

Tony Mäntypuro

Katuvalaistuksen saneeraus Porvoossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

11.5.2015

Tekijä(t) Otsikko	Tony Mäntypuro Katuvalaistuksen saneeraus Porvoossa
Sivumäärä Aika	51 sivua + 3 liitettä 11.5.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Tapio Kallasjoki Jakeluverkon suunnittelija Rasmus Lindqvist
<p>Tämä insinöörityö tehtiin toteutettavana projektina 2013 - 2014 välisenä talvena Porvoon Sähköverkolle Porvoon keskustassa olevalle valaistusverkolle. Projektissa oli tarkoitus suunnitella uusi valaistus, joka korvasi nykyiset elohopeahöyryvalaisimet, jotka ovat poistuneet markkinoilta huhtikuussa 2015. Projektin yhteydessä tehtiin energiankäyttölaskelmaa nykyisen ja suunnitellun valaistusverkon välillä, jotta projektille voi hakea Työ- ja elinkeinoministeriön myöntämää rahallista energiatukea. Tätä tukea voi saada yritykset, jotka tekevät merkittäviä energiansäästötoimenpiteitä.</p> <p>Projektissa tehtiin useita valaistusmitoituksia monelle eri valmistajan valaisimille sekä tutustuttiin Tiehallinnon tie- ja katuvalaistuksen rakentamisen ohjeeseen. Työssä käytettiin CADs-ohjelmistoa piirtämisen sekä käytettiin DiALUX-ohjelmistoa valaistuslaskelmien tekemiseen.</p> <p>Työn tarkoitus oli saada aikaiseksi hyvät energiansäästöt uuden ja vanhan valaistuksen välille ja samalla parantaa valaistuksen laatua Porvoon keskustassa paremmalle tasolle. Luodut energiansäästöt tavoittelevat EU:n 2020 strategiaa, jonka tarkoitus on leikata energian käyttöä ja näin päästöjen syntymistä.</p> <p>Tuloksena oli uusi nykyaikainen ja energiatehokas valaistus, joka seuraa Tiehallinnon tie- ja katuvalaistuksen suosituksia.</p>	
Avainsanat	katuvalaistus, led, energian säästö, energiatehokkuus, EU 2020

Author(s) Title	Tony Mäntypuro Street Light Renovation in Porvoo
Number of Pages Date	51 pages + 3 appendices 11 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer Rasmus Lindqvist, Electric Grid Designer
<p>This Bachelors thesis was carried out for Porvoon Sähköverkko Oy during the winter period of 2013-2014. The purpose of the project was to renew the old mercury vapor street lighting in downtown of Porvoo. The renewing is done because of the new EU-directive that bans the old mercury vapor lamps in April 2015 from the market. The main goal of this project was to make a good quality street lighting with good energy efficiency that would follow the EU 2020 strategy use of energy, and thus reduce emissions.</p> <p>For the project many lighting designs with lamps from several manufacturers were made. Also Finnish Road Administration Tiehallinto recommendation for building road and street lighting lighting was acquainted. For accomplishing the work, two main design programs: DiALUX for the lighting calculations and CADS for structure drawing.</p> <p>The result is a new modern and energy-efficient lighting, which follows the Finnish Road Administration's road and street lighting recommendations.</p>	
Keywords	streetlight, led, energy efficiency, EU 2020

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistustekniikan peruskäsitteet	2
2.1	Suhteellinen silmäherkkyys	2
2.2	Valovirta	3
2.3	Valovoima	3
2.4	Valaistusvoimakkuus	4
2.5	Luminanssi	5
2.6	Värintoisto	5
2.7	Väriämpötila	6
3	Suomen tie- ja katuvalaistus	8
3.1	Valaistuksen tarkoitus	8
3.2	Onnettomuudet	8
3.3	Katuvalaistuksen käyttämä energia	9
3.4	EcoDesign-direktiivi	10
3.5	EcoDesign-direktiivin vaikutukset katuvalaistuksessa Suomessa	10
3.6	Investointituki energiatehokkuuden parantamiseen	10
4	Katuvalaistuksen pääkomponentit	12
4.1	Purkauslamput	12
4.2	Elohopeahöyrylamppu	12
4.3	Suurpainenatriumlamppu	13
4.4	Pienpainenatriumlamppu	15
4.5	LED-lamppu	16
4.6	Pylväät	17
4.7	Katuvalaistuksen ohjaus	17
4.8	Paikallisohtaus	17
4.9	Ketjuttaminen	18
4.10	Älykäs ohjaus ja etäohjaus	18
5	Tie- ja katuvalaistuksen valoteknilliset laskelmat	19

5.1	Keskimääräinen luminanssi	19
5.2	Luminanssin yleistasaisuus	19
5.3	Luminanssin pitkittäistasaisuus	19
5.4	Estohäikäisy	20
5.5	Alenemakerroin	20
5.6	Tie- ja katuvalaistuksen valaistusluokat	20
5.7	AL-luokat	21
5.8	AE-luokat	21
5.9	K-luokat	22
6	Katuvalaistuksen energiatehokkuuden parantaminen	24
6.1	Siirtyminen valotehokkaimpiin valaisimiin	24
6.2	Vaihesammutus	27
7	Porvoon keskustan valaistuksen saneeraus	28
7.1	Suunnittelun lähtökohdat	28
7.2	Nykyiset elohopeahöyryvalaisimet	29
7.3	Nykyiset energiakustannukset	30
7.4	Uudet valaisimet	31
7.5	Valaistusluokka	31
7.6	Katuvalaistuksen mitoitus	32
7.7	Alkutietojen kokoaminen	32
7.8	Uudet valaisimet	34
7.9	DiALUX laskenta	35
7.10	Valotekniset tulokset	43
7.11	Muutokset	44
7.12	Energian käyttö ja takaisinmaksuaika	45
7.13	LED-valaisimien himmennys	46
7.14	LED-valaisimet ja vakiovalovirta	46
8	Yhteenveto ja loppusanat	49
	Lähteet	50
	Liitteet	
	Liite 1. Valaisinpositiot 1	
	Liite 2. Valaisinpositiot 2	
	Liite 3. Valaisinpositiot 3	

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Porvoon Sähköverkko Oyj:lle, joka vastaa katuvalaistusverkon rakennuksesta, suunnittelusta ja ylläpidosta Porvoon kaupungin ja Pornaisten kunnan alueella. Porvoon Sähköverkko vastaa yhteensä noin 14 500 tie- ja katuvalaisimen ylläpidosta, josta noin 8 500 valaisinta on varustettu käytöstä poistuvalla elohopeahöyrylampulla.

Uusi ErP-direktiivi astui voimaan 18.4.2009. Se antaa energiatehokkuusvaatimuksia sekä kotitalouksien että ns. palvelusektorin valonlähteille ja valaisimille. Direktiivin seuravassa vaiheessa kielletään elohopeahöyrylampujen markkinointi koko Euroopan alueella 13.4.2015. Direktiivi on osa Euroopan komission asettamaa 2020 tavoitetta, jonka tarkoitus on vähentää turhaa energiankäyttöä ja näin päästöjen syntymistä. Tämä direktiivi pakottaa pääasiassa kuntia ja sähkölaitoksia uudistamaan nykyistä tie- ja katuvalaistusta nopealla vauhdilla, mikä on hyvin kallista toteuttaa suurien elohopeahöyryvalaisimien määrän takia.-

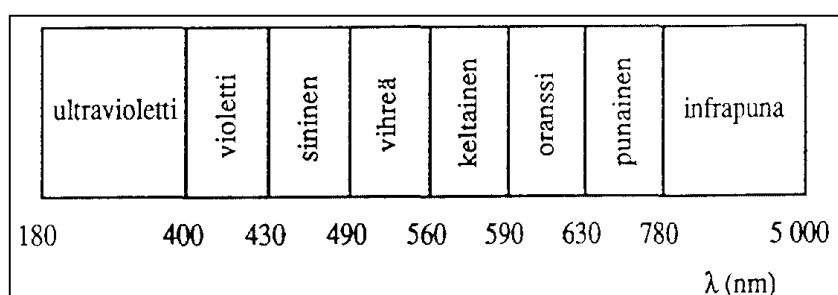
Työssä on tarkoitus tehdä saneeraussuunnitelma valaisimien vaihdolle, koskien nykyisiä elohopealampuilla varustettuja valaisimia, sekä etsiä niille markkinoilta korvaavat valaisimet. Työssä otetaan huomioon uusien valaisimien antama energiansäästö verrattuna vanhaan valaistukseen, sekä takaisinmaksuaika, johon vaikuttavat investointikustannukset ja käyttökustannukset. Työn yhteydessä haettiin Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta investointitukea, jonka suuruus oli 20 % saneerauksen kokonaisinvestoinista.

Työn tavoitteena on saada laadukas valaistus Porvoon keskustaan, missä alustavasti noudatetaan Tiehallinnon ohjeistusta. Tavoitteena on saada mahdollisimman laadukas valaistus sekä lyhyt takaisinmaksuaika korvaaville valaisimille, jotka pienentävät valaistukseen kulutettua sähköenergiaa.

2 Valaistustekniikan peruskäsitteet

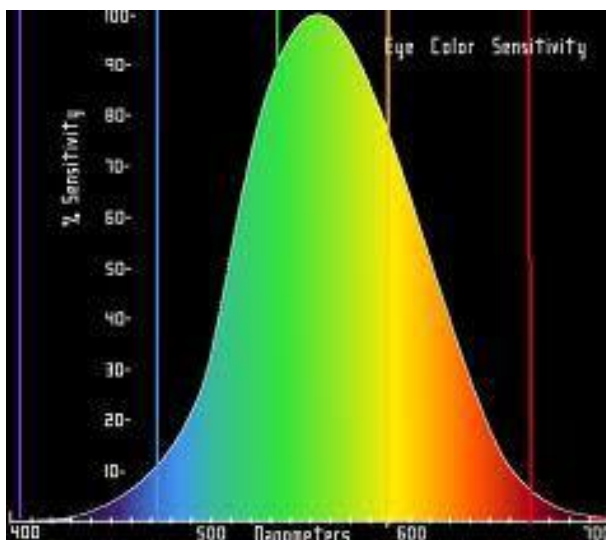
2.1 Suhteellinen silmäherkkyys

Valo on sähkömagneettista säteilyä, jonka ihminen pystyy havaitsemaan silmällään aallonpituusalueella 380 - 760 nm. Suhteellista silmäherkkyttä kuvataan käyrällä $V(\lambda)$. [1.]



Kuva 1. Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituudet. [2.]

Kuvassa 1 on esitettynä sähkömagneettisen säteilyn aallonpituudet. Matala aallonpituus on ultravioletti, aallonpituuden noustessa se muuttuu näkyväksi valoksi, jotka ovat, violetti, sininen, vihreä, keltainen, oranssi ja punainen. Tämän ne muuttuvat infrapunaiseksi aallonpituudeksi.



Kuva 2. Silmän spektriherkkyys. [3.]

Kuvassa 2 on esitettyä silmän spektriherkkyys. Kuvasta voi nähdä, miten silmän herkin kohta on sijoittunut voimakkaimmin kelta-vihreälle spektrialueelle, jonka aallonpituus on 555 nm. Tehokkaimmat valonlähteet, jotka löytyvät markkinoilta, ovat juuri tämän takia painottuneet silmän herkimälle spektrin alueelle, jotta mahdollisimman suuri näkyvä säteilyteho saataisiin aikaiseksi. Tämä aiheuttaa kuitenkin valonlähteessä huonoa värin-toistoa valaistulle objektille ja tai pinnalle. Hyvää värin-toistoa varten on valonlähteen tois-tettava vähintään viittä eri aallonpituutta. [3.]

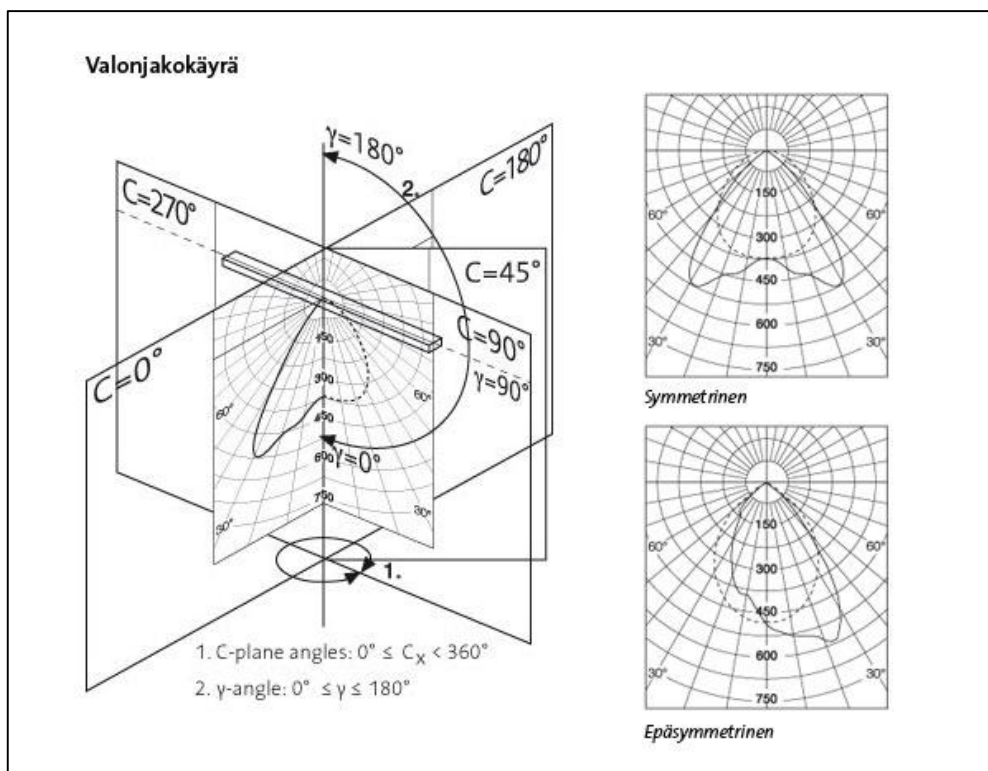
2.2 Valovirta

Valovirta on fotometrian suure, joka kuvaa lampun lähettämän säteilytehon määrää, joka on näkyvää ihmissilmälle. Valovirran tunnus on $[\Phi]$ ja yksikkö on $[lm]$ lumen. [1.]

