

## Katuvalaistuksen modernisointi

Jaakko Valkama

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2012

## TIIVISTELMÄ

### KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Tekijä(t):	Jaakko Valkama
Opinnäytetyön nimi:	Katuvalaistuksen modernisointi
Sivuja (+liitteitä):	61 + 2
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää katuvalaistuksen ohjaukseen liittyviin yhteys- ja toimintaongelmiin ratkaisu tarkastelemalla markkinoilla olevia älykkäitä ohjausjärjestelmiä. Kemin kaupungin käytetyimmälle lampputyypille elohopealampulle täytyi löytää korvaava lampputyyppi ja laskea korvaamisen seurauksena syntyvät kustannukset sekä säästöt. Tavoitteena oli tehdä uusi lamppujen ryhmänvaihtosuunnitelma nykyisen, toimimattoman suunnitelman tilalle.</p> <p>Teoriaa katuvalaistuksesta hahmotetaan yleisesti. Teoriaosuudessa pohjustetaan, mikä on katuvalaistuksen tila Suomessa ja Kemissä sekä käydään läpi katuvalaistuksen komponentit, mikä auttaa tehtävän ja opinnäytetyön ymmärtämisessä. Teoriaosuudessa on kerrottu katuvalaistuksen eri lampputyypeistä.</p> <p>Opinnäytetyöhön liittyvä aineisto saatiin Kemin Energialta, ohjausjärjestelmä- ja valaisinvalmistajilta. Saatujen esitteiden ja teknisen dokumentaatioiden avulla työn vaatimukset sekä suunnittelun periaatteet pystyttiin hahmottamaan. Tiedustelut Kemin Energian sähköosaston työntekijöiltä auttoivat hahmottamaan työn vaatimuksia ja sen tarkoituksellisuutta.</p> <p>Työn lopputuloksena havaittiin että, elohopealamppujen korvaaminen energiatehokkaammalla lampputyypillä tuo merkittäviä säästöjä ja sen ohessa vähentää hiilidioksidipäästöjä. Älykkäiden ohjausjärjestelmien kohdalla päädyttiin kolmen valmistajan ohjausjärjestelmän tarkasteluun, joita vertailtiin keskenään parhaiten Kemiin soveltuvan järjestelmän valitsemiseksi. Ohjausjärjestelmiin liittyvien vaihekohtaisen sammutuksen sekä himmennuksen avulla voitaisiin saada merkittäviäkin energiasäästöjä. Lamppujen vaihtosuunnitelma suunniteltiin täysin uudestaan. Muutokset tehtiin aluejakoihin ja vaihtosuunnitelmat tehtiin lampputyypikohtaisesti, johtuen lamppujen eri polttoikästä.</p>	
Asiasanat:	katuvalaistus, ohjausjärjestelmät, valaistus, suunnittelu, lamput, taloudellisuus

## ABSTRACT

### KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

<b>Author:</b>	Jaakko Valkama
<b>Title:</b>	Modernization of Streetlighting
<b>Pages (+appendixes):</b>	61+2
<p>The aim of the thesis was to find a solution to the street lighting control system's problems by searching intelligent control systems currently at the market. Second goal was to find a new cost efficient lamp type for the currently almost exclusively used mercury vapor lamps. Calculations had to be made to see how much the investment costs are and how much savings are made by replacing the mercury vapor lamps. The third goal was to make a new lamp replacement plan to replace the current plan, which is ineffective.</p> <p>In theory part street lighting is reviewed in general. The current state of street lighting in Finland and in Kemi is explained. Also the components relating to the street lighting are viewed to help to understand what street lighting needs to operate and how it works.</p> <p>Work related material was obtained from Kemin Energia and from the lighting and control system manufacturers. The brochures and technical documentation helped to clarify the requirements and design principles of the work. Inquiries made to Kemin Energia employees helped to understand the work's requirements and goals.</p> <p>The results showed that replacing mercury vapor lamps with more energy efficient lamp type will bring significant energy savings and thus reducing carbon dioxide emissions. Three control systems made by different manufacturers were chosen for comparison to find the most suitable control system for Kemi City. While inspecting the control systems, it was found that all three systems supported lamp dimming, which would bring even more energy savings if used. A new lamp replacement plan was made replacing the current one. Plans were made for each lamp type, due to the different life expectancies of the lamps.</p>	
<b>Asiasanat:</b>	Street lighting, control systems, lightning, designing, lamps, economic efficiency

