

Pavel Smirnov

Ulkovalaistuksen saneeraus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

15.9.2012

Tekijä(t) Otsikko	Pavel Smirnov Ulkovalaistuksen saneeraus
Sivumäärä Aika	27 sivua + 5 liitettä 25.10.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkö ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Vesa Sippola
<p>Insinööriyön aiheena oli ulkovalaistuksen saneeraus. Tarkoituksena oli tutkia, miten kannattavaa on vaihtaa valaisimet ledeiksi. Tässä työssä käytän esimerkkinä Tikkurilan aluetta, jossa käyn mittaamassa virrat ja jännitteet yhdestä ryhmästä (15), ja niiden pohjalta teen kannattavuus laskelma. Teen kannattavuuslaskelman myös koko alueesta, jossa oli saneerattavana 168 valaisinta.</p> <p>Internetissä ja kirjoissa löytyy erittäin vähän tietoa valaistuksen toimintaperiaatteesta. Niiden toimintaperiaatteet on kerrottu vaikealla kielellä. Insinööriyössä pyritään kertomaan valaisimien periaatteet selkokielellä. Tämä osio voi olla opas henkilöille, jotka aloittavat työt ulkovalaistustöissä.</p> <p>Työssä ilmeni ongelma laskentavaiheessa. Valaisimien hinnat olivat salattuja ja niitä oli vaikea löytää. Löysin kuitenkin internetissä samantyyppisen valaisimen ja sen hinnan.</p> <p>Esimerkkilaskelmissa, valaisimet ovat tuottaneet viidessä vuodessa 25000 euroa voittoa.</p>	
Avainsanat	Led-valaisin, kaasupurkausvalaisin, ulkovalaistus

Author(s) Title	Pavel Smirnov Title of the Thesis
Number of Pages Date	27 pages + 5 appendices 25 October 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Vesa Sippola, Senior lecturer
<p>The purpose was to study how profitable it is to change outdoor lighting to LEDs. The internet and books contain not enough information about the lighting policy and their operating principles are told in a difficult technical language.</p> <p>This study is based on the measurement of currents and voltages of one group of outdoor lights (15) used in Tikkurila area. Using this data the profitability of this group was calculated. Also, a profitability calculation was made for the entire area with a redundant 168 outdoor lights.</p> <p>This thesis could be useful for students and people who start to work on outdoor lighting, because it explains the principles and basics in an understandable language and presents real examples.</p> <p>A problem occurred during the calculation process. the prices of outdoor lights (LED) were hidden and hard to find. However, same type of outdoor lights was found, and prices are described in this study.</p> <p>according to calculations, changing outdoor lighting to LED will bring benefits of 25000 euros in 5 years.</p>	
Keywords	Led, streetlight

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaisimien toimintaperiaatteet.	2
2.1	Kaasupurkauslamput	2
2.2	Monimetallilamput	6
2.3	Suurpainenatrium	7
2.4	Led valaisin	9
2.5	Valaisimien vertaukset.	14
3	Tarkistukset ryhmän tasolla.	15
3.1	Ensimmäinen mittaus	16
3.2	Mittaus Ledeillä.	19
3.3	Valaistuksen vertaus	22
4	Laskenta koko vaihdolle.	23
5	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

Lyhenteet

EIR	Ympäristövalaistuksen standartin arvo
E_m	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus
E_{min}	Lähiympäristön valaistusvoimakkuus
LM	Valaistusvoimakkuus
R_a	Varintoistoindeksi
TI	Estohäikäisy
U	Jännite
U_0	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus
U_l	Pitkittäistasaisuus

1 Johdanto

Ulkovalaistuksessa on tapahtumassa isoja muutoksia, koska markkinoille tuli LED-valaisimet. Led-valaisimilla on paljon hyviä ominaisuuksia, jotka sopivat parhaiten ulkovalaistuksessa. Katujen valaistuksessa on isot vaatimukset, koska huonosti valaistua tie voi aiheuttaa kolareita ja jopa kuolemia. Ledi täyttää kaikkia tarvittavia ominaisuuksia, mutta onko se näin?

Tikkurilassa on tehty iso saneeraus, jossa vaihdettiin noin 200 valaisinta. Vaihdetut valaisimet olivat natrium ja monimetallivalaisimet. Tämän työn tarkoituksena on tutkia, miten kannattava on vaihtaa valaistusta ledeiksi ja milloin tämä saneeraus maksaa itsensä takaisin. Kirjoitan valaisimien peruseriaatteet ja yritän selvittää, miksi valaisimia kannattaa saneerata.

Kävin mittaamassa yhden ryhmän jännitteet ja virrat ennen saneerausta ja saneerauksen jälkeen. Nämä arvot kertovat minulle parhaiten, miten kannattavaa se on. Lasken ryhmän ja koko saneerausalueen erikseen.

Vantaan kaupunki ja muut kaupungit ovat asettaneet tavoitteet yrittää uusia valaisimet ledeiksi mahdollisuuksien mukaan. Ottaen tämän huomioon, tarkoituksena on ennakoida mahdolliset ongelmat ja valmistua niihin etukäteen.

Tämä aihe on tällä hetkellä ajankohtainen, koska LED-valaisimien hinta on laskenut merkittävästi.

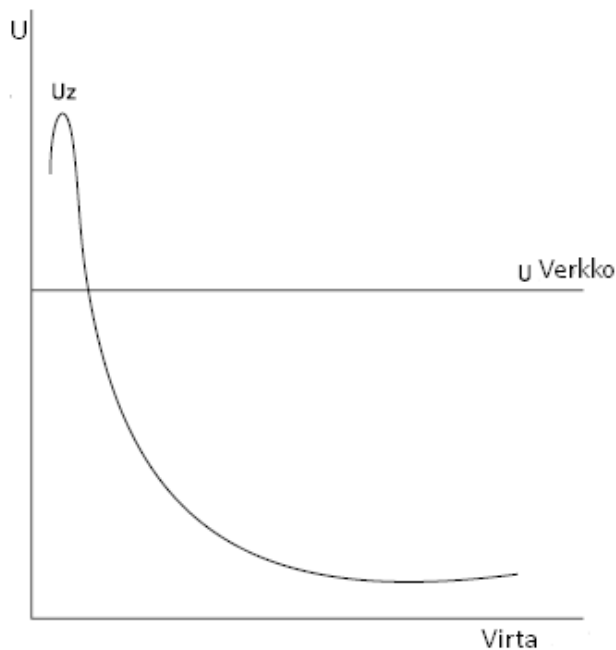
Työn tavoitteena on tehdä ulkovalaistuksen vertailu ja opas nuorille ulkovalaistuksen sähköasentajille.

2 Valaisimien toimintaperiaatteet.

Luvussa kerron valaisimien toimintaperiaatteesta ja ominaisuuksista. Tämä on tärkeä aihe, koska tässä yritän kertoa, miksi valaisimet vaihdetaan ja miksi ledit ovat parempia. Lopussa vertaan valaisimia toisiinsa.

2.1 Kaasupurkauslamput

Kaasupurkauslamput ovat lamppuryhmä, jossa valo syntyy elektrodien törmäyksestä. Valon kirkkaus riippuu kaasusta, paineesta ja virrasta. Niillä on kaksi ominaisuutta, jotka tekevät niistä oman ryhmänsä. Kuvassa 1 on valaisimien jänniteriippuvuus virtaan.



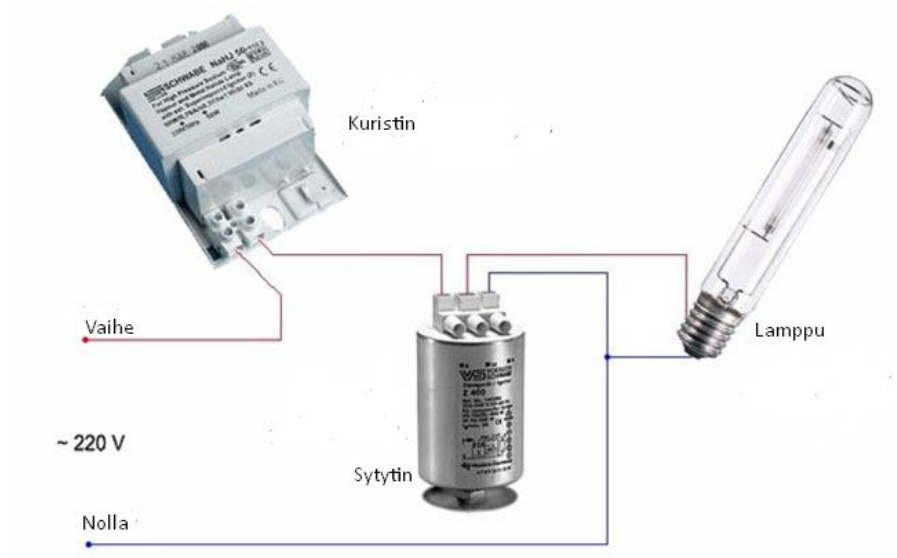
Kuva 1. Kaasupurkausvalaisimien toiminta.