2.3 Valovoima

Valaisimen valovoima kuvaa, miten paljon sen tuottamasta valovirrasta osuu määrättyyn suuntaan, riippuen valaisimen valovoimasta ja valonjakokäyrästä. Sen tunnus on $[I]$ ja yksikkö on kandela $[cd]$ [1.]

Valaisinvalmistajat ilmoittavat tuotteillaan valonjakokäyrät. Valonjakokäyrän perusteella valaistuksen suunnittelijalla tai sen tilaajalla on mahdollisuus laskea, paljonko valovirtaa määrättyyn suuntaan valaisimesta saapuu valaistutulle pinnalle.



Kuva 3. Symmetrisen- ja epäsymmetrisen valaisimen valonjakokäyrä. [4.]

Valaisimen valonjakokäyrä esitetään eri C-tasoissa havainnollistamaan sen jakaamaa. Käyrään vaikuttaa suuresti valaisimen rakenne, heijastin, peili ja- tai LED-valaisimen optiikka. Kuvassa 3 on esitetty symmetrisen ja epäsymmetrisen valaisimien valonjako eri C-tasoissa. [1; 4.]

2.4 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus kuvaa miten paljon valovirtaa määrätyle pinnalle tai pinta-alalle saapuu. Valaistusvoimakkuuden tunnus on $[E]$ ja sen yksikkö on luks. Valaistusvoimakkuus voidaan laskea yhtälöllä

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

missä $[\Phi]$ on valovirta ja $[A]$ on pinta-ala, joka on lumenia per neliometri $[lm/m^2] = [lx]$. Kaavan avulla voi karkeasti laskea määrätyn pinta-alan valaistusvoimakkuutta, mutta tämän perusteella ei voida suoraan määrittää, miten hyvin ihminen näkee kyseisessä tilassa tai ympäristössä. [1.]

2.5 Luminanssi

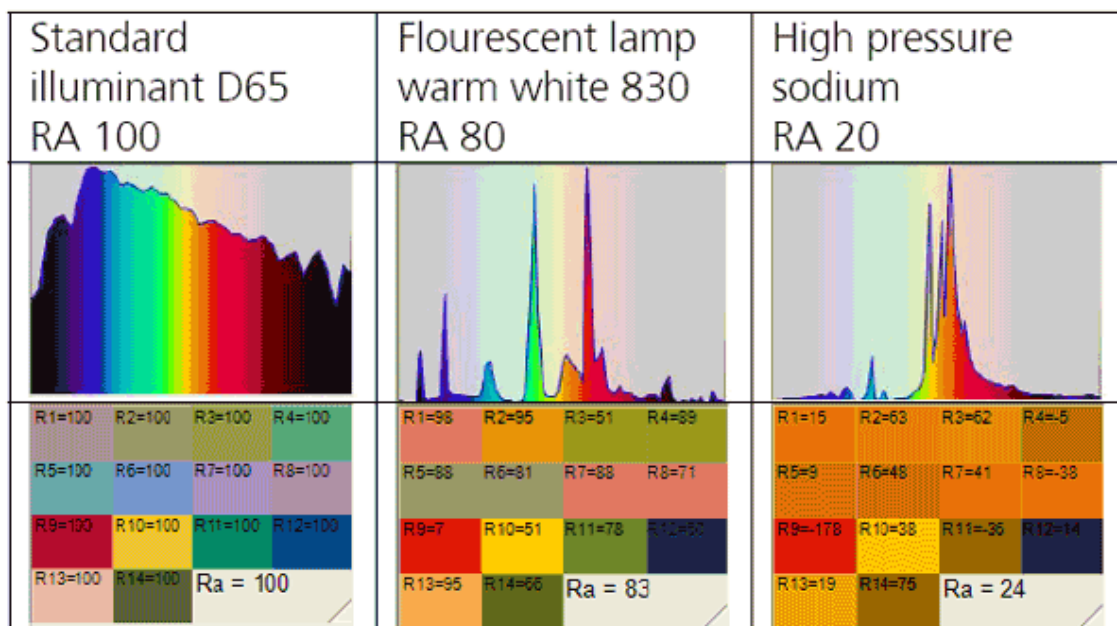
Luminanssi on fotometrian suure, joka kuvaa, miten valoisana valaistu pinta näkyy määrättyyn suuntaan, riippuen havaitsijan katselukulmasta. Tienpinnan luminanssia suurentamalla voidaan parantaa havaitsemista sekä reaktioaikaa autolla ajaessa.

Luminanssia kutsutaan puhekielessä myös pintakirkaudeksi. Sen tunnus on $[L]$ ja sen yksikkö on $[cd/m^2]$. [1.]

2.6 Värintoisto

Värintoistolla kuvataan, miten hyvin määrätty valonlähde toistaa pintavärejä. Valonlähteen värintoisto luokitellaan $[Ra]$ indeksillä, jonka skaala on 0-100. Mitä korkeampi $[Ra]$ luku on, sen parempi värintoistuvuus väreillä on.

Hyvän värintoiston saavuttamiseksi, tulisi valonlähteellä olla spektrijakaumassa vähintään kolme eri väriä. Kahdeksalla eri värillä saa aikaiseksi jo erinomaista värintoistoa. Valotehokkailla lamput on yleensä huono värintoisto, koska niiden spektrijakauma on sijoittunut silmän herkimmälle alueelle, joka on kelta-vihreä alue. Jos muita värejä ei käytetä, eivät muut värit näy silmälle luonnollisina. Värintoistoindeksi voidaan myös nimetä englannin kielen mukaan CRI (Colour rendering index).



Kuva 4. Valonlähteiden värintoisto [5.]

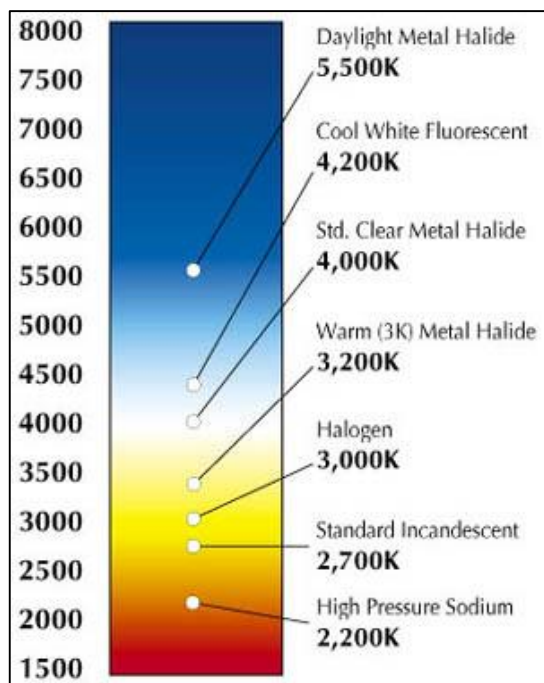
Kuvassa 4 on vertailu värintoiston eroista eri lampuilla. Vertailussa on käytetty luonnonvalostandardia, joka on teoreettinen valonlähde, sekä loistelamppua ja suurpainenatriumlamppua. Suurpainenatriumlampun spektri on painottunut pelkästään keltaiselle, oranssille ja punaiselle, jonka takia se ei toista hyvin kaikkia värejä. Loistelamppu on painottunut monelle eri aallonpituudelle ja tämän takia sen värintoisto on 80, joka on todella hyvä. [1;5.]

Hyvä esimerkki huonosti väriä toistavasta valonlähteestä on pienipainenatriumlamppu, joka on monokromaattinen valonlähde, eli yksitaajuussäteilijä. Pienipainenatriumlampun valotehokkuus on suuri mutta se toistaa värejä huonosti, koska sen spektri on täysin painottunut keltaiselle alueelle, jolla ihmissilmän silmäherkkyys on suurin. [1.]

2.7 Värilämpötila

Värilämpötila kuvaa, miltä valolähteen lähettämä väri näyttää ihmissilmälle. Värilämpötila esitetään kelvineinä, 3 000 K tai vähemmän on lämmin sävy, 4 000 K neutraali ja 5 000 K. Ihmissilmä voi havaita värilämpötilat välillä 2 800 K ja 11 000 K. Värilämpötilan mitoi-

tus perustuu mustan kappaleen värisävyihin eri värilämpötiloissa, kappale näyttää mustalta värilämpötilan ollessa 300 K, punaiselta 800 K ja valkoiselta 5 000 K värilämpötilassa. Kuvassa 5 on esitettyä eri valonlähteiden värilämpötiloja [1.]



Kuva 5. Eri valonlähteiden värilämpötilat. [13.]

3 Suomen tie- ja katuvalaistus

3.1 Valaistuksen tarkoitus

Katuvalaistuksen tarkoitus on auttaa ihmistä havainnoimaan liikenteessä pimeään aikaan ajoväylällä ja sen välittömässä läheisyydessä olevia kohteita, joissa liikkuu ihmisiä, eläimiä ja muita ajoneuvoja, jotta onnettomuuksilta voitaisiin välttyä. Katuvalaistus ehkäisee, myös ilkeämielisiä sekä rikollisuutta ja luo turvallisuuden tunnetta. Katuvalaistuksella voidaan myös luoda mukavuuden tunnetta ympäristöön, jossa liikutaan ja oleskellaan. [6.]

Tie- ja katuvalaistuksen kolme päätehtävää ovat

- näkyvyys – toimintojen valaiseminen
- hahmottaminen – tilan ja ympäristön muodostaminen
- ilmapiiri – varmuuden ja tunnelman synnyttäminen.

3.2 Onnettomuudet

Onnettomuuksia sattuu pimeään aikaan suhteellisen paljon verrattuna valoisaan aikaan ja niiden vakavuusaste on paljon korkeampi, kuin valoisaan aikaan sattuneissa onnettomuuksissa. Onnettomuuksien riski kasvaa pimeällä jopa 1,5–3 kertaiseksi verrattuna valoisaan aikaan. Pimeän ajan onnettomuudet muodostavat yhteensä noin 30 % kaikista sattuneista onnettomuuksista, vaikka pimeällä liikennettä on huomattavasti vähemmän kuin päiväsaikaan.

Tavallisimmat pimeän ajan onnettomuudet ovat seuraavat

- jalankulkijaonnettomuus
- törmäys pysäköityyn autoon

- törmäys esteeseen ajoradalla tai sen ulkopuolella
- eläinonnettomuudet. [7.]

Kotimaiset ja kansainväliset tutkimukset ovat osoittaneet, että yleisillä teillä- ja kaduilla pimeään ajan onnettomuudet vähenevät keskimäärin 30 % tie- ja katuvalaistuksen ansiosta. Onnettomuuksien ehkäiseminen valaistuksella on suurin sekaliikennetiellä ja pienenee tiestandardin noustessa.

- henkilövahinko-onnettomuudet -30 %
- kuolemaan johtaneet onnettomuudet -60 %
- jalankulkijoiden henkilövahinko-onnettomuudet -45 %
- henkilövahinko-onnettomuudet moottoriteillä -50 % [7.]

3.3 Katuvalaistuksen käyttämä energia

Katuvalaistuksen käyttämä sähköenergia 4 000 h polttoajalla vuodessa on yhteensä 800 GWh. Tämä vastaa 12 % sähköenergiasta, jota Suomessa käytetään valaistukseen. Suomessa käytetty katuvalaistusverkko sisältää arviolta 1,4 miljoonaa elohopeahöyrylamppua, joiden keskiteho on 125 W/kpl.

Siirtymällä energiatehokkaimpiin valaistusmenetelmiin voidaan katuvalaistukseen käytettyä sähköenergiaa säästää jopa 44 %, jos 125 W:n elohopeahöyrylampun tilalle asennettaisiin 70 W suurpainenatrium- tai monimetallilamppu, jolloin myös valotehokkuus olisi hieman parempi kuin edeltäjällensä. 70 W:n suurpainenatrium lamppu vastaa valoteholtaan 125 W elohopeahöyrylamppua.