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
1 JOHDANTO .....	6
2 ORGANISAATIO .....	7
2.1 Historia .....	7
2.2 Kemin Energia tänään .....	8
3 KATUVALAISTUS .....	9
3.1 Katuvalaistus yleisesti .....	9
3.2 Katuvalaistus Kemissä .....	9
3.3 Katuvalaistukseen liittyviä käsitteitä .....	10
3.4 Katuvalaistuksen komponentit .....	11
3.5 Lamppujen vaihtosuunnitelma .....	12
3.5.1 Lamppujen ryhmänvaihto .....	12
3.5.2 Lamppujen yksittäisvaihto .....	12
3.6 Lampputyypit .....	13
4 OHJAUSJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI .....	19
4.1 Katuvalaistuksen ohjaustavat .....	19
4.2 Ohjauksen nykytilanne .....	20
4.3 Suunnittelun lähtökohdat .....	21
4.4 Ohjausjärjestelmät .....	21
4.4.1 C2-SmartLight .....	21
4.4.2 Ouman LUX .....	24
4.4.3 AUTOLog – ValoVarma .....	26
4.5 Järjestelmien tarkastelu .....	29
4.6 Nykyisten ohjauskaapelien hyödyntäminen .....	33
4.6 Ohjausjärjestelmän säästötoimet .....	33
4.6.1 Vaihekohtainen ohjaus .....	33
4.6.2 Himmennys .....	34
4.7 Modernisoinnin hyödyt .....	36
4.8 Järjestelmän laajentaminen .....	37
4.9 Päätelmät .....	37

5. KATUVALAISTUKSEN MODERNISOINTI .....	39
5.1 EUP direktiivi .....	39
5.2 Tehtävänanto ja nykytilanne .....	39
5.3 Suunnittelun lähtökohdat .....	40
5.4 Vaihdon suunnittelu .....	40
5.5 Elohopeahöyrylamppujen kartoitus .....	41
5.6 Valaisimet .....	43
5.7 Energiansäästö.....	44
5.9 Takaisinmaksuajan määrittäminen.....	47
5.9.1 Vaihtomäärän kasvattaminen .....	49
5.9.2 Investoinnin koron vaikutukset.....	50
5.10 Päätelmät.....	51
6.LAMPPUJEN VAIHTOSUUNNITELMA .....	53
6.1 Nykytilanne .....	53
6.2 Suunnitelman lähtökohdat.....	53
6.3 Suunnittelu .....	54
7 POHDINTA JA YHTEENVETO .....	57
8 LÄHDELUETTELO.....	59
LIITELUETTELO .....	61

## 1 JOHDANTO

Työn aloitus sijoittui helmikuulle 2012, kun koulun kautta annettiin mahdollisuus tehdä opinnäytetyö Kemin Energian sähköosaston puolelle. Työn tavoitteena on tehdä Kemin kaupungin katuvalaistuksen modernisointi Kemin Energian toimeksiannosta. Työn toimeksiantoon kuuluvat katuvalaistuksen ohjauksen modernisointi, elohopeahöyrylamppujen korvaus sekä katuvalaistuksen vaihtosuunnitelman teko.

Työ aloitetaan selvittämällä, minkälainen ohjausjärjestelmä tällä hetkellä on, millaisia ongelmia siinä on esiintynyt sekä mitä uudelta järjestelmältä haetaan. Tavoitteena on tutkia ja selvittää markkinoilla olevia järjestelmiä ja niiden ominaisuuksia, jotta Kemin Energia voi myöhemmin tehdä tarjouspyynnön korvaavasta katuvalaistuksen ohjausjärjestelmästä. Katuvalaistuksen liittyvien elohopeahöyrylamppujen myynnin loppuminen EU-määräysten takia pakottaa muuttamaan energiatehokkaampiin vaihtoehtoihin. Elohopeahöyrylamppujen korvauksesta syntyvät kulut ja säästöt lasketaan, jotta voidaan esittää konkreettisesti korvauksen hyödyt. Opinnäytetyön yhtenä tarkoituksena oli laskea vaihdosta syntyvien kustannusten takaisinmaksuaika. Työssä ei lähdetä tarkemmin suunnittelemaan valaisimen asennuksia, vaan yleisesti käydään katuvalaistuksen tila läpi. Lamppujen vaihtosuunnitelman osalta haluttiin tehdä uusi suunnitelma, jonka avulla saadaan lampunvaihto toteutettua nykyistä suunnitelmaa paremmin.