- Valaisimet eivät noudata ohmin lakia, virran kasvaessa jännite laskee. Valaisimissa virta kasvaa suureksi siihen asti, kunnes valaisin hajoaa.
- Valaisin tarvitsee käynnistysvirran, joka on suurempi kuin verkon virta.

Näistä syistä kaasupurkausvalaisimet tarvitsevat lisäosia, jotka rajoittavat valaisimien virran sopiviksi ja antavat laitteelle käynnistysjännitteen, joka on suurempi kuin verkon jännite

Monimetallin ja suurpainenatriumin voi laittaa saman valaisimen alle. Eli suurpainenatrium ja monimetallipolttimot ovat yhteensopivat.

Sytytin käynnistää lampun, jonka jälkeen sytyttimen toiminta loppuu. Sen jälkeen kuristin rajoittaa lampun virran sopivaksi. Kuva 2 on toimintaperiaatteesta. Yleensä kondensaattori myös osallistuu toimintaan. Kondensaattori kompensoi kuristimelta tulevaa loistehoa.



Kuva 2. Kaasupurkausvalaisimien toimintaperiaate

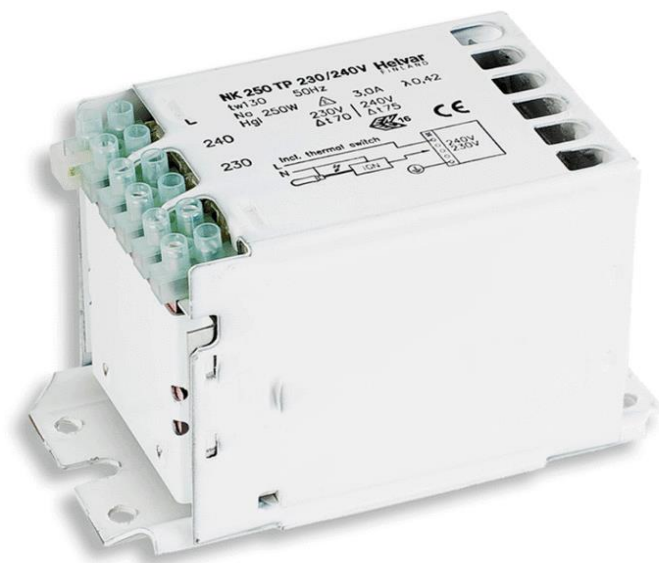
Apulaitteet

Tässä kerron lyhyesti laitteista, jotka ovat pakolliset monimetalli- ja suurpainenatriumvalaisimissa. Kuten on jo mainittu, laitteet tarvitsevat sytyttimen ja kuristimen. Yleensä käytetään myös kondensaattoria. Tässä yritän kertoa, mihin niitä tarvitaan.



Kuva 3. Sytytin (11)

Monimetalli- ja suurpainenatriumvalaisimet tarvitsevat jännitepiikin, joka on paljon suurempi kuin verkon jännite. Sytytin on laite, joka ensiksi kasvattaa jännitettä ja sen jälkeen syöttää jännitettä valaisimelle. Polttimon syttymisen jälkeen sytytin lopettaa toiminnan ja muuttuu osaksi, joka ei tee mitään valaisimen normaalissa toiminnassa. Valaisimissa ovat elektronisia sytyttimiä. Sytyttimet yleensä suojaavat jännite piikeiltä kuristimia. (1, s.167.) Kuvassa 3 on sytyttimen kuva.



Kuva 4. Kuristin (12)

Kuristin on kela (ks. kuva 4). Kela on passiivinen komponentti, joka vastustaa lävitseen kulkevan sähkövirran muutosta. Kelan induktanssi, lasketaan niin, että lampun ja Kelan jännite pitää olla yhtä suuri kuin verkon jännite. Kuristin on myös komponentti joka käyttää tehoa. Kuristin käyttää noin 10 – 100 % valaisimen tehosta. Mitä pienempi tehoinen valaisin, siitä enemmän kuristin käyttää tehoa. Kuristimen vielä yksi negatiivinen puoli on se, että kuristin aiheuttaa loistehoa. (1, s.191.)

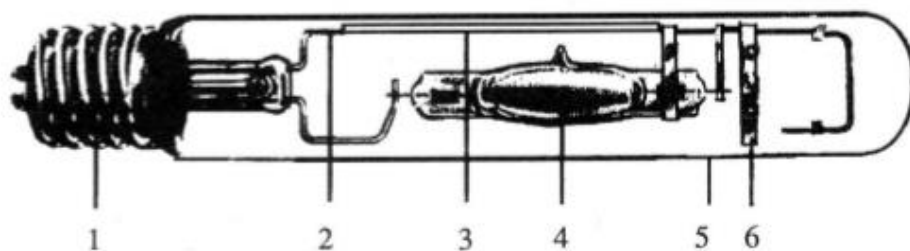
Kuten edellä jo todettiin, kuristimelta tulee loistehoa. Loisteho kuormittaa kaapeleita ja verkkoa. Loistehon kompensoinniksi valaisimessa käytetään kondensaattoria.

2.2 Monimetallilamput

Vuonna 1964 General Electrics on valaistanut Ekspo-64 monimetallilampuilla, jonka jälkeen vuonna 1969 Phillips ja Osram tulivat mukaan kilpailun ja alkoivat tuottaa monimetalli lamppuja. (1, s.106.) Kuvassa 5 on polttimon kuva ja kuvassa 6 on monimetallipolttimon rakenne.



Kuva 5. Monimetalli polttimo (10)



Kuva 6. Monimetallipolttimon rakenne: 1 - Kierrekanta 2 - sisäänvientijohdin/ kannatin 3 - kannattimen suojahylsy 4 - purkausputki 5 - ulkokupu 6 - getterirengas (2, s.258.)

Monimetallilampuissa valoa syntyy metalliseoksien ja kaasujen vaikutukselta. Monimetalliputki sisältää elohopean lisäksi monia halideja, jotka ovat Tallium, litium, cesium, skandium ja muita aineita. Purkausputkissa on myös täytekaasu. (1, s.108.)

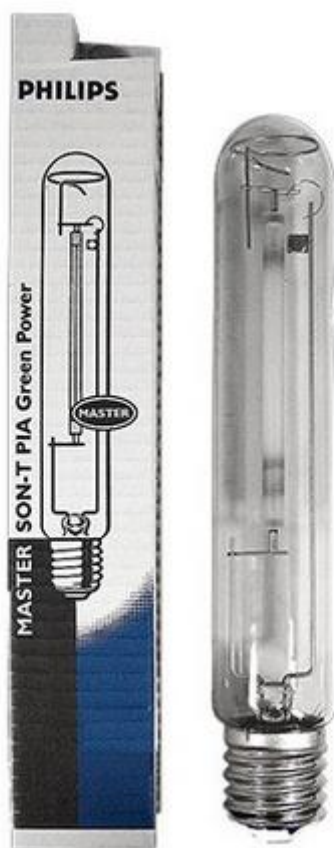
Käynnistyäkseen monimetalli tarvitsee jännitteen piikin noin 3–5 kv. Tämän takia monimetallilamppuja ei voi yhdistää suoraan verkkoon vain, ne tarvitsevat lisäosia. Tällä hetkellä monimetallilamppuja on yli 250 vaihtoehtoja joiden tehot vaihtelevat 20–3500 wattiin. Monimetallivalaisimien valotehokkuus vaihtelee 75–25 lm\w välillä. Vaihtamalla ja sekoittelemalla metalliseoksia pystyy vaihtaa värin, joka voi vaihdella 3000 k ja 6500 k välillä. Monimetalleilla on hyvä värintoistokyky ($R_a=90$) Monimetallilamppuja ovat riippuvaisia jännitteelle esim. 5 %:n jännitteen muutos voi aiheuttaa värin muunnoksen, Myös ikä voi muuntaa valaisimen väriä. Valaisimen elinkaari voi olla jopa 20000 tuntia. Monimetallien miinukset ovat sen korkea hinta ja iso käynnistysaika, joka voi olla jopa 10 minuuttia. Sähkön katkaisussa lamppu tarvitsee noin 10 minuuttia jäähdyttämiseen, muuten lamppu tarvitsee ison jännitepiikkiin käynnistyäkseen, eli valaisimen sammuttamisen jälkeen täytyy odottaa tietyn ajan käynnistyäkseen sen uudelleen. (1, s.109.)

Monimetallivalaisinta ei käytetänsä tievalaistuksen sen suuren hinnan takia. Monimetallivalaisimia käytetään siellä missä tarvitaan isoa värintoistoa, eli puistoissa, keskustoissa ja toreilla.