Tiehallinnon arvion mukaan vuonna 2020 saavutamme n. 14,9 GWh säästön vuodessa, jos kaikki elohopeahöyrylamput olisi vaihdettu korvaaviin valonlähteisiin. [8.]

3.4 EcoDesign-direktiivi

Euroopan komission asettama EcoDesign-direktiivi eli ErP direktiivi korvasi 20. marraskuuta 2009 entisen EuP-direktiivin (2005/32/EY). Direktiivissä on aseteltu energiatehokkuusvaatimuksia koskien sisä- ja ulkovalaistusta. Direktiivin tarkoitus on nopeuttaa siirtymistä valotehokkaimpiin valonlähteisiin, joka on osa Euroopan komission asettaman tavoite vuoden 2020 tavoitetta. Tavoitteen on tarkoitus leikata 20 % kasvihuonepäästöjä vuoden 1990 kasvihuonepäästöistä, 20 % käytettävästä energiasta on peräisin uusiutuvista energianlähteistä ja 20 % parannus nykyiseen energiatehokkuuteen. [8.]

3.5 EcoDesign-direktiivin vaikutukset katuvalaistuksessa Suomessa

EcoDesign direktiivin vaikutus on merkittävä Suomen tie- ja katuvalaistuksen uusimisen kannalta, koska suuri osa Suomen tie- ja katuvalaistuksessa käytetyistä valaisimista ovat elohopeahöyrylamppuilla varustettuja. Nämä ovat direktiivin seuraavassa vaiheessa markkinoilta poistuvia lamppuja, koska niillä on huono valotehokkuus ja ne sisältävät suuren määrän elohopeaa.

Elohopeahöyrylamppujen valmistus ja markkinointi on lopetettu 13.4.2015 koko Euroopan alueella. Tämän takia useat kunnat ja sähkölaitokset joutuvat tekemään mittaavia investointeja tie- ja katuvalaistusverkkoonsa tulevana vuosina, kunnes kaikki valaisimet on vaihdettu. [8.]

3.6 Investointituki energiatehokkuuden parantamiseen

Elohopeahöyrylamppujen korvaamiseen on mahdollista hakea investointitukea Työ- ja elinkeinoministeriöltä. Tukea voivat hakea yritykset ja yhteisöt, jotka ovat liittyneet Motivan energiatehokkuussopimukseen. TEM myöntää investointitukea hankkeille, jotka edistävät energiansäästöä ja energiatehokkuutta. Tuki on kuitenkin harkinnanvarainen ja sen myöntäminen perustuu aina tapauskohtaiseen käsittelyyn.

Tukihakemus tulee täyttää TEM:n vahvistetuilla hakemuslomakkeilla. Tuen hakemus toimitetaan siihen ELY-keskukseen, jonka toiminta-alueella suoritettava investointi tai selvityshanke toteutetaan. Hakemuksessa tulee selvittää projektin kustannusarvio, laskelma säästettävästä energiasta ja investoinnin ympäristövaikutuksista sekä selvitys investoivasta teknologiasta. [9.]

4 Katuvalaistuksen pääkomponentit

4.1 Purkauslamput

Katuvalaistuksessa on käytössä useita eri valonlähteitä. Yleisempiä katuvalaistuksessa käytettäviä lamppuja ovat purkauslamput. Purkauslamppujen ryhmään kuuluvat elohopeahöyrylamput, suur- ja pienpainenatriumlamput sekä monimetallilamput. Purkauslamppuja käytetään laajalti piha-, tie- ja katuvalaistuksessa niiden korkean valotehokkuuden ansiosta. [1.]

4.2 Elohopeahöyrylamppu

Elohopeahöyrylamppu on purkauslamppujen edustaja, joka esiteltiin jo 1930-luvulla. Kyseisiä lamppuja käytettäviä valaisimia on edelleen paljon käytössä Suomessa, mutta nämä tulevat poistumaan markkinoilta uuden ErP-direktiivin astuessa voimaan 13.4.2015 koko Euroopan unionissa.

Elohopeahöyrylamppun hyvinä puolina ovat sen tuottama valkoinen väri ja kohtalaisen hyvä värintoisto. Sen valotehokkuus ja värintoisto alenevat kuitenkin huomattavasti käytön aikana. Ongelmallisena tekijänä pidetään myös sitä, että sen valovirta alenee hyvin nopeasti lyhyessä käyttöajassa. Elohopealamppu ei välttämättä lopeta toimintaansa niin, kuin suuri osa muista lamppuista, vaan se jatkaa palamistaan todella pienellä valovirralla. Elohopealampulla on huonoin valotehokkuus kaikista purkauslamppuista. Tämän takia se kielletään ErP-direktiivin seuraavassa vaiheessa. [8.]



Kuva 6. Elohopeahöyrylamppu. [11.]

Kuvassa 6 esiteltynä ellipsimuotoinen elohopeahöyrylamppu Kyseinen lamppu on hyvin yleisesti käytössä katuvalaistuksessa.

Taulukko 1. Elohopeahöyrylamppun tekniset tiedot. [10.]

Elohopeahöyrylamppu	
Valotehokkuus lm/W (lamppu)	40 - 60 lm/W
Valotehokkuus lm/W (järjestelmä)	32 - 56 lm/W
Elinikä h	12000 - 16000 h
Värintoisto CRI	Ra 50 – 60
Valon väri	Valkoinen

4.3 Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlamput (SpNa) ovat Suomessa eniten käytössä kaikista suurpaineisista purkauslamppuista. Ne ovat olleet jo yleisesti käytössä viimeisen vuosikymmenen katuvalaistuksessa. SpNa-lamput tulevat laajalti korvaamaan tie- ja katuvalaistuksessa käytetyn elohopeahöyrylamppun niiden hyvän valotehokkuuden, pitkän polttoajan ja halvan hankintahinnan takia.

SpNa-lamppujen huonoina puolina pidetään niiden oranssi–keltaista valoa, sekä huonoa värintoistoa, jonka takia niitä ei käytetä puistoissa, kävelyväylillä ja keskusta-alueilla. Ne sopivat hyvin valaistuskohteisiin, joissa valon värillä ja sen toistolla ei ole merkittävää osuutta valaistuksessa, esimerkiksi maan- ja moottoriteillä. [1; 10.]



Kuva 7. Suurpainenatriumlamppu NAV-T-SUPER 4 YEARS. [11.]

Taulukko 2. Suurpainenatriumlampun tekniset tiedot. [10.]

Suurpainenatriumlamppu	
Valotehokkuus lm/W (lamppu)	85 - 150 lm/W
Valotehokkuus lm/W (järjestelmä)	70 - 140 lm/W
Elinikä h	16000 - 24000 h
Värintoisto CRI	20 - 60
Valon väri	Keltainen - Oranssi

4.4 Pienpainenatriumlamppu

Purkauslamputa valotehokkain on pienpainenatriumlamppu. Pienpainenatriumlampuja on pienissä määrin käytössä Suomen moottoriteillä, niiden hyvän valotehokkuuden ansiosta. Lampun huono puoli on se, että se on yksitaajuussäteilijä ja sen spektri on sijoittunut hyvin voimakkaasti oranssille värille. Tämän takia sillä on todella huono värin-toisto. Pienpainenatriumlampulla on myös lyhyempi elinikä kuin suurpainenatriumlampulla, jonka takia se ei ole lyönyt läpi katu- ja tievalaistuksen markkinoilla Suomessa. Lampun hyvän valotehokkuuden ansiosta niitä on käytetty moottoriteillä, jossa pylväskorkeudet ovat usein 12 m tai enemmän, jolloin suuresta valotehokkuudesta on huomattavaa hyötyä. [1.]

Kuva 8. Pienpainenatriumlamppu. [11.]



Taulukko 3. Pienpainenaatriumlampun tekniset tiedot. [10.]

Pienpainenaatriumlamppu	
Valotehokkuus lm/W (lamppu)	100 - 178 lm/W
Valotehokkuus lm/W (järjestelmä)	70 - 140 lm/W
Elinikä h	12000 h
Värintoisto CRI	Olematon, (monokromaattinen)
Valon väri	Oranssi

4.5 LED-lamppu

Light Emitting Diode englanninkielinen lyhenne LED, on puolijohde valmiste, joka tassa sähköä syöttämällä tuottaa valoa. LED-valaisimet ovat yleistyneet huimaa vauhtia katuvalaistuksessa viime vuosina. Ledien etuna on niiden pitkä elinikä sekä pieni tehonkulutus ja valaisimen säädettävyys.

Ledeillä voidaan saavuttaa jopa 100 000 h elinikä, mikä vastaa noin 25 vuoden elinikää 4 000 h polttotunnin paloajalla vuodessa. LED-lamppu on hyvä kilpailija monimetallilampun kanssa, koska molemmat valonlähteet antavat valkoista valoa ja saavat aikaan hyvän värintoiston. Värintoistossa LED on huomattavasti parempi kuin monimetallilamppu. Valotehokkuudessa ledit ovat aavistuksen edellä monimetallilamppuja.

Ledin elinikään vaikuttaa suuresti sen jäähdytysratkaisu, koska Ledi tarvitsee suuren jäähdytysratkaisun siirtäessä lämpöä Ledin pienestä pinnasta pois. Ledin lämpötilaan vaikuttaa myös ympäristön lämpötila, tämä on hyvä, koska Suomen keskilämpötilat ovat huomattavasti alempia verrattuna keskieurooppalaisiin maihin.

LED-valaisimien huonona puolena niiden tullessa markkinoille tie- ja katuvalaistuksessa pidettiin niiden liitälaitetta, joka yleensä vikaantui hyvin nopeasti. Liitälaitteiden vikaantumista on tämän jälkeen saatu rajoitettu vähentämällä liitälaitteen nimellisvirtaa 750 mA:sta noin 525 mA:iin, joka vähentää ledin lämpenemistä ja antaa tälle pidemmän eliniän. [1; 3.]

4.6 Pylväät

Katuvalaistuksen rakentamisessa käytetään puu- sekä teräspylväitä. Puupylväiden käyttö katuvalaistuksen rakentamisessa on tavanomaisempaa maanteilla ja alueilla, joissa on käytössä ilmajohtoja.

Puupylväiden pystytyksessä ei käytetä jalustoja vaan ne kaivetaan noin 1,8 m:n syvyyteen maahan jos mahdollista, muuten pylvään pystytyksessä käytetään muita tukirakenteita esim. kalliokiinnikkeitä. Metallipylväiden käyttö on tavanomaisempaa keskusta ja taajamaa-alueilla, joilla on käytetty maakaapelointia.

Metallipylväiden antama hyöty on niiden pitkä elinikä valopisteelle. Metallipylväissä käytetään myös valopistekohtaista sulaketta, kun taas ilmajohtoilla puupylväissä on useimmiten vain pääsulakkeet valaistusryhmän lähdössä. Eli kun liitántälaite tai muu vika valaisimessa tai johdolla aiheuttaa maa- tai oikosulun, polttaa se sulakkeen koko valaistusryhmältä, kun taas metallipylväissä oleva sulake antaa selektiivisyyttä valaisinryhmälle ja polttaa valopistekohtaisessa viassa pelkästään valopisteen oman sulakkeen eikä koko valaisinryhmän sulaketta.

4.7 Katuvalaistuksen ohjaus

Katuvalaistuksen ohjaukseen on kehitetty useita eri menetelmiä, kaikki ohjaustavat soveltuvat eri ympäristöihin, koska aina ei ole kannattavaa rakentaa turhan monimutkaista ohjausta, jollei sille ole tarvetta.

4.8 Paikallisohtaus

Paikallisohtaus käytetään tie- ja katuvalaistuskeskuksissa, jotka sijaitsevat pitkien etäisyyksien päässä toisista katuvalaistuskeskuksista, jolloin keskuksien välillä ei kulje muita käskyjä antavia kaapelointeja. Paikallisohtauskeskuksessa käytetään yleensä hämäräkytkintä ja tai kelloa, jolla ohjaus voidaan suorittaa tarpeen mukaan. Tämä ohjaustapa

sopii hyvin maanteiden valaistushajukseen, joka on taajamaan ulkopuolella. Paikallishajuksen ongelmat ovat yleensä hämäräkytkimen tai kellon vikaantuminen, jolloin ohjaus ei toimi lainkaan. Paikallishajaus on halpa toteuttaa, jonka takia sitä suositaan.

4.9 Ketjuttaminen

Ketjutuksen käytöllä tarkoitetaan usean katuvalokeskuksen yhdistämistä toisiinsa kaapelilla. Ketjutus toteutetaan käyttämällä yhden katuvalaistuskeskuksen hämäräkytkintä ja tai kelloa, joka antaa ohjauksikäskyn muille katuvalaistuskeskuksille erillistä ohjauskaapelia pitkin. Ketjuttamisen ongelma on vika alueen laajeneminen yhden keskuksen sijasta useampaan keskukseseen jos esimerkiksi ohjauskaapeli, hämäräkytkin tai kello vikaantuu. Ketjutusta käytetään yleensä tiheästi asutetuilla alueilla, joissa on useita valaisinkeskuksia. Tätä menetelmää ei ole kannattavaa tehdä alueilla, joissa valaisinkeskuksien väliset matkat ovat pitkiä.

