksun)			
Päivävalaistuksen pituus kuukaudessa		Päiviä kuukaudessa	Valaistusaika tunteina		Yhteensä päivävalaistusta kuukaudessa
Tammikuu	-	31	16		496
Helmikuu	-	28	16		448
Maaliskuu	-	31	12		372
Huhtikuu	-	30	6		180
Toukokuu	-	31	6		186
Kesäkuu	-	30	6		180
Heinäkuu	-	31	6		186
Elokuu	-	31	8		248
Syyskuu	-	30	12		360
Lokakuu	-	31	16		496
Marraskuu	-	30	16		480
Joulukuu	-	31	16		496
Yhteensä			11,3		4128
Yövalaistuksen pituus kuukaudessa		Päiviä kuukaudessa	Valaistusaika tunteina		Yhteensä yövalaistusta kuukaudessa
Tammikuu	-	31	8		248
Helmikuu	-	28	8		224
Maaliskuu	-	31	8		248
Huhtikuu	-	30	8		240
Toukokuu	-	31	8		248
Kesäkuu	-	30	8		240
Heinäkuu	-	31	8		248
Elokuu	-	31	8		248
Syyskuu	-	30	8		240
Lokakuu	-	31	8		248
Marraskuu	-	30	8		240
Joulukuu	-	31	8		248
Yhteensä			8		2920
Valaistusaika vuodessa					
Päivävalaistusaika		4128 Tuntia/Vuosi			
Yövalaistusaika		2920 Tuntia/Vuosi			
Valaistuksen käyttöaika yhteensä		7048 Tuntia/Vuosi			

Loisteputkivalaistus

Vanhan valaistuksen perustiedot	Valaisin tyyppi 1
Päivävalaisimien lukumäärä	70 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	25 kpl
Valaisimien lukumäärä yhteensä	70 kpl
Valaisimen energiankulutus päivävalo	63 W/h
Valaisimen energiankulutus yövalo	63 W/h
Valonlähteen elinikä	10000 h

Led-valaistus

Uuden led-valaistuksen perustiedot	Valaisin tyyppi 1
Päivävalaisimien lukumäärä	38 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	12 kpl
Valaisimien lukumäärä yhteensä	38 kpl
Valaisimen energiankulutus päivävalo	48 W/h
Valaisimen energiankulutus yövalo	48 W/h
Valonlähteen elinikä	70000 h

Valaistuksen energiankulutus vuodessa	Loisteputkivalaistus	Led-valaistus
Päivä valaistukseen energiankulutus	18204	7529
Yö valaistukseen energiankulutus	4599	1682
Valaistuksen energiankulutus yhteensä	22803	9211

Valaistukseen kuluva euromäärä vuodessa	Loisteputkivalaistus	Led-valaistus
Päivävalaistukseen kuluva euromäärä	1638	678
Yövalaistukseen kuluva euromäärä	414	151
Valaistukseen kuluva euromäärä yhteensä	2052	829

Säästöä vuodessa vaihtoehtoisella valaistuksella	kWh	Euroa
Led-valaistus	13592	1223

Valaistuksen käyttökustannukset valaisimen teoreettinen polttoikä ja käyttöaika					
Loisteputkivalaistus			Led-valaistus		
Polttoikä tyyppi 1	10000	Tuntia	Polttoikä tyyppi 1	70000	Tuntia
Polttoikä tyyppi 2	0	Tuntia	Polttoikä tyyppi 2	0	Tuntia
Keskiarvo	10000	Tuntia	Keskiarvo	70000	Tuntia
Päivävalaistuksen käyttöikä	2,4	Vuotta	Päivävalaistuksen käyttöikä	17,0	Vuotta
Yövalaistuksen käyttöikä	1,4	Vuotta	Yövalaistuksen käyttöikä	9,9	Vuotta

Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset

Lampun hinta	5 €
Päivävalaisimien lukumäärä	70 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	25 kpl
Vaihtoo kuluva aika	8 min
Oman työn hinta	15 €
Vaihtotyön hinta	7 €/kpl

Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset vuodessa

Päivävalaistus	202 €
Yövalaistus	123 €
Yhteensä	326 €/a

Loisteputkivalaistuksen kunnossapitokustannukset vaihtoehtoisen-valaisimen käyttöä aikana