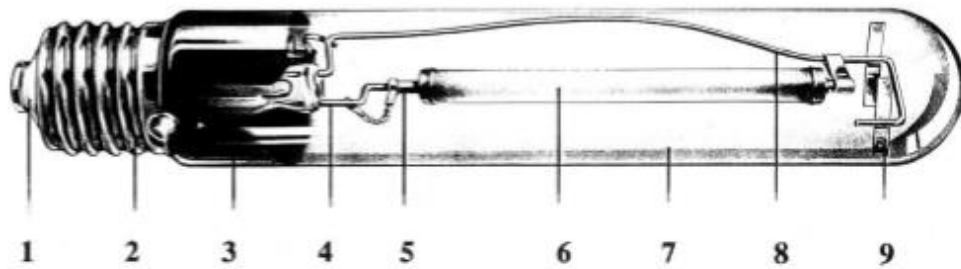
2.3 Suurpainenatriumvalaisin

Sähkön vaikutuksesta natriumin höyryssä syntyy kirkkaan keltaisen värinen valaistus, jonka aallon pituus on 590 nm. Tämä aalto on lähellä ihmisen havaitsemaa maksimiaal- lon pituutta (550nm). Tästä syystä natriumvalaisimen teoreettinen valotehokkuus voi olla jopa huikeat 250 lm\w, mutta todellisuudessa se on 70 – 150 lm\w. Ensimmäiset natriumvalaisimet ovat keksittyjä 30-luvulla. Niissä olivat erittäin korkeat valotehokkuudet, mutta liian huono värintoisto, isot koot ja pienet eliniät. Sen takia silloin ne eivät ole löytäneet käyttöä. (1, s.114.)

Vuonna 1965 suurpainenatriumlamppu tuli markkinoille. Suurpainenatriumin valaisimen toimintaperiaate perustu siihen, että natriumhöyry lähettää näkyvää valoa. Suurpainenatriumvalaisimen käynnistysaika on noin 5–7 minuuttia, joka on pienempi kuin monimetallivalaisimessa. Valaisin tarvitsee sytyttimen, ja sytytysjännite on noin 2–5 kW. Tällä hetkellä valaisimien valotehokkuus on jopa 200 lm/W eli noin 2,5 kertaa enemmän kuin monimetallilla. Valaisimessa on erittäin huono värintoisto $R_a=20$. Valaisimen huonon värintoiston ja suuren valotehokkuuden takia valaisimet ovat suosittuja ulkovalaistuksessa. (1, s.114.) Kuvissa 7 ja 8 on polttimon ja polttimon osien kuva



Kuva 7. Suurpainenatrium polttimo (13)



Kuva 8. Suurpainenatriumin polttimon rakenne: 1 - Posliininen eristyslevy 2 - kierrekanta 3 - getteri 4 - sisäänvientijohdin 5 - laajenemisyksikkö 6 - purkausputki 7 - ulkokupu 8 - tuki ja 9 - tukijouset (2, s. 237.)

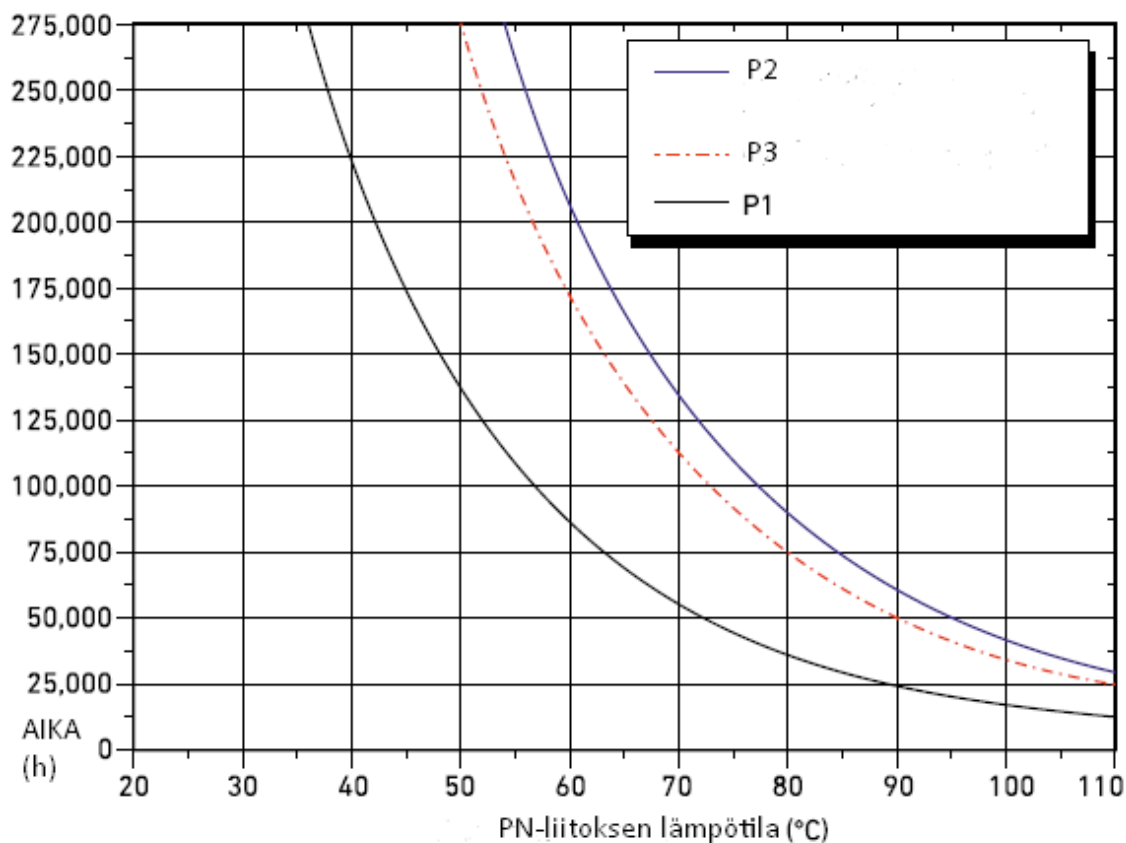
Tutkimukset ovat osoittaneet, että keltaisella värillä ihmisen silmä pystyy erottaa paremmin esteitä. Sen takia taloudellisen puolen lisäksi, suurpainenatriumvalaisin tuo turvallisuutta kaduille. Suurpainevalaisimen elinikä on jopa 32000 tuntia. (1, s.114.)

2.4 Led-valaisin

Led-valaisin on valodiodi. Ensimmäinen valodiodi oli kehitetty vuonna 1962, ja siinä oli vain punainen valo. Seuraavaksi ilmestyivät keltaiset ja vihreät valodiodit. Vuonna 1993 ilmestyi ensimmäinen sininen diodi, joka oli halvempi kuin edeltäjänsä. Valaistukseen tarvitaan valkoisia valodiodia, joka oli keksitty vasta vuonna 1995, mutta sen valontuotto oli niin pieni, että sillä ei pystytty valaisemaan mitään. Vasta vuonna 2005 oli aloitettu valkoisien valodiodien tuotanto, joiden valontehokkuus oli 100 luumenia watista. (1, s.139.)

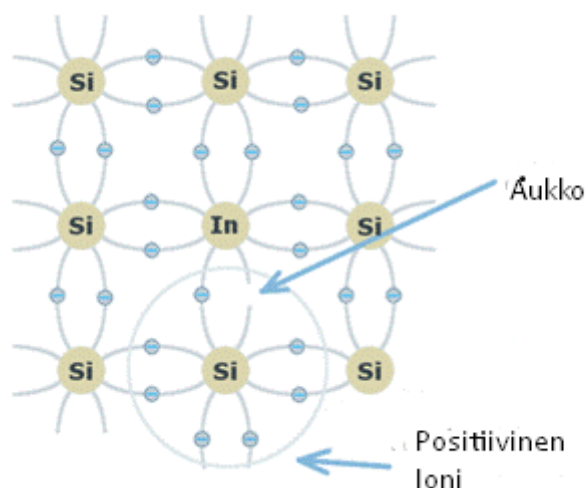
Led-valaisimet ovat tulevaisuuden valaistuslähde ja siihen on monta syytä. Led-valaisimet ovat kestäviä. Ne kestävät ulkoista rasitusta hyvin. Verraten kaasupurkausvalaisimiin led-valaisimet eivät sisällä kaasuja eivätkä epäterveellisiä aineita, tai ongelmajäteitä. Led-valaisimet eivät tarvitse huoltoa ja niiden kesto voi olla jopa 100 000 tuntia. Led-valaisimien teoreettinen valaistustehokkuus on jopa 280 luumenia watista, todellisuudessa se on 100 luumenia watista, mutta sekin on iso valotehokkuus. (1, s.139.)