4.10 Älykäs ohjaus ja etäohjaus

Älykkäällä etäohjauksella voidaan ohjata katuvalaistuskeskuksen valoryhmiä, joko tietokoneen tai puhelimen avulla. Älykkäät etäohjukset ovat logiikoita, joihin on kytketty radio, 3G-, GPRS- tai GSM-yhteys. Näiden avulla logiikka pystyy kommunikoimaan käyttäjän kanssa etänä. Älykkään ohjauksen hyvät puolet ovat logiikan antamat käyttötiedot ja viikahälytykset käyttäjälle reaaliajassa, sekä etäohjaus tietokoneelta tai puhelimesta. Logiikalla on mahdollista ohjata jopa yhtä valaistuspistettä erikseen jos sille on tarvetta, tätä toimintoa varten on hankittava lisälaitteita valaisimiin, joille tämä ominaisuus halutaan ottaa käyttöön. Älykäs ohjaus ja etäohjaus tekniikka on parhaillaan syrjäyttämässä ketjuttamisen.

5 Tie- ja katuvalaistuksen valoteknilliset laskelmat

Valaistusteknilliset laskelmat, jotka tehdään tie- ja katuvalaistuksen suunnittelu vaiheessa auttavat määrittelemään oikein mitoitetun katuvalaistuksen hankkeessa. Laskelmissa voidaan välttää valaistuksen yli- sekä alimitoitusta, tämän avulla on myös helppo määrittää maksimi pylväsvälit valaisimelle, mikä pienentää kustannuksia. Tämä auttaa hinta- ja laatusuhteeltaan parhaimman valaistuksen löytämistä ja auttaa välttämään huonoja valaistusratkaisuja, jotka voivat olla tien käyttäjille ja sen ympäristölle haitaksi. [7.]

5.1 Keskimääräinen luminanssi

Keskimääräinen luminanssi [L_m]. Keskimääräistä luminanssia nostamalla voidaan pidentää näköetäisyyttä, havaitsemisen paranemista ja reaktioaikojen lyhenemistä. Keskimääräinen luminanssi määrittelee, miten valoisa tien pinta näyttää havaitsijan silmällä tarkasteltuna. Keskimääräisen luminanssin pienin arvo on mitoittava. [7;12.]

5.2 Luminanssin yleistasaisuus

Yleistasaisuus [U_0] vaikuttaa näkösuorituskykyyn. Yleistasaisuuden luminanssi lasketaan kaikkien pisteiden pienimmän ja keskimääräisen luminanssin osamäärästä, [$U_0 = L_{min}/L_m$]. Luminanssin yleistasaisuuden arvoa korottamalla havaitseminen paranee. Luminanssin yleistasaisuuden pienin arvo on mitoittava. [7;12.]

5.3 Luminanssin pitkittäistasaisuus

Pitkittäistasaisuus [U_I] on merkittävä tekijä ajo- ja näkömukavuudelle. [U_I] lasketaan jokaisen kaistan ja samasta kohdasta olevasta havaitsemispisteen kautta kulkevan suoran pienimmän ja suurimman luminanssin osamäärästä. Pitkittäistasaisuuden pienin arvo on mitoittava. [7;12.]

5.4 Estohäikäisy

Estohäikäisyllä määritetään näkemisen heikentymistä. Tämä tarkoittaa, että silmän kontrastien erottelukyky huononee, jolloin parempi luminanssiero tarvitaan havaitsemiseen. Estohäikäisy on määriteltynä tie- ja katuvalaistuksessa tunnuksella $[TI \ %]$. Tiehallinnon ohjeistuksen mukaan tämä tulee olla alle 15 %. [7;12.]

5.5 Alenemakerroin

Alenemakertoimen tarkoitus on huomioida valolähteen ikääntyminen ja ympäristön aiheuttaman liian vaikutus valaisimeen, joka johtaa valovirran alenemaan käyttöiän noustessa. Alenemakerrointa ei kuitenkaan voida asettaa laskennassa liian suureksi, koska tämä voi aiheuttaa huomattavaa ylimitoitusta katuvalaistuksen suunnittelussa mitä tulee välttää. On myös otettava huomioon, että valaisimille on tehtävä huoltotoimenpiteitä määrätyn väliajoin, joko puhdistamalla valaisin ja tai vaihtamalla tämän poltin, riippuen valaistustekniikasta. [1; 7.]

5.6 Tie- ja katuvalaistuksen valaistusluokat

Liikenneturvallisuutta katu- ja tiealueella sekä sen välittömässä läheisyydessä voidaan parantaa valitsemalla oikea valaistusluokka. Valaistusluokan tulee täyttää sille edellytetyt vaatimukset näkemisessä ja havaitsemisessa. Tiehallinnon omat asettamat valaistusluokat ovat alun perin tarkoitettu Tiehallinnon omiin rakennusprojekteihin, mutta soveltuvat hyvin kunnille ja sähköjakeluyhtiöille raja-arvoiksi, joita seurata kun uutta valaistusverkkoa suunnitellaan.

Porvoon sähköverkko käyttää samoja raja-arvoja suunnitellessaan uusia sekä saneerattavia katuvalaistuskohteita.

5.7 AL-luokat

AL-luokat ovat tarkoitettu teille ja kaduille joissa moottoriajoneuvoliikenteen ajonopeus on korkea tai suuri, vähintään 50 km/h. AL-luokat perustuvat luminanssin voimakkuuteen ja tasaisuuteen tienpinnalla. AL-luokilla mitoittaessa otetaan huomioon tiepäällyste kuivana ja märkänä. Päällysteen ollessa märkä AL-luokkien poikittaistasaisuus [$U_0 \text{ min}$] täytyy ylittää $0,15 \text{ cd/m}^2$ raja. Jos märkää tienpintaa ei haluta soveltaa vaatimuksissa voidaan käyttää ME1-, ME2-, ME3a-, ME4a- ja ME5-luokkien raja-arvoja. [7.]

AL-luokkien vaatimukset on esitelty taulukossa 4

Taulukko 4. AL-luokkien luminanssi ja luminanssin tasaisuus tienpinnan ollessa märkä ja kuiva, estohäikäisy ja ympäristön valaistus. [7.]

Luokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Esto- häikäisy	Ympäristön valaistus
	Kuiva			Märkä		
	L_m $\text{cd/m}^2, \text{ min}$	U_o min	U_l min	U_o min	TI % max	SR min
AL1	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
AL2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
AL3	1,0	0,4	0,6	0,15	15	0,5
AL4a	1,0	0,4	0,4	0,15	15	0,5
AL4b	0,75	0,4	0,4	0,15	15	0,5
AL5	0,5	0,4	0,4	0,15	15	0,5

5.8 AE-luokat

AE-luokat ovat tarkoitettu käytettäväksi konfliktialueilla moottoriajoneuvoliikenteillä, kiertoliittymissä ja mutkikkaissa tasoliittymissä, missä luminanssin perustuva tarkastelu ei ole mahdollista. Tämä toteutuu kun säännöllisen näkyvän ajoradan pituus on alle 60 m. AE-luokalla suunniteltaessa käytetään valaistusvoimakkuuden mini-arvoa, E_m : [lx, min].

Taulukossa 5 on esitettyä. Tiehallinnon määrittelemät AE-luokat ovat taulukossa 6, josta voidaan vertailla AE- ja AL-luokkien vastaavaisuudet toistensa kanssa. [7.]

Taulukko 5. AE-luokat.[7.]

Luokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	E_m lx, min	U_o min
AE 0	50	0,4
AE 1	30	0,4
AE 2	20	0,4
AE 3	15	0,4
AE 4	10	0,4
AE 5	7,5	0,4

Taulukko 6. AL- ja AE-luokat.[7.]

Luminanssi	Valaistusvoimakkuus
AL 1	AE 1
AL 2	AE 2
AL 3	AE 3
AL 4a	AE 3
AL 4b	AE 4
AL 5	AE 5

5.9 K-luokat

Ovat tarkoitettu jalankulkijoille ja pyöräilijöille tarkoitettuille väylille, jotka sijaitsevat ajoradan vieressä tonttikaduilla, jalankulku-, piha- ja pysäköintialueilla. K-luokat ovat määriteltä vaakatason valaistusvoimakkuuden perusteella. [7.]

Taulukko 7. K-luokat. [7.]

Luokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	Em ¹⁾ lx, min	E lx, min
K1	15	5
K2	10	3
K3	7,5	1,5
K4	5	1
K5	3	0,6
K6	2	0,6

1) Riittävän tasaisuuden vuoksi hankekohtainen keskiarvo ei saa ylittää 1,5-kertaista luokan edellyttämää keskiarvon minimiä

6 Katuvalaistuksen energiatehokkuuden parantaminen

Katuvalaistuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa useilla eri toimenpiteillä. Energiatehokkuuden parantamisen suurin vaikuttaja katuvalaistuksessa ja tärkein tällä hetkellä on siirtyminen elohopeahöyrylampuista suurpainenatrium, monimetalli tai LED-valaisimiin, koska elohopeahöyrylamppujen valmistus ja myynti on kielletty huhtikuussa 2015.

Vaihtamalla valotehokkaimpiin valaistusmuotoihin tuodaan suurimmat suurimmat energiansäästöt, koska uudet vaihtoehtoiset valaistustekniikat ovat huomattavasti energiatehokkaampia kun elohopeahöyrylamput.

6.1 Siirtyminen valotehokkaimpiin valaisimiin

Elohopeahöyrylamppujen vaihtaminen tuo suurimmat energiansäästöt, mutta vaihdon suorittamiseen on investoitava uuteen valaisimeen, jonka hinta voi vaihdella 100–1000€ välillä riippuen tekniikasta ja valaisimen tehosta. Suurpainenatrium ja monimetallivalaisimet ovat tänä päivänä halvin vaihtoehto hankinnan kannalta. Suurpainenatriumvalaisimia hankitaan pääasiassa yleisille teille ja moottoriliikenneväylille missä valon värillä ja sen toistuvuudella ei ole suurta vaikutusta.

LED- ja monimetallivalaisimia hankitaan pääasiassa keskusta alueille, ulkoilupoluille, puistoihin ja aukioille, missä halutaan hyvää värintoistoa sekä valkoista valoa. LED-valaisimet ovat mahdollisesti korvaamassa tulevaisuudessa kokonaan monimetallivalaisimet niiden paremman valotehokkuuden ja pidemmän eliniän takia. Parhailaan monimetallivalaisimiin investoidaan edelleen niiden halvemmän hankintahinnan takia.

Taulukko 8. Purkauslamppujen vertailutaulukko.

Elohopeahöyrylamppu	Suurpainenatrium	Monimetalli
400 W	250 – 150 W	250 – 150 W
250 W	150 – 100 W	150 – 100 W
125 W	100 – 70 W	100 – 70 W

Taulukkoa 8 voidaan pitää suuntaa antavana valaisimien vaihdoille jos arvioidaan karkeasti nykyisen elohopeahöyryvalaisimen tehon perusteella. Korvaaville valaisimille tulee aina suorittaa valaistuslaskenta, jotta paras valaistus saadaan aikaiseksi. Tähän vaikuttavat valaisimien peilit ja optiikat, jotka määrittellään tilauksen yhteydessä.

Taulukko 9. Kustannusten vertailu.

Lamppu	Elohopeahöyrylamppu 125 W	Suurpainenatrium 70 W
Teho [kWh /v]	500 kWh /v	280 kWh /v
Käyttökustannus [€ /v]	60,00 €	33,60 €

Valaisimien vaihdolla on mahdollista saada, jopa 52 % energiansäästöä jos esimerkiksi vaihdetaan 125 W:n elohopeahöyryvalaisin 70 W:n suurpainenatriumvalaisimeen, jolloin säästö näyttäisi taulukon 9 mukaiselta vuositasolla. Taulukossa 9 tämä on esiteltynä. Laskelma tehty sillä perusteella, että energian hinta on 0,12 € /kWh ja polttoaika vuodessa on 4 000 h. Tämä luo yhteensä 220 kWh energian säästön yhdestä valopisteestä, joka vastaa 33,4 € säästöä sähkön hinnan ollessa 0,12 €/kWh. Jos valaisimen hankintahinta ja asennuskustannukset ovat yhteensä 300 €, saataisiin valaisimelle alle 9 vuoden takaisinmaksuaika jos sähkön hinnan nousua ei oteta huomioon, mikä on hyvin epätoennäköistä. Motivan arvion mukaan sähkön hinta nousee noin 3 % vuodessa.

Valaisimien himmennystä varten on investoitava lisälaitteisiin, joka asennetaan katuvalaistuskeskukseen tai valaisimeen, riippuen valaisimen himmennystekniikasta. Purkauslamppujen himmennys voidaan toteuttaa katuvalaistuskeskukseen asennettavan 3-vaiheisen säästömuuntajan ja- tai valaisimiin asennettavan elektronisen lisälaitteen kanssa, jolloin himmennys on valopistekohtainen.