## 2 ORGANISAATIO

### 2.1 Historia

Kemin Energia edeltäjä Kemin Sähköosakeyhtiö perustettiin vuonna 1912 Edvard Hirmun johdolla. Sähkö tuotettiin aluksi Mansikkanokalla sijainneella Kemin Sahaosakeyhtiön höyrykoneen pyörittämästä generaattorista. (Salo-oja 2009, 1)

1930-luvulla Kemin Sähköosakeyhtiö luopui maaseutuverkoistaan. Tämän seurauksena Kemin Sähköosakeyhtiö myi Tervolan sähköverkon Tervolan kunnalle vuonna 1938. Samana vuonna verotuksellisista syistä johtuen Kemin kaupunginvaltuusto päätti ryhtyä toimiin yhtiön kunnallistamiseksi. Kemin Sähköosakeyhtiön viimeisenä toimintavuonna 1938 sähköä myytiin 814.000 kilowattituntia. (Salo-oja 2009, 1)

Vuoden 1939 alussa Kemin kaupungin sähkölaitos ryhtyi jatkamaan siitä, mihin Kemin Sähköosakeyhtiö päätti toimintansa. Sähkölaitos jatkoi maaseutuverkoista luopumista sodan jälkeen. Vuonna 1952 sähkölaitos luopui viimeisestä maaseutuverkosta myymällä Simon verkot Rantakairan Sähkö Oy:lle. Tämän jälkeen Kemin kaupungin sähkölaitos keskittyi pelkästään kemiläisten sähköasioiden hoitamiseen. (Salo-oja 2009, 1)

Vuonna 1975 Kemin kaupungin sähkölaitos aloitti kaukolämpötoiminnan, joka on kasvanut siinä määrin, että kaukolämpö on tällä hetkellä kaupungin suosituin lämmitysmuoto. Kaukolämmön myötä sähkölaitoksen nimi muutettiin vuonna 1980 Kemin kaupungin energialaitokseksi. (Salo-oja 2009, 1)

Vuonna 1999 perustettiin Kemin Energia Oy- niminen osakeyhtiö Kemin kaupungin toimesta, jolle se möi liiketoimintansa. (Salo-oja 2009, 2)

Vuonna 2001 Oulun Energia, Tornion kaupungin energialaitos, Keminmaan Energia Oy, Tervolan kunnan sähkölaitos ja Kemin Energia Oy perustivat alueellisen sähkönmyyntiyhtiön, Oulun Sähkönmyynti Oy:n, jolle ne siirsivät sähkönmyynnin asiakassuhteensa. (Salo-oja 2009, 2)

## 2.2 Kemin Energia tänään

Kemin Energia Oy:n organisaatio muodostuu kolmesta osastosta, jotka ovat lämpöosasto, sähköosasto sekä hallinto- ja talousosasto. Vuonna 2010 Kemin Energia työllisti 50 henkilöä, joista 47 oli vakituksessa työsuhteessa. Taulukossa 1 on Kemin Energian tunnusluvut. (Salo-oja 2009, 2)

Taulukko 1. Kemin Energian tunnusluvut (Salo-oja 2009, 3)

	2010	2009
<b>Sähkönsiirto GWh</b>	<b>182,3</b>	<b>177,6</b>
Sähköasiakkaita	14 977	14 948
<b>Lämmönmyynti GWh</b>	<b>172,3</b>	<b>157,0</b>
Lämpöasiakaskiinteistöjä	413	405
<b>Liikevaihto 100 €</b>	<b>15 732</b>	<b>15 000</b>
Liikevoitto €	3 096	3 031
<b>Maksuvalmius (Quick Ratio)</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>
Liikevoitto %	19,7	20,2
<b>Sijoitetun pääoman tuotto %</b>	<b>7,5</b>	<b>7,3</b>
Tase	51 6 1	51 561
<b>Omavaraisuus %</b>	<b>5,4</b>	<b>53,4</b>



### 3 KATUVALAISTUS

#### 3.1 Katuvalaistus yleisesti

Katuvalaistuksen tarkoituksena on parantaa ihmisten turvallisuutta ja viihtyvyyttä. Se pienentää liikenneonnettomuuksien riskiä pimeällä, ja ehkäisee ilkivaltaa. Katuvalaistuksen avulla voidaan myös korostaa historiallisesti merkittäviä kohteita, rakennusten julkisivuja ja taideteoksia.