Led-valaisimilla löytyvät myös huonoja puolia. Ensimmäinen ja tärkein on niiden hinta. Toinen huono puoli on ledien käyttöiän riippuvuus lämpötilasta. Lämpötilan noustessa ledien käyttöikä vähenee. Kuvaajassa on esitetty ledien käyttöikäriippuvuus lämpötilasta. P1- (AlAsP), P2 - (InGaN) valkoiset, siniset ja vihreät valodiodit, P3 – (InGaN) punainen valodiode. (1, s.141)



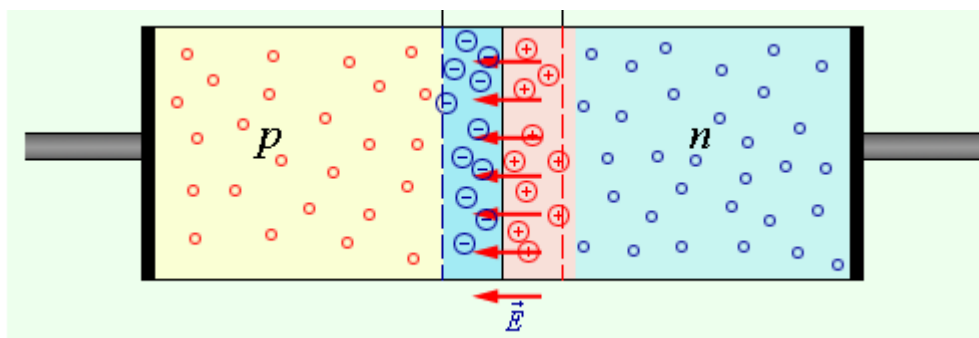
Kuvaaja 1. Ledien käyttöikäriippuvuus lämpötilasta (1, s.141)

Valodiode on p-tyypin (kuva 9) ja n-tyypin liitos. P-tyyppi on positiivisesti varautunut alue, josta puuttuu elektroneja, kun N-tyyppi on alue, jossa on vapaa elektroni.



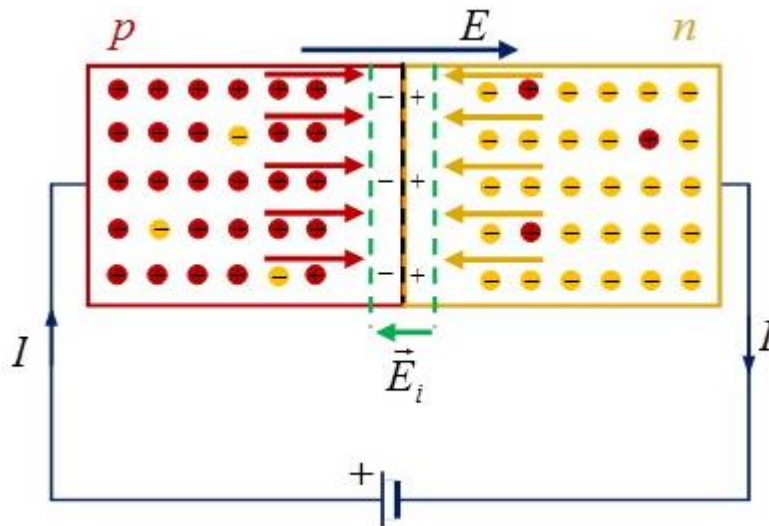
Kuva 9. P-tyyppi (9)

Yhdistettäessä p-tyyppi ja n-tyyppi niiden välissä syntyy rajapinta, jota kutsutaan tyhjennysalueeksi. Liitoksessa syntyy diffuusio, jossa aukot yrittävät päästä p-typistä n-tyyppiin, ja elektronit n-typistä p-tyyppiin. N-tyyppin rajalla elektronit vähenevät, ja n-tyyppin rajalle syntyy positiivisesti varautunut rajapinta. P-tyyppin rajalla vähenevät aukot ja siihen syntyy negatiivisesti varautunut raja. Kosketuksen kohdalla, syntyy kaksoisraja, jossa molemmat estävät aukkojen ja elektronien siirtoa. (9) Kuvassa 10 on tyhjennysalue

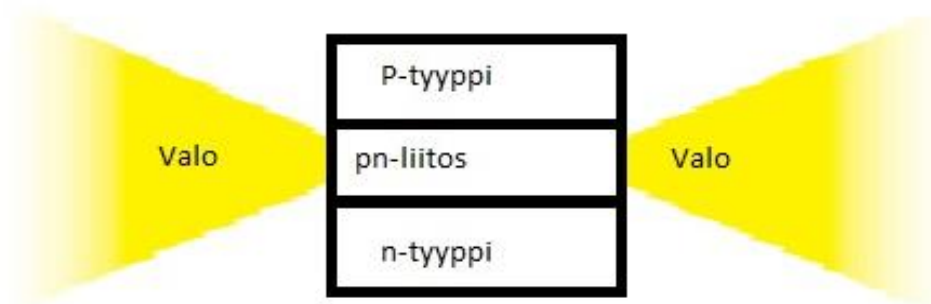


Kuva 10. Pn-tyyppin välillä syntyy tyhjennysalue. (9)

Jos rajapinnan yli kytketään myötäsuntainen jännite, sähkökenttä kuljettaa elektroneja ja aukkoja tyhjennysalueelle (rajapinta) (Kuva 11). Silloin elektronit putoavat korkeammasta energiavyöstä alemmalle, jolloin syntyy ylimääräistä energiaa, joka vapautuu valona. Valodiodilla toimii sama periaate kuin diodilla, mutta siinä on isompi rajapinta. (9) (Kuva 12)



Kuva 11. Ulkoinen jännite. (9)



Kuva 12. Valon synty. (9)

Valkoista valodiodia on mahdollista saada kolmella tavalla.

- 1) Yhteen koteloon sijoitetaan lähelle vihreä, sininen ja punainen valodiodi. Niiden värit sekoitetaan linssillä. Tämän seurauksena syntyy valkoinen väri. Tätä kutsutaan myös RGB-tekniologiaksi.
- 2) Otetaan kolme valodiodia, jotka säteilevät ultraviolettisäteilyä. Jokaisen valodiodiin laitetaan fosforisekoitusta, yhdelle sinistä, toiselle punaista ja kolmannelle

vihreätä. Tämän seurauksena fosforisekoitus alkaa valaista kolmella värillä. Sekoittamalla niitä linssillä saadaan valkoista väriä.

- 3) Sinisen valodiodin päälle laitetaan vihreä ja punaista fosforisekoitusta. Valodiodi alkaa valaista valkoisella tai lähellä valkoista väriä.

Jokaisella tavalla on sekä hyviä että huonoja. RGB-tekniikalla pystyy vaihtamaan valaistuksen väriä vaihtamalla ledien virrat. Tällä tavalla saa myös paremmat valaistustehokkuudet. Tämän tavan huonot puolet ovat epätasainen valaistus, keskellä valaistusteho tulee olemaan suurempi kuin sivuilla. (9)

Fosforipäällysteen käyttäminen on halvempi tapa, mutta sen huonot puolet ovat nopea vanhentuminen, ja vaikeus tasaisen fosforipäällysten laittaminen. (9)

Valodiodit toimivat ryhmässä, eli yhdessä valaisimessa on yleensä monta valodiodia. Led-valaisimet tarvitsevat toimiakseen ohjaimen. Valodiodit tarvitsevat pienen jännitteen ja pienet virrat. Ohjain säätelee ja antaa valaisimille sopivan virran ja jännitteen. Ohjain on suojaus lukituksella IP67 ja se kestää -40 – +50 astetta. Ohjaimen elinikä on yleensä noin 50000 tuntia. (9)

2.5 Valaisimien vertailut.

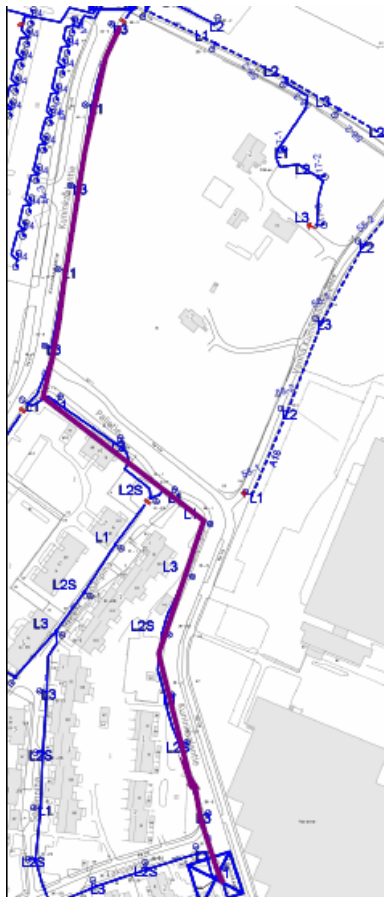
Taulukossa 1 näkyvät valaisimien ominaisuudet, hyvät ja huonot puolet.