Säästömuuntajalla tehty himmennys pienentää käyttöjännitettä valaisimessa. Valaisimen käyttämä teho on suoraan verrannollinen jännitteen neliöön, eli jos jännitettä pudotetaan 100 W:n suurpainenatriumlampulla 230 V:sta 180 V:iin, joka on yhteensä 22 %, tällöin tehoa säästyy 11 %, jolloin nimellisteho laskee 89 W:iin.

Ongelmana purkauslamppujen himmentämisessä on, että lampun valovirran heikkeneminen on voimakkaampi kuin tehon heikkeneminen. Tämä aiheuttaa ongelmia valaistusteknisessä mitoituksessa, kun ei tiedetä valaisimen tarkkaa valovirtaa, himmennuksen

jälkeen. Himmentämisen hyvänä puolena on purkauslampun eliniän piteneminen, käyttöjännitettä pudottamalla 200 V:n lampun elinikä jopa seitsenkertaistuu. Tällä tavalla voidaan pidentää ryhmänvaihtoväliä usealla vuodella, mikä tuo suuria kustannussäästöjä.

Monimetallilampun himmennys on suoraan verrannollisia suurpainenatrium lamppuun, mutta himmentäminen voi aiheuttaa voimakkaita värilämpötilan sekä värintoiston muutoksia, tämän takia se ei ole suositeltavaa. Taulukossa 10 on esitettyä pienimmät suositellut käyttöjännitteet eri purkauslampulle.

Taulukko 10. Valonlähteiden pienin suositeltu käyttöjännite.

Valonlähde	Pienin suositeltu käyttöjännite [V]
Elohopeahöyrylamppu	200
Suurpainenatriumlamppu	180
Monimetallilamppu	180

Taulukko 11. Valonlähteiden himmentämisen antama säästö.

Suurpainenatriumlamppu Monimetallilamppu	Käyttöjännite [V]	Teho [W]	Teho [kW/v]	Kustannus [€/v]
	230	100	400	48
	200	93,5	374	44,9
	180	89	356	42,7

Säästömuuntajien hankkiminen on suhteellisen kallista, sja niiden koko on todella suuri, mikä johtaa usein koko katuvalaistuskeskuksen uusimiseen. Tämä voi johtaa useiden tuhansien eurojen lisäinvestointeihin, tämän takia säästömuuntajien asentaminen ei ole kovin yleistä katuvalaistuksessa, koska niiden aiheuttavien investointikustannusten takaisinmaksu aika on suhteellisen pitkä, mikä voidaan päätellä taulukosta 11. Suurimmat säästöt tulevat kausivaihtovälin pidentämisestä, jolloin huoltokustannukset pienenevät.

Taulukossa 11 on vertailu himmennyksellä saatu säästö eri käyttöjännitteillä, kun poltto-aika vuodessa on 4 000 h ja sähkönhinta on 0,12 €/kWh.

6.2 Vaihesammutus

Vaihesammutuksella tarkoitetaan että osa valaisimista sammutetaan kokonaan. Tämä on pienemmillä paikkakunnilla yleinen säästötoimenpide, koska se on helppo toteuttaa ja se leikkaa kolmanneksen kustannuksia ylläpidossa. Vaihesammutus on kuitenkin huonoin säästötoimenpide valoteknisesti. Tällä toimenpiteellä vain joka kolmannen valaisimen sähkönsyöttö on estetty joka voi johtaa siihen, että luminanssitasaisuus tiellä tai kadulla romahtaa olemattomaksi ja voi täten olla tien käyttäjälle haitaksi esteettisesti. Risteysalueella olevat valaisimet ovat sammutettuina, mikä voi johtaa onnettomuuteen ihmisen ylittäessä ajoväylää.

7 Porvoon keskustan valaistuksen saneeraus

Porvoon Sähköverkko on päättänyt uusia katuvalaistustaan Porvoon keskustassa, koska nykyiset valaisimet, jotka ovat käytössä toimivat elohopeahöyrylampulla, kyseisten lampujen valmistus ja myynti on kielletty koko Euroopassa huhtikuussa 2015. Valaisimien massavaihtoa on suoritettu pienissä määrin useamman vuoden aikana eri puolella valaistusverkkoa.

Vuoden 2013 syksyllä päätettiin, että keskustan valaistus tulee uudistaa seuraavaksi, tähän saneeraushankkeeseen pyrittiin hakemaan ensimmäistä kertaa investointitukea Tie- ja elinkeinoministeriöltä. Investointituen saamiseksi investoinnin tulee tuoda huomattava määrä energiansäästöä, kuitenkin niin että takaisinmaksuaika pysyy kohtuullisessa ajassa.

Keskusta-alueen saneeraus on vaativin sekä kallein, koska teräksisissä kannatinvaijeissa roikkuvat valaisimet ovat haastavia vaihtaa, koska työ joudutaan suorittamaan keskellä ajorataa liikenteen keskellä. Saneerauksen yhteydessä joudutaan vaihtamaan myös osa kannattimista sekä kiinnikkeistä, joilla vaijerit ovat kiinnitettyinä.

7.1 Suunnittelun lähtökohdat

Ennen suunnittelun aloitusta oli sovittu alue, missä LED- ja suurpainenatriumvalaistusta käytettäisiin korvaavana valonlähteenä elohopeahöyryvalaisimille. Saneeraus koski pääosin valaisimia, jotka ovat asennettuna keskelle ajoväylää vaijerilla. Uuden valaistuksen suunnittelussa tuli ottaa huomioon, onko mahdollista sijoittaa metallipylväitä teräs-vaijeri asennuksien tilalle, tietenkin vain jos tälle oli tilaa.

Porvoon keskustan torilla olevat valaisimet ja Lundinkadulla olevat valaisimet päätettiin jättää saneeraamatta toistaiseksi, koska Porvoon kaupunki on suunnitellut muuttavan katujen profiilia lähitulevaisuudessa.

Muutos koskee lähinnä ajoväylien kaventamista ja uuden katukivetyksen asentamista, jonka johdosta on mahdollista asentaa uudet maakaapelit, jalustat ja teräspylväät katuprofiilin muutoksen yhteydessä.

Porvoon pääkadun eli Mannerheiminkatu ja sen valaisimia ei myöskään vaihdeta vielä, koska lähivuosina Porvoon Sähköverkko on tekemässä keskijännite- ja pienjännitekaapeloinnin saneerausta. Tämän yhteydessä on tarkoitus asentaa uudet jalustat ja valaisinylväät koko kadun matkalta, jotta vaijeriasennuksilta päästäisiin eroon kyseisellä kadulla ja valaistusluokka AL3 ja K3 voitaisiin saavuttaa.

Kaikilla muilla kaduilla paitsi Aleksanterinkadun teräsvaijerissa olevien valopisteiden tiheyttä ei muuteta, koska tämä johtaisi todella suuriin ylimääräisiin kustannuksiin. Tämä olisi aiheuttanut käytännössä uusimaan maakaapeloinnin kokonaan. Korvaavat valaisimet mitoitettiin vanhojen valaisimien korkeuksien ja valopistevälien mukaan. Aleksanterinkadun valaistuksen kaapelointi uusittiin keväällä 2014 katukivetyksen saneerauksen yhteydessä, tällä tavalla saataisi kustannukset minimoitua.

Porvoon keskustassa olevia katuvalaisimissa ei käytetä himmennystä kellonajan tai minkään muun perusteella, jotta keskusta olisi aina mahdollisimman valoisa ja täten eloisa vuorokauden ajasta riippumatta. Mahdollinen katuvalaistuksen himmentäminen tulevaisuudessa halutaan pitää pelkästään maanteilla, asuinalueilla ja lenkkipoluilla yöaikaan, missä liikenne ja ulkona liikkuminen on vähäistä. Himmennettävälle reiteille ei ole vielä tehty minkäänlaista yleissuunnitelmaa.

7.2 Nykyiset elohopeahöyryvalaisimet

Nykyiset elohopeahöyryvalaisimet roikkuvat teräksisessä kannatinvaijerissa keskellä ajorataa noin 8 m:n korkeudessa ja valaisimien väli on keskimäärin 30 m. Valaisimet ovat valoteholtaan 250 W ja yhteensä 270 W, kun niiden kuristimien aiheuttaman häviö otetaan huomioon.

Valaisimissa ei ole heijastinta vaan näissä on käytetty pelkkää keraamista varjostinta, joka huonontaa todella paljon kyseisen valaisimen valotehokkuutta, koska valo pääsee säteilemään tasaisesti ympäri, eikä täten ole millään tavalla keskitetty ajoväylään. Valaisimen valaistusratkaisu luo täten paljon hajavaloa ympäristöön, josta suuri osa valosta leviää talojen seinille ja ikkunoihin. Saneerauksen kohteena olevia valaisimia on Porvoon keskustassa yhteensä 173 kpl.

Kuva 9. Porvoon Mannerheiminkadulla teräsvaijerissa roikkuva 250 W elohopeahöyryvalaisin.



7.3 Nykyiset energiakustannukset

Saneerattavien valaisimien 270 W elohopeahöyryvalaisimien käyttämä kokonaisteho vuodessa 4 000 h polttoajalla on 186,8 MWh, joka vastaa rahassa noin 22 400 € kun sähkön keskimääräinen hinta on 0.12 €/kWh.

Katuvalaistuksen käyttämä teho vuodessa lasketaan kaavalla

$$n \times (P1 + P2) * h = P_{tot}$$

missä n on valaisimien lukumäärä, $P1$ on lampun kuluttama teho, $P2$ kuristimen kuluttama teho ja h on polttoaika vuodessa ja P_{tot} on käytetty teho vuodessa.

Katuvalaistuksen käyttämä rahamäärä vuodessa lasketaan kaavalla:

$$P_{tot} \times 0,12\text{€/kWh}$$

7.4 Uudet valaisimet

Porvoon keskustaa valaisitiin valkoisella valolla, tässä päädyttiin nykyaikaisiin LED-valaisimiin, koska monimetallilampuilla, joilla myös saadaan aikaiseksi valkoista valoa ja hyvä värintoisto on huomattavasti huonompi polttoikä ja valotehokkuus kuin LED:llä.

Samalla varmistui, että huoltokustannukset pienenevät mm. polttimenvaihdot, joka olisi pitänyt suorittaa kolmen vuoden välein jos monimetallivalaisimia olisi alettu käyttämään LED-valaisimien sijaan, koska monimetallilampun polttoikä on noin 12 000 h mikä vastaa kolmen vuoden polttoikää 4 000 h polttoajalla vuodessa.

LED-valaisimilla valaistu alue on rajattu Mannerheiminkadun–Aleksanterinkadun–Jokikadun ja Linnankoskenkadun väliselle alueelle. Muut valaisimet, jotka sijaitsevat tämän ulkopuolella, korvattaisi suurpainenatriumvalaisimet.

Valaisimien vaihtoon tarkoitettujen suurpainenatriumvalaisimien oli jo ennalta määritelty projektiin. Valaisimet sijoituivat LED valaistun alueen ulkopuolelle mm. Porvoon Empire-kaupunginosaan. Valaisimien keveys oli äärimmäisen tärkeä, koska useissa valopisteissä kiinnitys oli tehty peltikattoon ja tai puuseinään, jonka johdosta haluttiin välttää vaurioilta tulevaisuudessa näiden rakenteisiin.

7.5 Valaistusluokka

Mannerheiminkadun ja Aleksanterinkadun ajoväylän valaistustason tavoite oli AL3-, ja kävelyteille K4-luokka. Muut kadut Porvoon keskustassa noudattivat luokkia AL4b:tä ajoväylällä sekä K4 kävelytiellä.

Valon värielämpötila tuli olla 4 000 K. Tällä värielämpötilalla saavutetaan myös parempi energiatehokkuus kuin 3 000 K, mutta värintoistoindeksi $[Ra]$ kärsii hieman, mutta on edelleen todella hyvä $[Ra > 70]$.