Päivävalaistus	3430 Euroa
Yövalaistus	1225 Euroa
Yhteensä	4655 Euroa

Led-valaistus		
Kustannuserittely hinnat ALV 0 %		
Valaisin €/kpl	219	€/kpl
Asennus	263	€/kpl
Valaisimien määrä	38	kpl
Kunnossapitokustannus	5 %	
Rahoitustarve		
Valaisimet	8322	€
Asennus	9994	€
Kunnossapitokustannus	916	€
Yhteensä	19232	€
Rahoitus ALV 24%		
Valaisimet	10319	€
Asennus	12393	€
Yhteensä	22712	€
Rahoitus tarve (ALV- huomioitu)		
Pankkilaina sis. korko 3 %	23393	€
Inv. Avustus 30 %		€
Oma rahoitus korko 5 %		€
Yhteensä	23393	€
Nettotuotto	€/h/v	€/vuosi
Sähkön säästö €/h (0,09 €/kWh)	0,17	1223
Kunnossapitokustannussäästö	0,05	326
Muut hyödyt	0	
Yhteensä	0,22	1549

Led-valaistus Kannattavuuslaskelma	
Valaistus aika	7048 h/a
Hankintakustannus	19232 €
Käyttöaika	9,9 v
Jäännösarvo	0 €
Tuotto	0,220 €/h
Korkokanta	3 %
Annuiteettimenetelmä	
Hankintakustannus	19232 Euroa
Annuteetti tekijä	0,118
Annuteetti yhteensä	2268 Sisältää poiston ja koron
Annuteetti €/h	0,322 Kustannus
Annuteetti €/h	0,220 Tuotot
Tuotot / Kustannukset suhde: Investointi on kannattava, kun tuotot ja kustannukset ovat saman suuruiset. Eli suhdeluku on yksi tai suurempi	
Led-valaistus	0,68

LIITE 6 CASE 3 –TILAN INVASTOINTILASKELMAT

Perustiedot

Sähkön hinta 0,09 €/kWh (Hinta sisältää sähkön ja siirtomaksun)

Päivävalaistuksen pituus kuukaudessa	Päiviä kuukaudessa	Valaistusaika tunteina	Yhteensä päivävalaistusta kuukaudessa
Tammikuu	31	16	496
Helmikuu	28	16	448
Maaliskuu	31	12	372
Huhtikuu	30	6	180
Toukokuu	31	6	186
Kesäkuu	30	6	180
Heinäkuu	31	6	186
Elokuu	31	8	248
Syyskuu	30	12	360
Lokakuu	31	16	496
Marraskuu	30	16	480
Joulukuu	31	16	496
Yhteensä		11,3	4128

Yövalaistuksen pituus kuukaudessa	Päiviä kuukaudessa	Valaistusaika tunteina	Yhteensä yövalaistusta kuukaudessa
Tammikuu	31	8	248
Helmikuu	28	8	224
Maaliskuu	31	8	248
Huhtikuu	30	8	240
Toukokuu	31	8	248
Kesäkuu	30	8	240
Heinäkuu	31	8	248
Elokuu	31	8	248
Syyskuu	30	8	240
Lokakuu	31	8	248
Marraskuu	30	8	240
Joulukuu	31	8	248
Yhteensä		8	2920

Valaistusaika vuodessa

Päivävalaistusaika	4128 Tuntia/Vuosi
Yövalaistusaika	2920 Tuntia/Vuosi
Valaistuksen käyttöaika yhteensä	7048 Tuntia/Vuosi

Nykyinen valaistus

Vanhan valaistuksen perustiedot	Valaisin tyyppi 1
Päivävalaisimien lukumäärä	15 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	15 kpl
Valaisimien lukumäärä yhteensä	15 kpl
Valaisimen energiankulutus päivävalo	250 W/h
Valaisimen energiankulutus yövalo	13 W/h
Valonlähteen elinikä	15000 h