Taulukko 1. Valaistuksen vertaus

	Monimetalli	Natrium	Led-valaisin
valaistusvoimakkuus (lm/w)	80 – 100	150	jopa 104
elinikä (h)	20000	32000	jopa 100000
Hyvät puolet	- Hyvä värintoisto - pystyy muuta värilämpötilan	- korkea valaistusvoimakkuus	- Hyvät värintoistot - ei sisällä haitallisia aineita - hyvä valotehokkuus - nopea käynnistysaika -kestävä
Huonot puolet	-sisältää haitallisia aineita -riippuvainen jännitelle -Pitkä käynnistysaika	- Huono värintoisto -Pitkä käynnistysaika	- Hinta
R _a	80	20	90

3 Tarkistukset ryhmän tasolla

Kävin mittamassa virrat ja jännitteet ennen saneerausta ja saneerauksen jälkeen. Tässä luvussa vertaan niiden arvoja ja lasken säästöjä. Virrat ja jännitteet kertovat tehoja. Mitasin myös ryhmän kauimmaisessa pylväässä jännitteet ja valaisimen virta. Vaihdossa ei ole vaihdettu kaikkia ryhmän valaisimet. Kaksi vanhaa valaisinta jäi. Yksi oli Sitecon sc100 100 w ja toinen Sitecon sc100 150 w. Valaisimet sijaitsivat kuninkaantiellä, Heureka parkkipaikan lähellä. Katu on kaksikaistanen ja molemmissa kadun päissä ovat jalkakäytävät. Kuvassa 12 on kartta alueesta, jossa valaisimet oli vaihdettu. Vaihdetut valaisimet on merkitty violetilla tussilla. Kävin myös ottamassa valokuvan yöllä. Vertaan myös valaistuksen ominaisuudet Dialux – ohjelmalla.



Kuva 13. Kartta ryhmän vaihdoista

3.1 Ensimmäinen mittaus

Vanhana valaisimena oli Siteco sc100, ja se oli säädetty 150 wattiin. Valaisimen hinta kaupassa on noin 400 euroa. Valaisimet olivat huonossa kunnossa, että ne olisi pitänyt saneerata. Kuvassa 14 on kuva valaisimen hinnasta ja itse valaisin

Tievalaisin SC100 150/100W HST

Kirjoita arvostelu

Kaikki SITECO tuotteet

siteco
AN OSRAM BUSINESS

Hinta 419,00 € / kpl

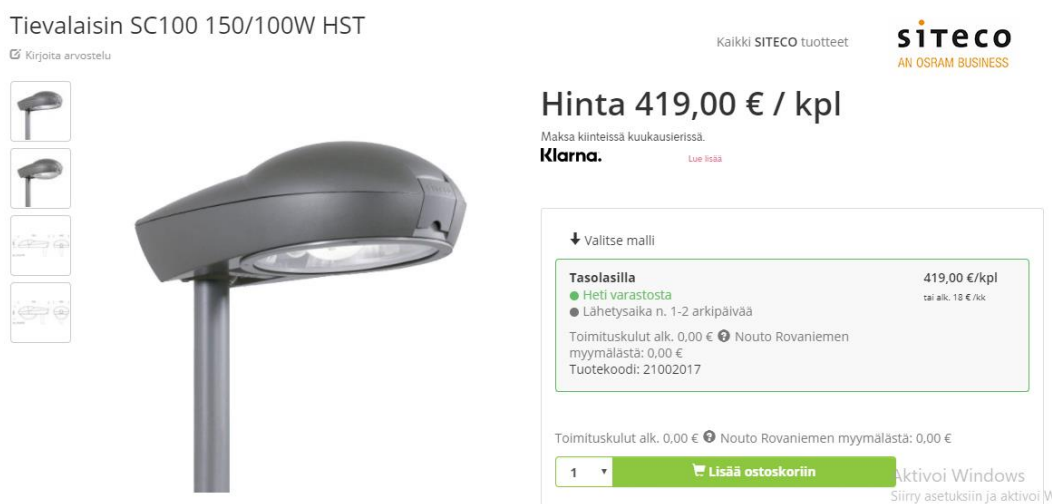
Maksa kiinteissä kuukausierissä.
Klarna. [Lue lisää](#)

Valitse malli

Tasolasilla	419,00 € / kpl
<ul style="list-style-type: none"> ● Heti varastosta ● Lähetyaika n. 1-2 arkipäivää 	tal alk. 18 € / kpl
Toimituskulut alk. 0,00 € • Nouto Rovaniemen myymälästä: 0,00 € Tuotekoodi: 21002017	

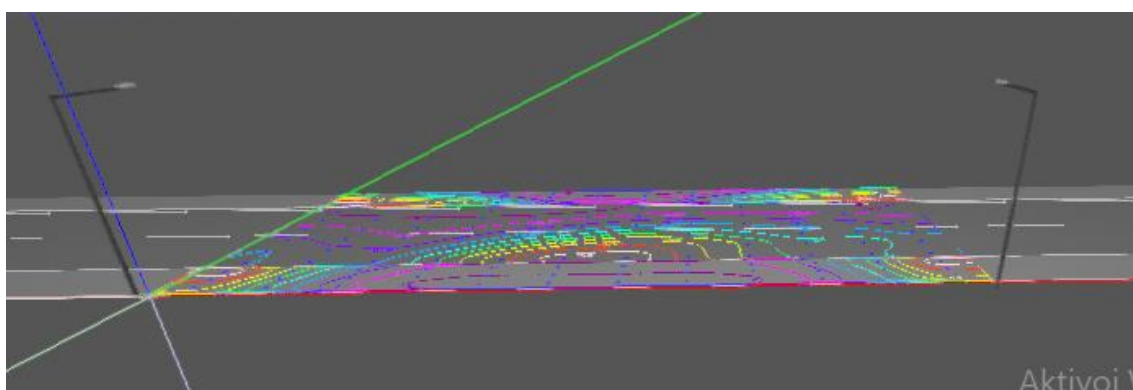
Toimituskulut alk. 0,00 € • Nouto Rovaniemen myymälästä: 0,00 €

1 [Lisää ostoskoriin](#) Aktivoi Windows
Siirry asetuksiin ja aktivoi W



Kuva 14. Tievalaisin ja sen hinta

Valaisimia oli vaihdettu 15 kappaletta, ja ne näkyvät kartassa. Valaisimien väli oli noin 34 metriä. Tein Dialuxissa kadusta esimerkin, jossa näkyy, kuinka paljon valaisin on tuottanut valoa, kun se oli uusi. Kuvassa 15 on 3D-kuva kadusta. Valaisimet olivat vanhoja ja ne olisi pitänyt vaihtaa. Valaisimissa oli suurpainenatriumlamput.



Kuva 15. 3d-kuva kadusta ja valaistusalueesta.

Lamppu:	käyttäjän määrittelemä
Valovirta (valaisin):	9881.28 lm
Valovirta (lamppu):	13140.00 lm
Käyttötunnit	
4000 h:	100.0 %, 150.0 W
W/km:	4350.0
Järjestely:	yksipuolinen alhaalla
Katuvalojen väli:	34.000 m

Kuva 16. Sitecon ominaisuudet.

Katuvalojen välin ollessa 34 metriä. Dialux-ohjelma antoi valaistukselle seuraavat arvot, jotka näkyvät kuvassa 17.

Jalkakäytävä 3 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.21	✓ 2.92

Ajorata 2 (M4)

Lm [cd/m ²] ≥ 0.75	U ₀ ≥ 0.40	U _i ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.82	✓ 0.42	✗ 0.45	✓ 14	* 0.45

Jalkakäytävä 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✗ 11.57	✓ 5.41

Kuva 17. Dialux arvot Sitecolle.

Aloitetaan ajoradan arvoista. Siteco-valaisin täyttää keskiarvoisen luminanssiarvon. Pienin mitä saa olla on 0,75. Sitecon valaisimessa se on 0,82. Valaisin täyttää yleistasisuuden standardin arvoja (U₀). Arvon pitää olla yli 0,40, Sitecon-arvo on 0,42. Valaisin ei ole täyttänyt pitkittäisasiisuuden arvoja (U_i). Sen pitää olla vähintään 0,60, mutta Sitecossa on vain 0,45. Häikäisyarvoja ei käytetä tie ja katuvalaistuksessa standardien mukaan.

Valaisin ei täytä ympäristönvalaistuksen standardia, valaisimen arvo on 0,45, kun minimaatimus on 0,50.