Taulukko 12. Katujen valaistustasot

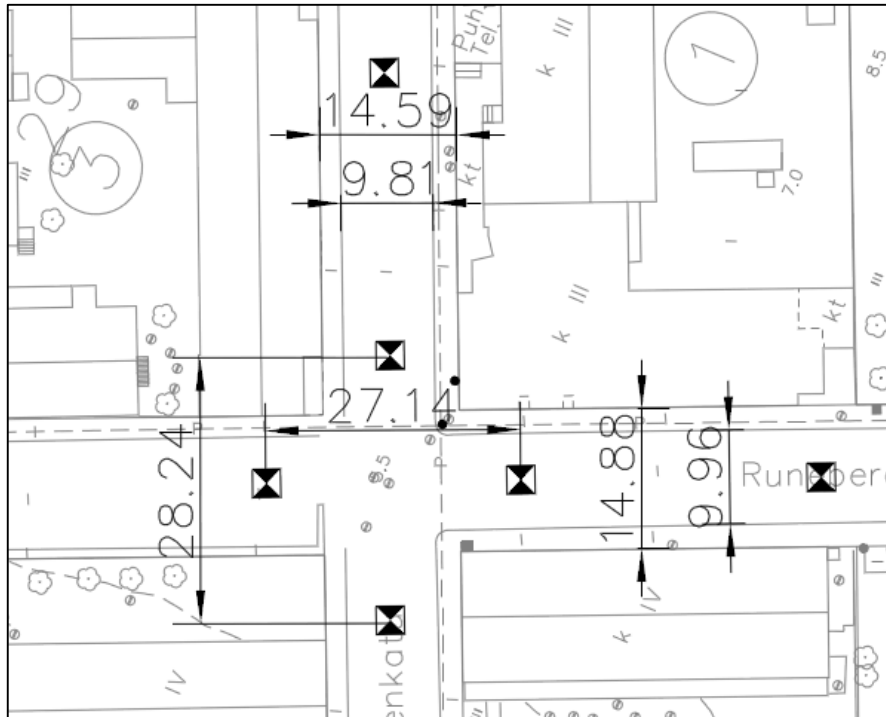
Katu	Ajoväylän valaistustaso	Jalankulkuväylän valaistustaso
Aleksanterinkatu	AL3	K4
Runeberginkatu	AL4b	K4
Piispankatu	AL4b	K4
Rauhankatu	AL4b	K4
Kaivokatu	AL4b	K4
Linnankoskenkatu	AL4b	K4
Jokikatu	AL4b	K4
Raatihuoneenkatu	AL4b	K4

7.6 Katuvalaistuksen mitoitus

Katuvalaistuksen mitoittamiseen voidaan käyttää eri valaistuksen mitoitusohjelmia, niitä ovat mm. DiALUX ja CalcuLux. DiALUX-ohjelmisto tukee kansainvälistä LDT- ja LCD-formaattia, joilla mallinnetaan valaisimen valonjakokäyrää. Tässä projektissa DiALUX:n antamia tietoja valaistuksen mitoittamiseen on käytetty hyväksi.

7.7 Alkutietojen kokoaminen

Ennen laskelmien suorittamista oli selvitettävä katujen mitat ja valaisimien välit. Porvoon Sähköverkolla on käytössään Porvoon kaupungin karttapohja, jonka päälle on piirretty koko sähköjakelu- ja katuvalaistusverkko CADS-ohjelmistolla. CADS-ohjelmiston mitatyökaluilla oli mahdollista mitata ajoväylän- ja kävelykadun pituudesta ja leveydestä sekä suuntaa antavat valaisinvälit nykyisistä valaisimista. Maastossa tehtyjä mittauksia oli myös tukena. Kuvassa 10 on suuntaa antava mitoitus CADS-ohjelmistolla Porvoon kaupungin karttapohjaa käyttäen. Kuvassa on Raatihuoneenkadun ja Runeberginkadun risteys.



Kuva 10. Mitoitusta CADs-ohjelmistolla.

Suurin osa Porvoon keskustassa olevista kaduista olivat mitoiltaan identtiset ja valopistevälit olivat samat, luukuun ottamatta Aleksanterinkatua ja Jokikatua.

Uudet kannatinvaijeriin asennettavat LED-valaisimet suunniteltiin seuraaville kaduille, joissa valaisimet sijaitsivat keskellä ajorataa kannatinvaijerissa, valopisteiden väli vaihteli 26:n ja 30 m:n välillä. Valaistuslaskennat on tehty pisimmän valopistevälin mukaan, jotta alimitoitukselta välttyisi.

Aleksanterinkadun valaistus toteutui lomittaisella pylvään sijoituksella, koska pylväiden sijoitus vastakkain ei parantanut valaistusta kävelykaduilla juuri ollenkaan, vaan nosti pelkästään ajoväylän luminanssia turhan suureksi vaaditusta, tämä olisi myös nostanut rakennuskustannuksia, koska valopisteitä olisi tullut huomattavasti enemmän.

Jokikadun valaistus toteutui kaksivartisella metallipylväällä, jossa alempana oleva valaisinvarsi valaisi kävelykatua 6 m:n korkeudelta ja ylempänä oleva valaisin 8 m:n korkeudesta ajoväylää. Taulukossa 13 on koonti kaikkien katujen mitoista.

Taulukko 13. Katujen mitat.

Kadun nimi	Ajoväylä [m]	Jalkakäytävä 1 [m]	Jalkakäytävä 2 [m]	Viherkaista 1 [m]	Viherkaista 2 [m]
Aleksanterinkatu	9,8	3,2	3,6	3	3
Runeberginkatu	10	2,5	2,5		
Piispankatu	10	2,5	2,5		
Rauhankatu	10	2,5	2,5		
Kaivokatu	10	2,5	2,5		
Linnankoskenkatu	10	2,5	2,5		
Jokikatu	12	3		2,5	
Raatihuoneenkatu	10	2,5	2,5		

7.8 Uudet valaisimet

Kannatinvaijereissa roikkuvien LED-valaisimien tarjonta oli todella suppea, usealla valaisinvalmistajalta näitä ei ollut valikoimissa. Lopuksi käytettäväksi valaisimeksi valitui AEC Illuminazione:n kannatinvaijeriin asennettavaa valaisin. Muiden valmistajien valaisimia oli kyllä myös tarjolla, mutta tähän päätökseen vaikutti suuresti valaisimen ulkonäkö, hinta, elinikä sekä valmistaja.



Kuva 11. Teräksiseen kannatinvaijeriin asennettava AEC Illuminazione Italo2 Urban TS LED-valaisin.

Taulukko 14. Italo1,2 ja Urban TS valaisimien tekniset tiedot värilämpötilan ollessa 4000K.

	Värilämpötila	Värintoisto	Elinikä	Teho	Valovirta
AEC Italo1,2 ja Urban TS	4000K	> 70	70 000 - 90 000h	15 - 133W	1540 - 13 900 lm

Aleksanterinkadun ja Jokikadun vaihdetut valaisimet vaihdetaan saman valmistajan Italo 1 & 2 valaisimiin, jotka asennetaan teräspylväsiin. Päätökseen vaikutti se että ulkonäkö olisi mahdollisen samanlainen kuin kannatinvaijerissa olevat Italo2 Urban TS valaisimet.



Kuva 12. Teräspylvääseen asennettava AEC Italo1 STW LED valaisin.

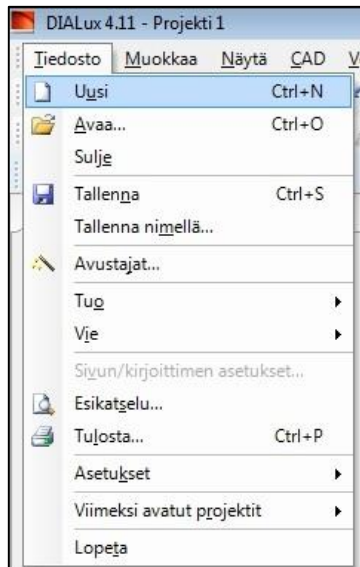
7.9 DiALUX laskenta

Kannatinvaijeriin asennettavien valaisimien valonjakokäyrien tiedostot ovat ladattavissa valmistajien kotisivuilta. Tämän jälkeen asetetaan vakiokatu ja kaksi jalankulkuväylää molemmin puolin katua ja muutetaan kadun parametreja seuraavasti

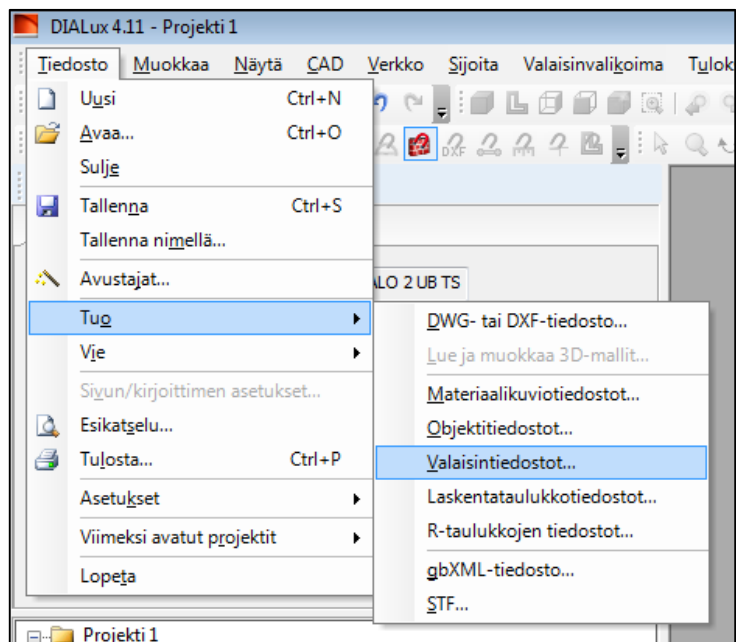
- tien leveys: 10 m
- jalankulkuväylän leveys: 2,5 m

- valopisteiden korkeus: 8 m
- valopisteen väli: 30 m
- valopisteen ulkonema tiestä: -5m, jotta valaisin asettuu keskelle ajoväylää
- huoltokertoimeksi asetetaan 0.9, tällä otetaan huomioon valaimen likaantumisesta aiheutuva valovirranalenema valaisimen eliniän aikana
- ajoväylän arviointi parametrina käytettiin ME4a:ta, joka ottaa huomioon vain kuivan päällysteen mukaan, jonka mukaan pitkäikäisyyden arvo *UI* tulee olla yli 0,5
- jalankulkuväylien arviointiparametrit muutetaan eurooppalaisesta CE 5:stä K4:ään taulukon 2 mukaiseksi. Kävelykatujen arviointiparametreista otetaan pois käytöstä puolipallosylinterivoimakkuus, koska tätä mitoitusastetta ei käytetä Tiehallinnon asettamissa valaistusluokissa kävelykaduilla.

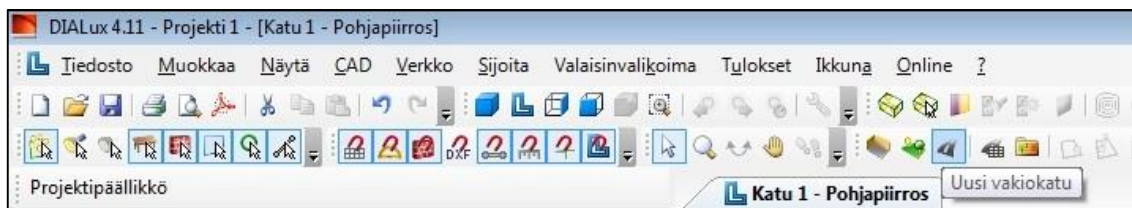
Aiemmillä esitetyillä voi mitoitaa parametreilla Porvoon Runeberginkadun, Piispankadun, Rauhankadun, Kaivokadun, Linnankoskenkadun, kannatinvaijeriin asennettavan LED-valaistuksen, koska katujen koot olivat identtiset toisiinsa nähden.



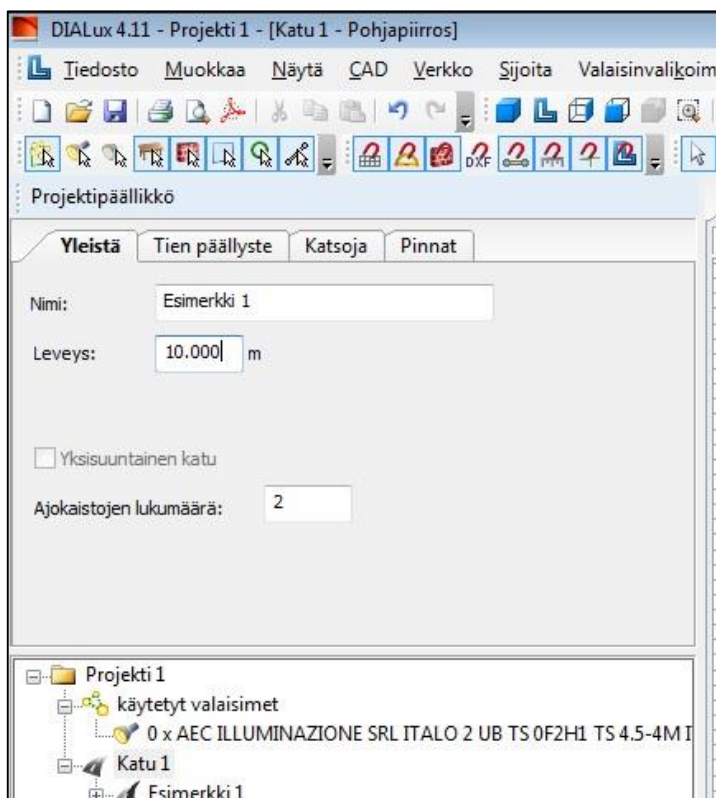
Kuva 13. Uuden projektin luonti.