Katuvalaistukselle on olemassa valaistusvaatimukset, jotka sen täytyy täyttää. Katuvalaistukselle on olemassa kolme luokkaa, joiden avulla saadaan liikenneturvallisuutta ja ympäristöä parantava vaikutus. Ensimmäinen valaistusluokka on AL-luokka, jota sovelletaan moottoriajoneuvoille teillä ja kaduilla, joiden ajonopeus on vähintään 50 km/h. Toinen valaistusluokka, AE-luokka on tarkoitettu yleisille teille konfliktialueilla, kiertoliittymissä ja mutkikkaissa tasoliittymissä sovellettavaksi. Kolmas valaistusluokka on K-luokka, joka on tarkoitettu kevyen liikenteen väylille, pysäköintialueille ja pihaille. (Tiehallinto 2007, 17-19) Katu- ja ulkoalueiden valaistukseen sovelletaan SFS-EN 13201-2:2003/EN 13201-2:2003 standardia.

Valaistusenergian osuus on koko Suomen sähköenergian kulutuksesta noin 15 % päällä ollessaan mutta kokonaisenergian kulutuksesta vain muutaman prosentin. (Nurmi 1997, 15)

#### 3.2 Katuvalaistus Kemissä

Kemissä katuvalaistuksen omistaa pääosin Kemin kaupunki. Kemin Energia vastaa katuvalaistuksen ohjauksesta ja huollosta. Kemissä on 6600 kappaletta valaisimia, joista suurin osa, noin 5000, on elohopeahöyrylampuilla varustettuja. Pääteiden valaistuksen omistaa ja hoitaa Tielaitos.

### 3.3 Katuvalaistukseen liittyviä käsitteitä

#### **Valaistusvoimakkuus**

Valaistusvoimakkuus kertoo tietylle pinnalle tulevan valovirran suhteessa pinta-alaan. Sen yksikkö on luksa (lx). (Motiva 2011, 22)

#### **Valovirta**

Valovirta kertoo lampun tuottaman valon kokonaismäärän. Sen yksikkö on lumen (lm). (Motiva 2011, 23)

#### **Valonjako**

Valonjako tarkoittaa sitä, miten valaisimen tuottama valo jakautuu ympäristöönsä. Valaisinvalmistajat ilmoittavat valaisimelle niin sanotun valonjakokäyrän. (Motiva 2011, 23)

#### **Valotehokkuus**

Valotehokkuus on lampun tuottaman valon määrä (valovirta) suhteessa kulutettuun sähkötehoon. Sen yksikkö on lm/W, eli luku kertoo lampun energiatehokkuuden. Energiatehokkuutta laskiessa täytyy ottaa huomioon myös valaisimen liitäntälaitteiden vaikutus. (Motiva 2011, 23)

#### **Väriämpötila**

Väriämpötila kertoo lampun tuottaman valon värisävyyn. Sen yksikkönä käytetään kelviniä (K). Matalat väriämpötilat (2000 K) tarkoittavat lämpivän punertavaa sävyä. Mitä korkeammaksi luku nousee, sen kylmemmän väristä valkoista valoa se on. Luvun ylittäessä 6000 K, värit alkavat olla jo selvästi sinertäviä. Neutraalin valkoinen valo on väriämpötilaltaan noin 4000 K. (Motiva 2011, 23)

#### **Värintoistoindeksi**

Värintoistoindeksi, eli Ra-indeksi, kertoo valonlähteen tuottaman valon kykyä toistaa värejä. Ra-indeksi on välillä 0-100, jossa arvo 100 vastaa täydellistä värintoistoa. Päivänvalon ja hehkulampun värintoistoindeksi on noin 100. Värintoistoindeksin ollessa

80, koetaan valo luonnolliseksi. Tätä matalammalla indeksillä valo voi tuntua epäluonnolliselta. (Motiva 2011, 23)

### **Hyötysuhde**

Valaisimien hyötysuhde tarkoittaa valaisimesta hyödyksi saatavan valon osuutta lampun tuottamasta kokonaisvalovirrasta. Optinen hyötysuhde kertoo ainoastaan valaisimesta ulos tulevan valon osuuden. Käyttöhyötysuhde sisältää lämpötilan vaikutuksen lamppujen valovirtaan. Valaistushyötysuhde ottaa huomioon optisen ja käyttöhyötysuhteen lisäksi lampun valontuoton alenemisen ja kohteesta ”ohi menevän” valon. Valaistushyötysuhteeseen vaikuttaa valaisimen asennus. (Motiva 2011, 21)

## 3.4 Katuvalaistuksen komponentit

### **Katuvalaisimen rakenne**

Katuvalaisin koostuu jalustasta, pylvästä, valaisinvarresta, valaisimesta ja lampusta. Jalustaa käytetään metallipylvään pystyttämistä varten. Puupylväälle jalustaa ei tarvita, koska sen pystytykseen tarvitaan ainoastaan riittävä upotussyvyys sekä mahdolliset tukirakenteet. Pylväässä kiinni olevaan valaisinvarteen kiinnitetään valaisin, jonka sisälle lamppu tulee. Syöttö katuvalolle tulee joko maakaapelina tai ilmajohtona. Teräspylväille tulee maakaapeli ja puupylväille maakaapeli tai ilmajohto, yleensä ilmajohto puupylväiden suunnittelu- ja asennusajankohdasta johtuen.