Jalkakäytävä 3:n pystytason valaistusvoimakkuus ja keskimääräinen horisontaalinen valaistusvoimakkuus ovat hyvät ja ne täyttävät standardin. Jalkakäytävä 2 myös täyttää standardin, vaikka Dialuxissa arvon pitää olla 5 ja 7 välissä. Todellisuudessa arvon pitää olla vähintään 5.

Kävin tekemässä myös sähkölliset mittaukset. Mittasin keskuksen virrat ja jännitteet, pylvään jännitteet ja valaisimen virran. Mittasin myös pihavalaisimen ja vaihtamattoman valaisimen virran.

Taulukko 2. Sähkölliset mittaukset

	Keskuksen virta	Keskuksen jännite	Pylvään jännitteet
L1	5,4 A	234,5 V	234,4 V
L2	7,2 A	233,7 V	226,1 V
L3	2,0 A	236,5 V	227,4 V
L1-L2		404,5 V	399 V
L1-L3		407,9 V	399,4 V
L2-L3		407,2 V	393 V

Suurpainenatriumvalaisimien tehot ovat seuraavalaisia:

$5,4 \text{ A} * 234,5 \text{ V} = 1271 \text{ wattia}$ – 1. vaiheen tehot.

$7,2 \text{ A} * 233,7 \text{ V} = 1682 \text{ W}$ – 2. vaiheen tehot

$2,0 \text{ A} * 236,5 \text{ V} = 473 \text{ W}$ – 3. vaiheen tehot

$473 + 1682 + 1271 = 3,5 \text{ kW}$ – Tehot yhteensä

3.2 Mittaus ledeillä.

Led-valaisimet ovat halventuneet viime aikoina, ja nykyään ledit maksavat melkein yhtä paljon kuin suurpainenatriumit. Valitettavasti asennettua mallia ei löytynyt internetistä. Valaisimen hinta on kuitenkin noin 500 euroa.

Käyttötehoaste: 90.04%
Lampun valovirta: 13000 lm
Valaisimien valovirta: 11705 lm
Teho: 81.0 W
Valoteho: 144.5 lm/W

Kuva 18. Led-valaisimien ominaisuudet.

Kuvassa 18 on led-valaisimien ominaisuudet. Ominaisuuksista näkyy, että valovirta on 13000 luumenia ja teho 81 wattia. Ledien valotehot ovat huikeat 144,5 lm/W.

Jalkakäytävä 3 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✗ 10.12	✓ 8.07

Ajorata 2 (M4)

Lm [cd/m ²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 1.03	✓ 0.55	✓ 0.74	✓ 12	* 0.61

Jalkakäytävä 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✗ 13.36	✓ 4.26

Kuva 19. Ledien Dialux-tulokset

Led-valaisimet täyttävät kaikki tarvittavat vaatimukset ja standardit. Led-valaisimilla on hyvä keskiarvoinen luminanssi, yleistasaisuuden pitkittäistasaisuuden arvo sekä ympäristönvalaistuksen arvo. Jalkakäytävien pystytason valaistusvoimakkuus ja keskimääräinen horisontaalinen valaistusvoimakkuus on hyvä, ja ne täyttävät standardit.

Led-valaisimien sähkölliset arvot on merkitty taulukkoon 3.

Taulukko 3. Led-valaisimien sähkölliset arvot

	Keskuksen virta	Keskuksen jännite	Pylvään jännitteet
L1	3,4 A	233,6 V	235,5 V
L2	3,5 A	233 V	230,4 V
L3	1,1 A	234,5 V	230,3 V
L1-L2		403 V	402,5 V
L1-L3		405,3 V	403 V
L2-L3		405 V	400,5 V

Valaisimen virta oli 0,4 A

Valaistuksen kokonaisteho on seuraava:

$$3,4 \text{ A} * 233,6 \text{ V} = 792 \text{ W} - 1. \text{ vaiheen teho}$$

$$3,5 \text{ A} * 233 \text{ V} = 815,5 \text{ W} - 2. \text{ vaiheen teho}$$

$$1,1 \text{ A} * 234,5 \text{ V} = 257,95 \text{ W} - 3. \text{ vaiheen teho}$$

$$257,95 \text{ kW} + 815,5 \text{ kW} + 792 \text{ kW} = 1,9 \text{ kW} - \text{ Teho yhteensä.}$$

3.3 Valaistuksen vertaus

Valaistusominaisuuksilta led-valaisimilla ovat paremmat arvot. Kaikki valaistuksen ominaisuudet, jotka tulivat Dialuxilla, olivat ledeillä paremmat kuin suurpainenatriumlampuilla.

Ryhmissä oli kaksi valaisinta, jotka eivät kuuluneet vaihtoon. Yksi oli puistovalaisin ja toinen oli tievalaisin. Niiden tehot olivat 100 ja 150 wattia. Yhteensä ne käyttivät 250 wattia. Kokonaissummasta vähennetään niiden valaisimien tehot ja saadaan kokonaistehot vaihdetuille valaisimille. Suurpainenatrium: $3,5 \text{ kW} - 250 \text{ W} = 3,25 \text{ kW}$. Led-valaisimet: $1,9 \text{ kW} - 250 \text{ W} = 1,65 \text{ kW}$. Eroksi saadaan: $3,25 \text{ kW} - 1,65 \text{ kW} = 1,6 \text{ kW}$. Yhden valaisimen erotus on noin $1,6 \text{ kW} / 15 \text{ kpl} = 107 \text{ W/valaisin}$.

Valaisimien hintaeroksi tuli: $500 - 419 = \text{n. } 80 \text{ euroa}$.

$80 \text{ e} / 0,12 \text{ e/kWh} = 667 \text{ kWh}$ pitää käyttää päästäkseen voittoon yhdestä valaisimesta.

Valaisimilla on viiden vuoden takuu. Valaisimet ovat päällä noin 3000 tuntia vuodessa. 5 vuodessa 15000 tuntia. Säästöä yhdestä valaisimesta tulee: $15000 \text{ tunti} * 0,107 \text{ kW/valaisin} = 1605 \text{ kWh}$

$1605 \text{ kWh} - 667 \text{ kWh} = 938 \text{ kWh}$ saadaan säästöä tehoerosta yhdestä valaisimesta.

Rahana tämä on $938 * 0,12 = 113 \text{ euroa}$.

Yhteensä oli 15 valaisinta: $113 \text{ euroa} * 15 \text{ valaisinta} = 1695 \text{ euroa}$.

Yhteensä laskelmien perusteella valaisimista säästöä tulee noin 1695 euroa.

Säästössä ei ole otettu huomioon, että led-valaisimet ovat huoltovapaita, kun taas suurpainenatriumvalaisimissa pitää vaihtaa lamppuja ja kuristimia.

Vaikka säästö ei ole suuri, monien mielestä led-tuntuu paremmalta ja turvalliselta. Led-valaisimilla on myös muita hyviä ominaisuuksia. Led-valaisin ei vilku vaan palaa tasaisesti, verraten suurpainenatriumlamppuun. Led-valaisimen värintoisto on myös parempi.

Led-valaisin ei tuota haitallisia aineita, kuin taas suurpainenatriumlamput pitää hävittää johonkin.

4 Laskenta koko vaihdolle

Taulukossa 4 ovat led-valaisimien kappaleiden määrät, ominaisuudet ja niiden käyttämät tehot

Taulukko 4. Ledien ominaisuudet

	Philips Luma BGP623 T25 1xLED129- 4S/740	Philips Luma BGP623 T25 1xLED139- 4S/740	Philips Luma BGP623 T25 1x159-4S/740	Philips Luma BGP623 T25 1x200-4S/740
lampun valo- virta	13000 lm	14000 lm	16000 lm	20000 lm
valaisimen va- lovirta	11705 lm	12740 lm	14560 lm	18000 lm
teho	81 W	88 W	102 W	126 W
käyttötehoaste	0,9	0,91	0,91	0,9
valoteho	144,5	144,8	142,7	142,9
yhteensä kpl	26	14	103	25
yhteensä teho	2106 W	1232 W	10506 W	3150 W

Kaikki led129 ja led139 on vaihdettu suurpainenatriumlampun 150 w tilalle. Kaikki led159 ja led200 on vaihdettu suurpainenatriumin 250 w tilalle. Suurpainenatriumvalaisimen valotehokkuudet ovat 17500 lm (115 lm/W) ja 33 000 lm (127 lm/W). Vaikka suurpainenat-

riumin valotehokkuudet olivat pienemmät, kuin ledien, niiden värintoisto on paljon parempi. Tämän todistaa Dialux-ohjelma, joka osoitti, että valitut led-valaisimet sopivat parhaiten kohteeseen.