Led-valaistus

Uuden led-valaistuksen perustiedot	Valaisin tyyppi 1
Päivävalaisimien lukumäärä	15 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	15 kpl
Valaisimien lukumäärä yhteensä	15 kpl
Valaisimen energiankulutus päivävalo	134 W/h
Valaisimen energiankulutus yövalo	14 W/h
Valonlähteen elinikä	50000 h

Valaistuksen energiankulutus vuodessa	Nykyinen valaistus	Vaihtoehto 1
Päivä valaistukseen energiankulutus	15480	8297
Yö valaistukseen energiankulutus	569	613
Valaistuksen energiankulutus yhteensä	16049	8910

Valaistukseen kuluva euromäärä vuodessa	Nykyinen valaistus	Vaihtoehto 1
Päivävalaistukseen kuluva euromäärä	1393	747
Yövalaistukseen kuluva euromäärä	51	55
Valaistukseen kuluva euromäärä yhteensä	1444	802

Säästöä vuodessa vaihtoehtoisella valaistuksella	kWh	Euroa
Vaihtoehto 1	7139	643

Valaistuksen käyttökustannukset valaisimen teoreettinen polttoikä ja käyttöaika					
Nykyinen valaistus			Led-valaistus		
Polttoikä tyyppi 1	15000	Tuntia	Polttoikä tyyppi 1	50000	Tuntia
Polttoikä tyyppi 2	0	Tuntia	Polttoikä tyyppi 2	0	Tuntia
Keskiarvo	15000	Tuntia	Keskiarvo	50000	Tuntia
Päivävalaistuksen käyttöikä	3,6	Vuotta	Päivävalaistuksen käyttöikä	12,1	Vuotta
Yövalaistuksen käyttöikä	12,1	Vuotta	Yövalaistuksen käyttöikä	12,1	Vuotta

Vanhan valaistuksen kunnossapitokustannukset

Lampun hinta	40 €
Päivävalaisimien lukumäärä	15 kpl
Yövalaisimien lukumäärä	15 kpl
Vaihto kuluva aika	20 min
Oman työn hinta	15 €
Vaihtotyön hinta	45 €/kpl

Vanhan valaistuksen kunnossapitokustannukset vuodessa

Päivävalaistus	186 €
Yövalaistus	0 €
Yhteensä	186 €/a

Vanhan valaistuksen kunnossapitokustannukset vaihtoehtoisen-valaisimen käyttöiän aikana

Vaihtoehto 1

Päivävalaistus	2250 Euroa
Yövalaistus	0 Euroa
Yhteensä	2250 Euroa

Led-valaistus		
Kustannuserittely hinnat ALV 0 %		
Valaisin €/kpl	549	€/kpl
Asennus	796	€/kpl
Valaisimien määrä	15	kpl
Kunnossapitokustannus	5 %	
Rahoitustarve		
Valaisimet	8235	€
Asennus	11940	€
Kunnossapitokustannus	1009	€
Yhteensä	21184	€
Rahoitus ALV 24%		
Valaisimet	10211	€
Asennus	14806	€
Yhteensä	25017	€
Rahoitus tarve (ALV- huomioitu)		
Pankkilaina sis. korko 3 %	25768	€
Inv. Avustus 30 %	0	€
Oma rahoitus korko 5 %	0	€
Yhteensä	25768	€
Nettotuotto	€/h/v	€/vuosi
Sähkön säästö €/h (0,09 €/kWh)	0,09	643
Kunnossapitokustannussäästö	0,03	186
Muut hyödyt	0	
Yhteensä	0,12	828

Led-valaistus	
Kannattavuuslaskelma	
Valaistus aika	7048 h/a
Hankintakustannus	21184 €
Käyttöaika	12,1 v
Jäännösarvo	0 €
Tuotto	0,118 €/h
Korkokanta	3 %
Annuiteettimenetelmä	
Hankintakustannus	21184 Euroa
Annuteetti tekijä	0,100
Annuteetti yhteensä	2114 Sisältää poiston ja koron
Annuteetti €/h	0,300 Kustannus
Annuteetti €/h	0,118 Tuotot
<p>Tuotot / Kustannukset suhde: Investointi on kannattava, kun tuotot ja kustannukset ovat saman suuruiset. Eli suhdeluku on yksi tai suurempi</p>	
Led-valaistus	0,39