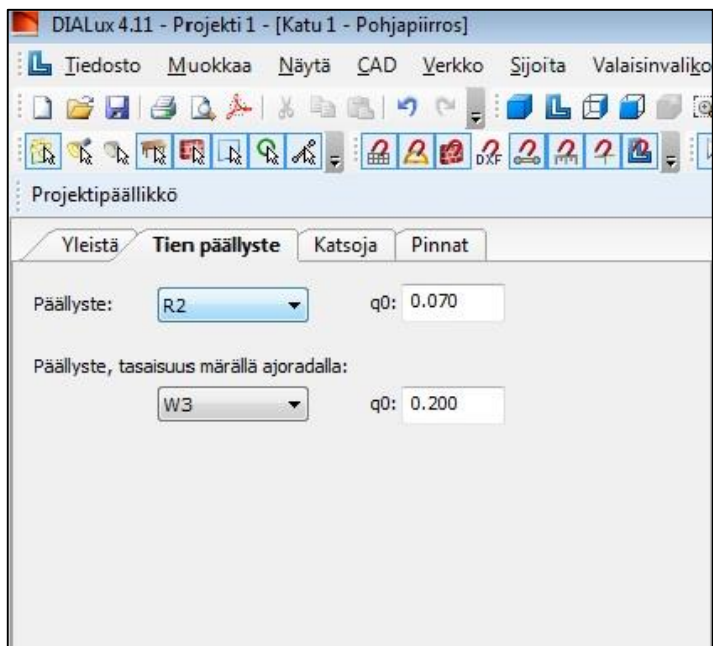
Kuva 14. Valonjakotiedoston tuonti.



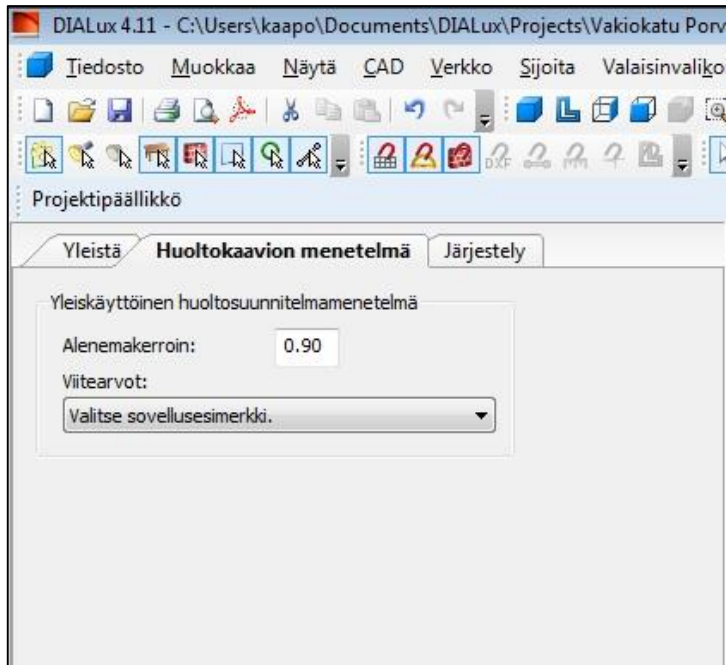
Kuva 15. Kadun luominen projektiin.



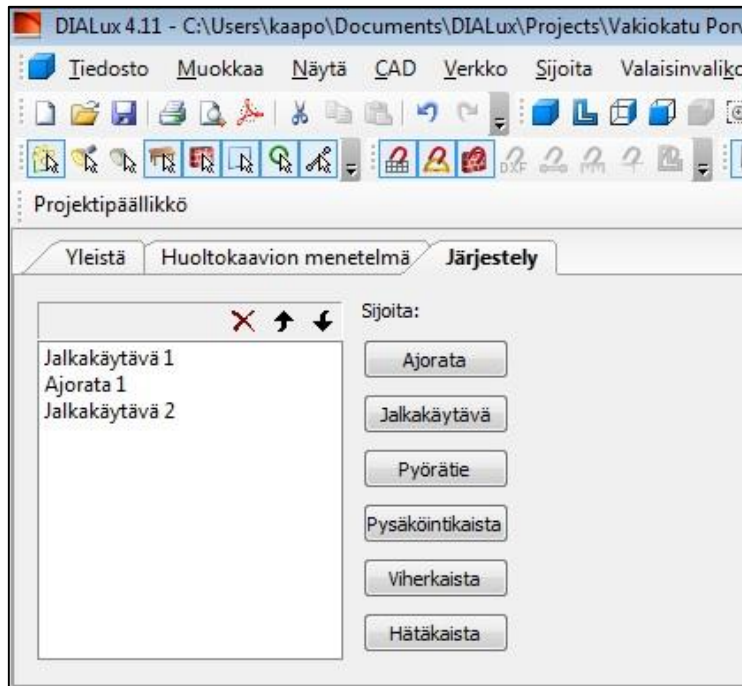
Kuva 16. Tien parametrien muuttaminen.



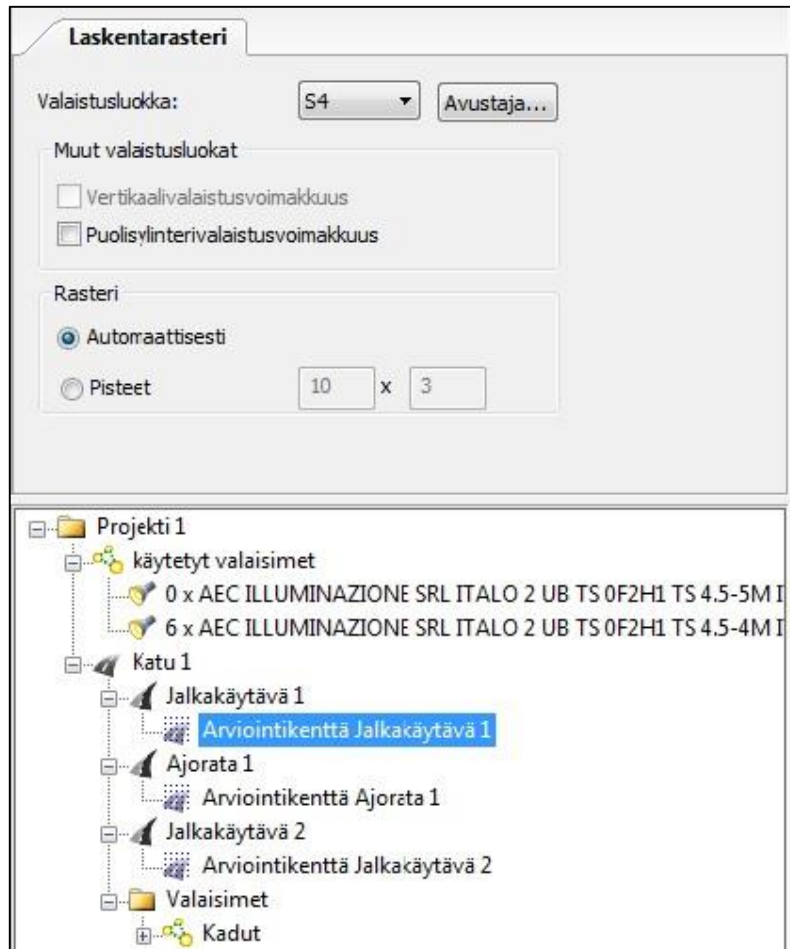
Kuva 17. Tiepinnan päällysteen asettaminen.



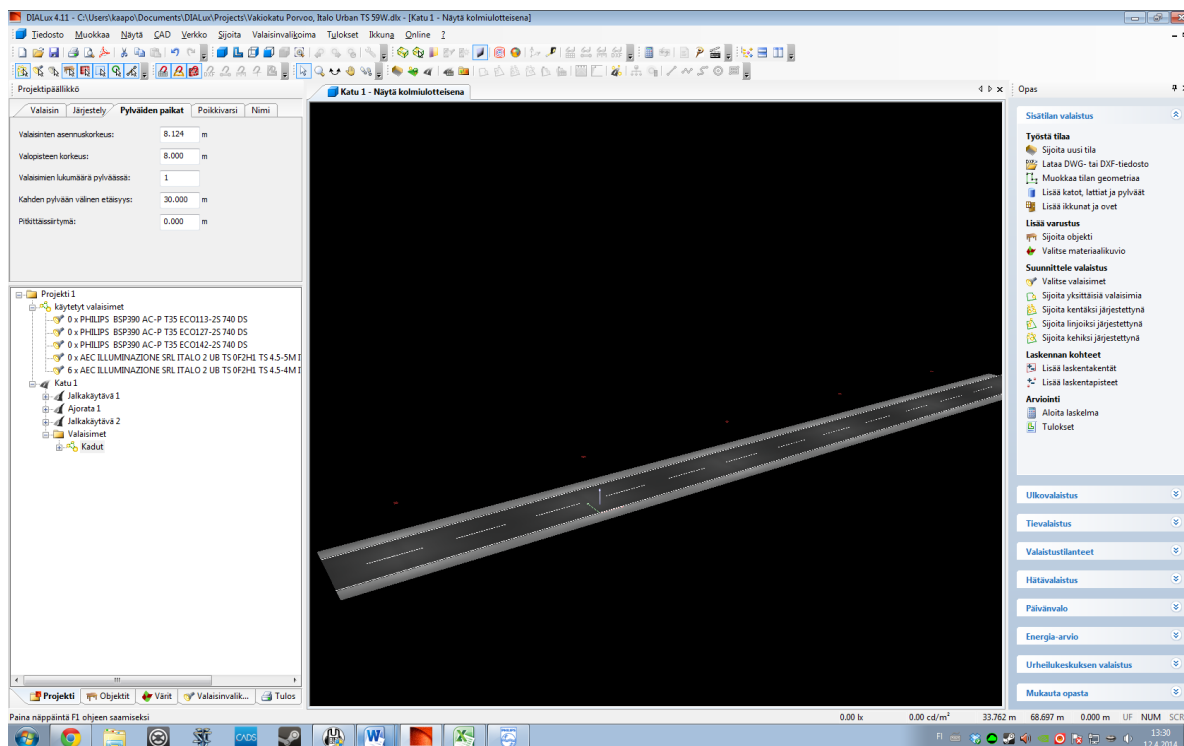
Kuva 18. Alenemakertoimen asettaminen.



Kuva 19. Jalkakäytävän lisäys ajoväylän rinnalle.



Kuva 20. Arviointikenttien muuttaminen ajoväylällä ja kävelykadulla.



Kuva 21. Katuvalaistuksen mallinnus Runeberginkadulla.

7.10 Valotekniset tulokset

Taulukko 15. Runeberginkadun, Piispankadun, Rauhankadun, Kaivokadun, Linnankoskenkadun ja Raatihuoneenkadun mitoitus tulokset kannatinvaijeriin asennettavilla AEC Italo2 Urban TS valaisimilla.

Ajoväylä								Kävelykatu	
Valaisin:	Teho [W]	Valoteho [lm]	Lm [cd/m ²]	U0 [cd/m ²]	UI [cd/m ²]	TI [%]	SR	Em [lm/m ²]	Emin [lm/m ²]
Italo2 Urban TS 4M	59	6180	0,87	0,64	0,7	7	0,5	6,95	4,42
Italo2 Urban TS 5M	75	7730	1,07	0,64	0,7	8	0,56	7,73	4,91
Philips UrbanSky	79	7053	0,58	0,67	0,68	10	0,75	6,68	4,1
Philips UrbanSky	117,6	10323	0,84	0,67	0,68	11	0,75	9,59	5,6

Taulukko 15 voi nähdä, että Italo2 Urban TS 4M valaisin on riittävä, jotta valaistusluokat AL4b ja K4 saavutetaan. Italo2 Urban TS 5M saavuttaa AL3- ja K3-luokan kun keskimääräinen luminanssi on yli 1 cd/m^2 ajoväylällä ja 7,5 lx:n valaistusvoimakkuus on ylitetty kävelykadulla.

Valaistuslaskelmissa on otettu huomioon 10 % valovirran heikkeneminen valaisimen liikaantumisen takia. Kyseisillä valaisimilla saadaan aikaiseksi todella paljon parempi luminanssin tasaisuus verrattuna, mitä AL4b-luokka vaatii, mikä voidaan verrata taulukosta 4, myös kävelykadun pieni valaistusvoimakkuus *Emin* on, jopa nelinkertainen mitä K4 luokalta vaaditaan. Eli kyseisen valmistajan valaisimet ovat todella hyvät tätä varten.

Taulukosta 14 voidaan myös havaita että Philipsin valmistamat UrbanSky valaisimet eivät pääse yhtä hyvään tulokseen, kuin AEC:n valmistamat Italo valaisimet.

Taulukko 16. Aleksanterinkadun ajoväylän valaistusmitoitus AEC Italo1 STW 4M-valaisimella.

Ajoväylä							
Valaisin:	Teho [W]	Valoteho [lm]	Lm [cd/m ²]	U0 [cd/m ²]	UI [cd/m ²]	TI [%]	SR
AEC Italo1 STW 4M	78	8090	1,45	0,65	0,68	7	0,5

Taulukko 17. Aleksanterinkadun kävelykadun valaistusmitoitus AEC Italo1 STW 4M-valaisimella.

Kävelykatu 1		Kävelykatu 2	
Em [lx]	Emin [lx]	Em [lx]	Emin [lx]
5,96	4,45	5,76	4,16

Aleksanterinkadun valaistus on ylimitoitettu ajoväylällä, jotta riittävä valaistus saataisiin aikaiseksi kävelykaduille ilman erillisiä valaisimia tätä varten. Valaistus olisi myös onnistunut paremmin, jos pylväitä olisi ollut mahdollista sijoittaa kävelyteiden ulkoreunaan, tämä asennustapa oli kuitenkin mahdoton toteuttaa, koska kävelytien vieressä oli vanhoja puutaloja joiden räystäät olisivat olleet asennuksen tiellä.