Yhteensä vaihdettavana oli 40 kappaletta 150-wattisia valaisimia ja 128 kappaletta 250-wattisia valaisimia. Valaisimet ovat samanhintaiset. Niiden hinnaksi muodostui $168 * 419 = 70392$ euroa. Niiden sähkönkulutus on $(0,150 \text{ kW/valaisin} * 40 \text{ kappaletta}) + (0,250 \text{ kW/valaisin} * 128 \text{ kpl}) = 38 \text{ kW/h} * 15000\text{h} = 570000\text{kwh}$. Sähkönkulutuksen hinnaksi muodostui: $570000 * 0,12 = 68400$ euroa. Viiden vuoden aikana tähän valaistukseen menee $68400 + 70392 = 138792$ euroa.

Vaikka led-valaisimet olivat eritehoisia, ne olivat kuitenkin samanhintaisia. Kaikki valaisimet maksavat noin 500 euroa/kpl, yhteensä $168 * 500 = 84000$ euroa.

Taulukossa 5 on valaisimien sähkönkulutus tehona ja rahana.

Taulukko 5. Led-valaisimien sähkön kulutus tehona ja rahana

	Philips Luma BGP623 T25 1xLED129- 4S/740	Philips Luma BGP623 T25 1xLED139- 4S/740	Philips Luma BGP623 T25 1x159- 4S/740	Philips Luma BGP623 T25 1x200- 4S/740
Kappaleiden määrä	26	14	103	25
tehot	81 W	88 W	102 W	126 W
Kulutus	2,1 kW	1,232 kW	10,403 kW	3,15 kW
Kuulutus 15000 tuntia	31500 kW	18480 kW	156045 kW	47250 kW
Yhteensä rahana	3780 euroa	2217,6 euroa	18725,4 eu- roa	5670 euroa

Valaisimet ja energia maksavat yhteensä: $3780 + 2217,6 + 18725,4 + 5670 + 84000 = 114393$ euroa.

Säästöä tuli yhteensä: $138792 \text{ e} - 114393 \text{ e} = 24399 \text{ e}$

Säästöä tuli noin 25000 euroa. Led-valaisimen valaistus on paljon mielekkäämpi ja kaikki arvot ovat laskettu Dialuxilla, eli valaistus led-valaisimilla on parempi kuin suurpainenatriumlampuilla. Vaikka suurpainenatriumlampuilla on suuri valotehokkuus, niillä on huono värintoisto. Liitteinä ovat vaihdettavien alueiden kartat.

5 Yhteenveto

Työssä on tutkittu ulkovalaistuksen toimintaperiaatteet ja kerrottu niistä mahdollisimman selkokielellä. Työ voi olla sopiva ihmisille, jotka aloittavat työt valaistuspuolella tai joita muuten kiinnostavat ulkovalaistuksien toimintaperiaatteet, mutta eivät osaa tekniikan kieltä. Kaikki kuvat ja toimintaperiaatteet ovat pohjautuneet ulkovalaistuksen, jota käytetään tällä hetkellä.

Työssä olen tutkinut myös, miten kannattava ledin ulkovalaistus on tällä hetkellä. Led-valaisimien teknologia on halventunut ja tämä on tuonut mahdollisuuden päästä eroon haitallisesta valaistuksesta ja ongelmajätteistä asentamalla led-valaisimet. Vaikka led-valaisimen valaistus on kalliimpaa, laskelmat osoittavat, että asentamalla niitä tulee hyvät säästöt. Laskelmassa ryhmässä oli 168 valaisinta. Vaikka se on paljon, en pitäisi tutkimusta luotettavana ja tekisin uuden tutkimuksen, jossa olisi isompi alue ja enemmän valaisimia.

Kaikki kadut ovat laskettu Dialuxilla, mikä tarkoittaa, että valaistus on valittu valaistusominaisuuksiltaan oikein. Olen rajannut raportin sillä tavalla, että lisäsin Dialuxin esimerkin yhdestä ryhmästä (kadusta). Tulokset voivat olla epäluotettavat jo lähiaikoina, koska led-valaisimien teknologia halventuu koko ajan, ja näin valaisimien hinnat voivat olla paljon pienemmät tulevaisuudessa.

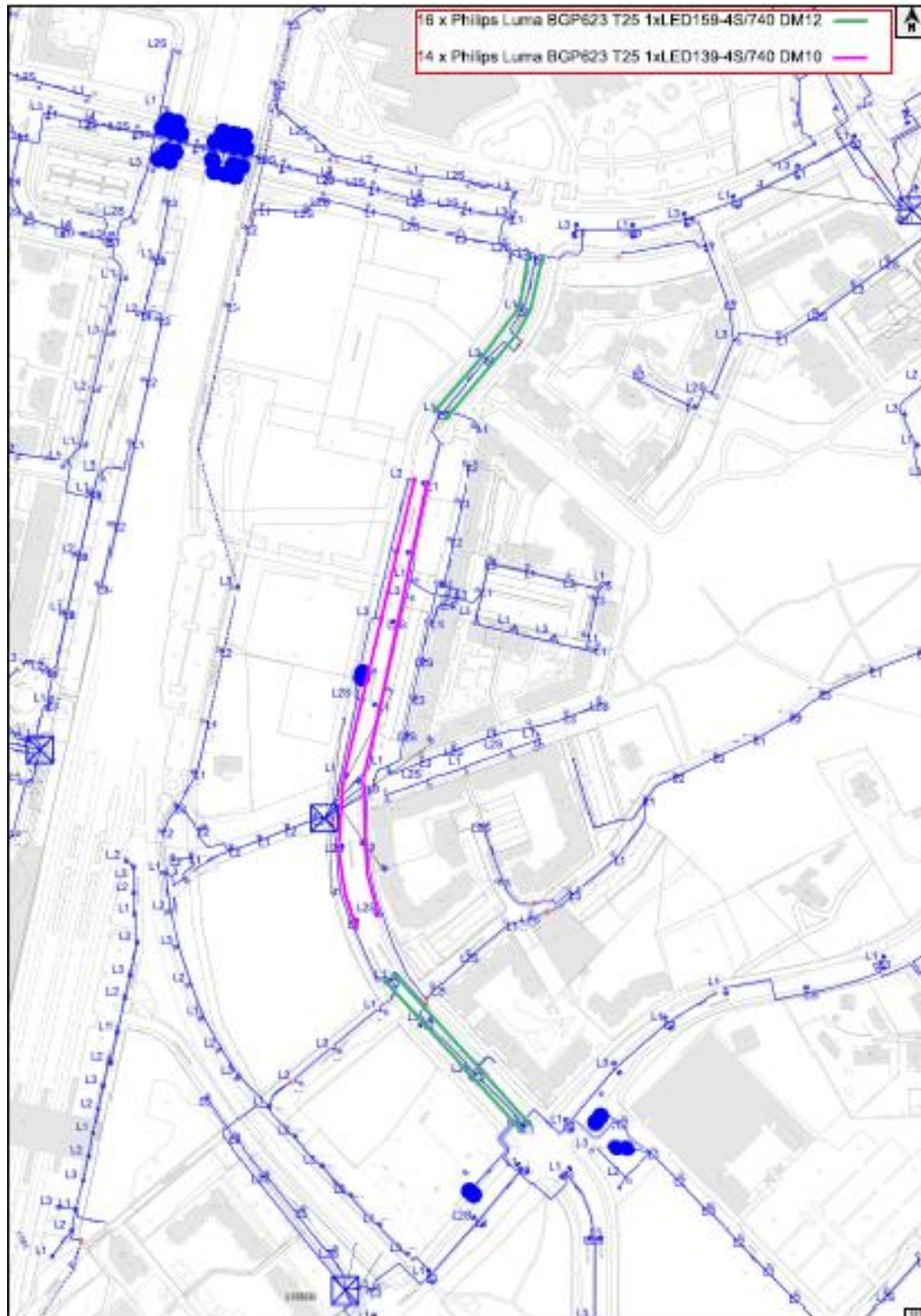
Mielestäni olen työssäni päässyt tavoitteeseen, jonka olen itselle asettanut.