Uusien pylväiden sijoitus on 18,5 m välein lomittain molemmin puolin ajorataa. Valaisinväli 18,5 m oli sopivin kaikista, koska siihen vaikutti suuresti tien risteysvälit ja niiden leveydet. Pylväiden korkeudeksi on asetettu 8 m ja varreksi 1 m ulottuma, koska viherkaistaleella oli puu-istutuksia, jotka olisivat peittäneet valaisimia liikaa. Valaistus olisi myös ollut parempi kävelykaduilla ilman valaisinvartta, jollei varjostavia puita olisi ollut edessä.

7.11 Muutokset

Italo Urban 2 TS 4M 59 W valaisimen testikäytössä valaisin asennettiin nykyisten elohopeahöyryvalaisimien vierelle, testissä valaistuksen tehossa ei ollut suurta silmällä nähtävää muutosta vanhaan valaistukseen verrattuna. Tässä vaiheessa päädyttiin astetta voimakkaampaan valaistusluokkaan keskustan valaistuksessa, joka olisi AL3 ajoradalla

sekä K3 kävelytiellä. K3-valaistusluokka on myös Tiehallinnon suositus kaupunkien keskustoissa.

Lopulliset saneeraukseen tilattavat valaisimet olivat seuraavat:

- 58 kpl Italo Urban 2 TS 5M 75 W
- 44 kpl Italo 1 STW 4M 78 W
- 12 kpl Italo 1 STW 1M 20 W
- 57 kpl Victor Thorn 1 118 W (ennalta määritetty projektiin)

Liitteissä 1,2 ja 3 on esiteltyinä valaisimien valaisinpositiot saneerattavalla alueella. LED-valaisimet on väritetty sinisellä ja suurpainenatriumvalaisimet punaisella.

7.12 Energian käyttö ja takaisinmaksuaika

Lopullisten valaisimien yhteen laskettu energiankäyttö vuodessa on 55 MWh, kun käytetään laskennassa 4 000 h polttoaikaa, vuotuinen kustannussäästö on 113 MWh, joka on yhteensä 13 500 € rahassa kun sähkön hinta on 0,13 €/kWh. Energia ja rahallinen säästö tässä saneerauksessa on tuloksista päätellen erittäin hyvä, jopa 70 %.

Uuden valaistuksen energian käyttö on laskettu käyttäen seuraavaa kaavaa:

$$(n_1 \times (P_1 + P_2)) + (n_2 \times (P_1 + P_2)) \dots (n_x \times (P_x + P_{2x})) * 4000h = P_{tot}$$

Valaisimien yhteen laskettu hinta on 145 000 €, tähän summaan on lisätty valaisimien hankintahinta, pienmateriaalit sekä asentajien ja kulkuneuvojen vaadittu työaika, nämä ovat kuitenkin vain karkeita arvioita.

Täten valaisimien takaisinmaksuaika on yhteensä n. 11 vuotta, joka on melko nopea aika kun ottaa huomioon sen että LED-valaisimille luvattu elinikä on, jopa 70 000 h, joka vastaa 17,5 vuoden käyttöä kun valaisimien polttoaika on 4 000 h vuodessa.

Näin lyhyellä takaisinmaksuajalla ELY-keskukselta oli mahdollista hakea investointituen energiatehokkuuden parantamiseen, joka mahdollistaa yhteensä 20 % rahallisen tuen kokonaisinvestoinnille. Elohopeahöyrylamppujen saneeraukseen Porvoon Sähköverkko voi saada tukea tavanomaisen energiansäästöinvestoinnin mukaan, joka on korkeintaan 20 % kokonaisinvestoinnista. Investointituen saamiseksi tulee investoitavan kohteen takaisinmaksu aika olla alle 15 vuotta huomioiden, että elinikä on huomattavasti pidempi.

7.13 LED-valaisimien himmennys

Useat eri valaisinvalmistajat tarjoavat tänä päivänä mahdollisen himmennuksen valaisimiin ilman erillistä katuvalaistuksen ohjausyksikköä. Himmennys on mahdollinen ohjelmoida LED-valaisimien liitälaitteisiin jo tehtaalla.

AEC:n valmistamiin Italo-valaisimiin voidaan asentaa DA-optio eli automatic dimming. Tämän avulla voidaan määrittää valaisimien liitälaitteelle tehtaalla ohjelmoitu ohjelma.

Valmistajalla oli saatavilla automaattinen himmennystoiminto valaisimiin, tämä ohjelma ohjelmoitaisiin tehtaalla valaisimen liitälaitteeseen sen valmistusvaiheessa. Tämä menetelmä on halpa ja kätevä vaihtoehto, jos ei haluta investoida uusiin etäohjattaviin katuvalaistuskeskuksiin, jotka vaatisivat lisäksi vielä valaisinkohtaisen ohjausmoduulin.

Porvoon keskustan valaistukseen ei asenneta himmennystä, joten tällä optiolla ei ollut merkitystä projektia varten.

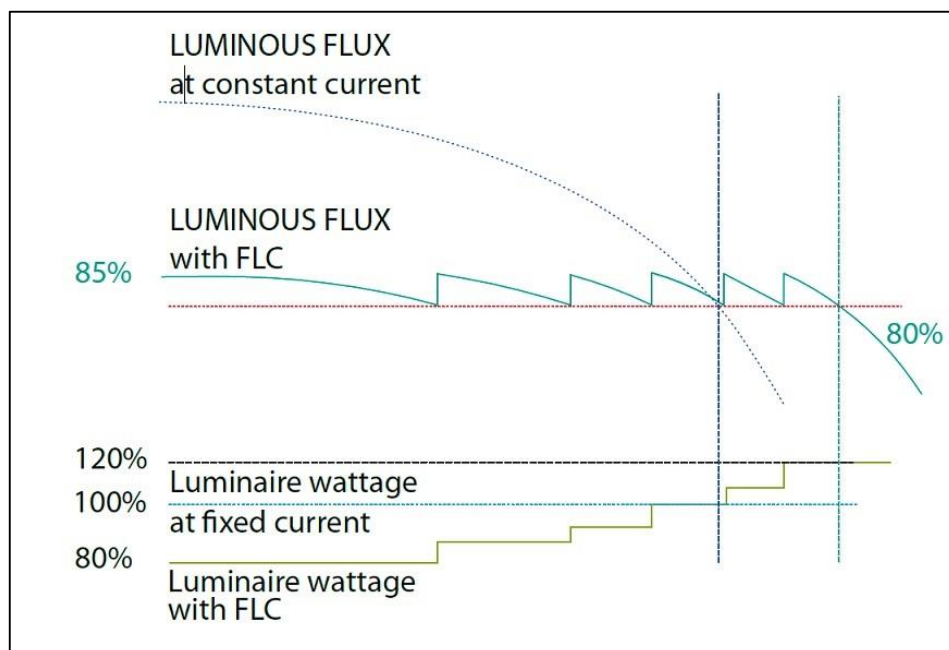
7.14 LED-valaisimet ja vakiovalovirta

LED-valaisimiin otettiin käyttöön vakiovalovirta toiminto, joka ohjelmoidaan valaisimen liitälaitteeseen jo tehtaalla. Vakiovalovirralla voidaan pienentää energiansäästöä jonkin verran, mutta tämä on laskennallisesti mahdoton toteuttaa ilman valmistajan tarkempaa dataa, jota ei ole saatavilla.

Vakiovalovirran toiminnolla varmistetaan, että valaisimesta saadaan mahdollisimman sama valovirta sen koko eliniän aikana, näin voidaan pienentää valaistuksen ylityörisen riskiä jo sen suunnitteluvaiheessa, kun ei tarvitse ottaa huomioon valovirran alenemaa valaisimen koko eliniälle. Tämä on hyvä toiminto, jolla varmistui valaisimen ylityörisuus. Käyttämällä vakiovalovirtaa sen nimellinen virta on eliniän alussa pienempi kuin normaalisti, tämä tarkoittaa myös sitä että sen käyttölämpötila on pienempi, joka pidentää LED-valaisimen elinikää.

Valaisimille asetettiin vakiovalovirta niin että tienpinnan luminanssi pysyisi vakiossa 1 cd/m^2 . Tähän arvoon pääsee pudottamalla 7 % valaisimien nimellistä tehoa alas. Eli ajan myötä valaisin nostaa itsestään nimellistehoa korkeammalle, jotta määrätty valovirta saadaan valaisimesta jatkuvasti. DiALUXilla tämän voi mallintaa asettamalla valovirran alenema kertoimeksi 0,83, jolloin laskenta ottaa huomioon 10 % likaantumisen sekä vakiovalovirran aiheuttaman aleneman.

Kuva 22. Vakiovalovirran käyttö valaisimessa.



Kuvassa 22 on esiteltyä AEC Illumazione:n vakiovalovirran vaikutus, Luminaire wattage kohdasta voidaan nähdä, että valaisimen teho sen eliniän alussa on esimerkiksi 80 % pienempi kuin vakiona. Valaisimen eliniän noustessa liitäntälaite tunnistaa valovirran

heikkenemisen ja nostaa valaisimen nimellistä tehoa arvon ylittäessä raja-arvon (luminous flux with FLC).

8 Yhteenveto ja loppusanat

Erityiset kiitokset tästä mahdollisuudesta ja tuesta haluan antaa Porvoon Sähköverkon toimitusjohtajalle Mikael Nylanderille sekä suunnittelijoille Kari Janhuselle ja Rasmus Lindqvistille.

Katuvalaistuksen laatu paranee Porvoon keskustassa hyvälle tasolle saneerauksen johdosta. Samalla yhtiö pääsee eroon nykyisistä elohopeahöyryvalaisimista, joiden markkinointi on kielletty 2015 alkaen. Saneerauksen johdosta energian käyttö laskee, mikä sopii hyvin yhtiön sekä emoyhtiön Porvoon Energian kuvaan, joka mainostaa vihreillä energiaratkaisuillaan. Saneeraus oli myös kannattava pidemmällä aikavälillä, koska energiankäytön vähenemisellä valaisimien vaihdoille saatiin takaisinmaksuaika, joka oli n. 11 vuotta. Samalla energian kulutus vähenee 113 MWh vuositasolla.

Energiantehokkuus tulee varmaan vielä paranemaan tulevaisuudessa LED-valaisimissa, joiden tekniikka paranee jatkuvasti. Energian säästöä olisi voinut saada vielä enemmän aikaiseksi tässä projektissa, jos valaisimiin olisi asennettu himmennystekniikkaa. Himmennys ei kuitenkaan olisi ollut optimaalisin ratkaisu keskustaa varten, koska tällä alueella on paljon auto-, pyörä- ja jalankulkuliikennettä. Himmennysratkaisuja kannattaa miettiä tulevaisuudessa lenkkipoluille ja taajamiin yöaikaan, kun liikkuminen ulkona on vähäistä.

Olen kiitollinen siitä, että Porvoon Sähköverkko antoi minulle mahdollisuuden tutustua katuvalaistuksen saneeraukseen ja osallistua sen valaistustekniseen suunnitteluun. Tämä oli kiinnostava ja hyvin erilainen työ, aikaisempaan kokemukseeni nähden. Opin paljon uutta tästä aiheesta, johon, en olisi muuten tutustunut sen enempää mitä koulussa tuli valaistuksen alkeista opittua.

Lähteet

- 1 Suomen valoteknillisen seuran luento: Kallasjoki Tapio, Valaistustekniikan perusteet. 8.1.2013, Helsinki
- 2 Halonen, L. & Lehtovaara, J. 1992 Valaistustekniikka. Jyväskylä: Otatieto Oy.
- 3 Sähkönjakelu ja valaistus älykkäässä rakennuksessa. SITRA älykäs rakennus projektin osaraportti, 1991.
- 4 Fagerhult. Verkkajulkaisu. <<http://fagerhult.fi/outdoor/ljusplanering/tekniskinformation/ljusikip.asp>>. Luettu 20.2.2014
- 5 DiALUX.ru. Verkkajulkaisu. <www.dialux-help.ru/man/lamp-spectrum-light-colors.html>. Luettu 22.2.2014
- 6 Osram. Verkkajulkaisu. <http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/valaisimet/ammatuuutiset/tehokas-katuvalaistus/index.jsp> Luettu 12.3.2014
- 7 Tiehallinto. Verkkajulkaisu. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf> Luettu 18.1.2014
- 8 Motiva. Verkkajulkaisu. <http://www.motiva.fi/files/2648/EuP-direktiivin_vaiikutusten_arviointi_Tie- ja_katuvalaistus_seka_toimistovalistus.pdf> Luettu 12.3.2014
- 9 Motiva. Verkkajulkaisu. <http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustointa/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus- ja_investointituet/investointituet> Luettu 12.3.2014
- 10 Suomen valoteknillisen seuran luento. Osram: Valolähteiden ominaisuudet 16.1.2013, Helsinki
- 11 Osram. Tuoteluettelo <www.osram.fi>
- 12 Suomen valoteknillisen seuran luento. SITO 12.3.2013, Helsinki

13 Vibada.com. K <<http://gallery.vibada.com/d/27249-1/Color+Temp+Chart.jpg>>

Valaisinpositiot 1