Lähteet

1. Varfolomeev. 2013. elementarnaja elektrotehnika. Moskva
2. Halonen, Liisa. & Lehtovaara Jorma. 1992. Valaistustekniikka. Jyväskylä: Tekijät ja Otatieto Oy.
3. Valaistussuunnittelijan käsikirja. Verkkoaineisto. fagerhult. <np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo_FI_09.pdf >
4. Eino Tetri. Verkkoaineisto. Aalto-yliopisto. <www.valosto.com/tiedostot/Kohti_valoa_Tetri.pdf >
5. Tievalaistuksen suunnittelu. 2006. Verkkoaineisto. Tiehallinto. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf >
6. Antti Rantakallio & Anne Ylinen. 2011. Verkkoaineisto. Elohopealamput pois. Aalto yliopisto. <www.lightinglab.fi/ekovalo/News/3_ylinen_rantakallio_elohopealamput_pois.pdf>
7. Juuso Sakkara. 2013. Verkkoaineisto. Värinsäätö. Lahden ammattikorkeakoulu. <www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58929/Sakkara_Juuso.pdf?sequence=1>
8. Joonas Lius. 2009. Elohopealamppujen korvaaminen tievalaistuksessa energian säästämiseksi. Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu. < www.cou.fi/opinnayteytot/julkaistut/Lius_Jonna.pdf >
9. Svetodiody. 2014. <www.supply.in.ua/osveschenie/svetodiod.html>. luettu 09.2017
10. Phillips verkkosivut < www.lighting.philips.com>.
11. Valopaa verkkosivut. <www.valopaa.com>
12. IKH verkkosivut. <www.ikh.fi>
13. Finnpartia verkkosivut. <www.finnpartia.fi>

LIITTEE 1:

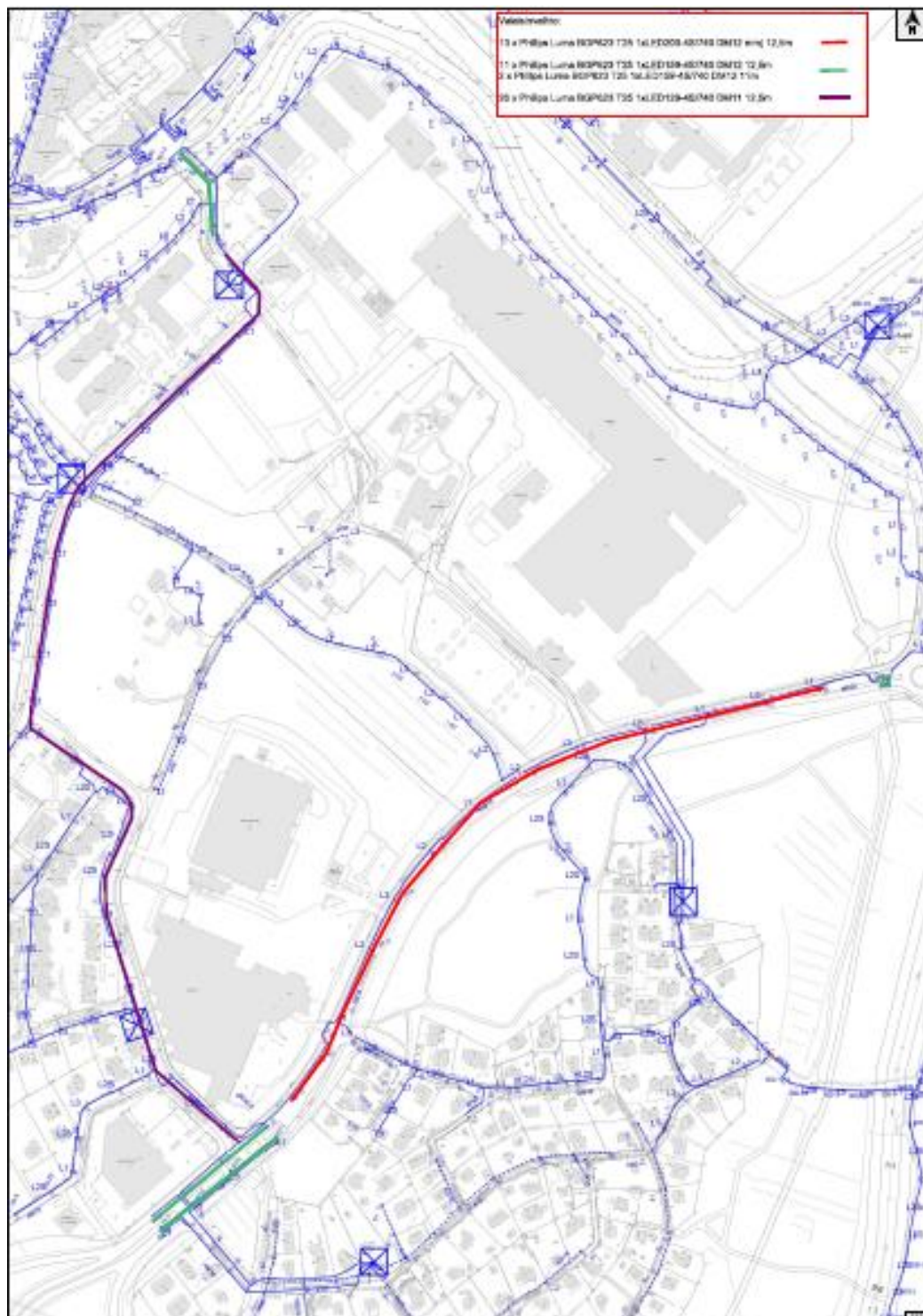
Jokiniemenkatu pohjoinen



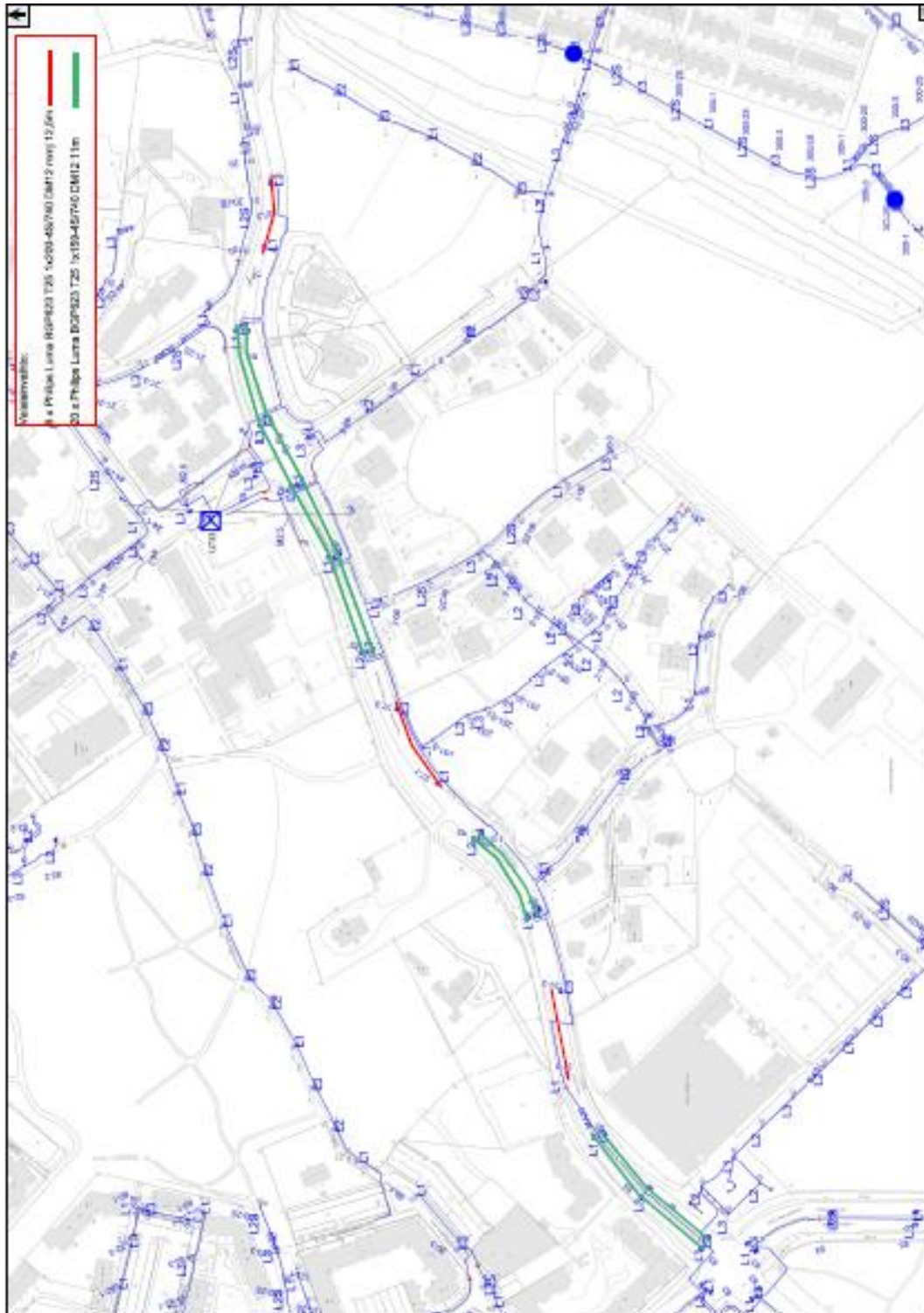
Jokiniemenkatu



Kuninkaala



Tikkurilantie jokiniemenkadusta joelle.



Tikkurilantie jokiniemenkadusta rataan asti.