### **Katuvalokeskus**

Katuvalokeskuksessa sijaitsevat tarvittavat suojaukset, syötöt ja ohjaukset katuvalaistusta varten. Katuvalokeskukset voivat sijaita esimerkiksi pylvässä, maassa tai muuntamalla.

### **Katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä**

Ohjausjärjestelmän tehtävänä on syyttää katuvalaistus asetelluin parametrein. Ohjaus voidaan suorittaa esimerkiksi kellokytkimen tai hämäräkytkimen avulla. Ohjausjärjestelmä sijaitsee katuvalokeskuksella tai omassa keskuksessaan.

### **Liitälaitteet**

Lamput tarvitsevat liitälaitteen, joka muodostuu virranrajoittimesta ja mahdollisesta sytytinlaitteistosta. Purkauslamppuja, joihin elohopea-, suurpaine- sekä monimetallilamput kuuluvat, ei voida kytkeä suoraan verkkojännitteeseen, vaan ne tarvitsevat lamppuvirtaa rajoittavan liitälaitteen. (Valaistustekniikka, 289)  
Liitälaitte on yleensä sisäänrakennettuna valaisimeen. (Motiva 2011, 21)

## 3.5 Lamppujen vaihtosuunnitelma

Vaihtosuunnitelman tarkoitus on ylläpitää katuvalaistus toimintakuntoisena vaihtamalla lamput uusiin suunnitelluin väliajoin. Tällä ehkäistään liian suuri lamppujen kuolleisuus ja valotehon aleneminen. Lamppujen vaihdot suoritetaan ryhmänvaihtona tai yksittäisvaihtona.

### 3.5.1 Lamppujen ryhmänvaihto

Jottei lamppujen kuolleisuus nousisi liian suureksi, on käytössä lamppujen ryhmänvaihto. Ryhmänvaihdon aikana määritellyn alueen lamput vaihdetaan uusiin. Ryhmänvaihto on yleensä suunniteltu alueittain, ja se selkeyttää lamppujen vaihtoa huomattavasti.

### 3.5.2 Lamppujen yksittäisvaihto

Yksittäisvaihdossa vaihdetaan valaistusryhmän palaneet lamput. Lamppujen yksittäisvaihto suoritetaan sitä mukaa kun palaneista lampuista saadaan tieto. Myös ilkeiden sekä onnettomuuden jäljiltä mahdollisesti rikkoutuneet lamput vaihdetaan.

### 3.6 Lampputyypit

Markkinoilla on useita erilaisia lampputyyppejä valaistuksen erilaisiin tarpeisiin. Lampun valinta riippuu kohteen valaistusvaatimuksista sekä lampun ominaisuuksista. Katuvalaistuksessa pyritään käyttämään mahdollisimman energiatehokkaita lamppeja, kuten suurpainenatriumlamppuja. Lamppujen ominaisuudet, kuten valotehokkuus ja polttoikä, saattavat lähteistä ja valmistajista riippuen vaihdella suurestikin. Taulukossa 2 on valonlähteiden ominaisuuksia.

Taulukko 2. Valonlähteiden ominaisuudet (Tiehallinto 2006, 78)

Valonlähde	Valo- tehokkuus lm/W	Polttoikä 1000h	Värintoistoindeksi R <sub>a</sub>	Väriämpötila K
Suurpainenatrium	70-120	12-22	20-65	2000-2200
Monimetalli, keraaminen	80-95	5-12	80-95	3000-4200
Elohopea	40-55	12-16	50-60	3200-4200
Loistelamppu	60-100	11-40	80-90	2700-4000
Pistokantaloistelamppu	60-80	8-12	80-90	2700-4000
Induktiolamppu	60-80	60	80	2700-4000
LED	Useita tyyppejä, värejä ja arvoja			

#### Elohopeahöyrylamput

Elohopeahöyrylamput (kuva 1) ovat vanhin käytetty lampputyyppi. Suomessa se on käytetyin lampputyyppi tällä hetkellä. Sen valontuotto perustuu kaasupurkaukseen elohopeahöyryssä. Elohopeahöyrylamput etuna on sen matala hankintahinta, mutta sen valotehokkuus on heikko. Niiden keskimääräinen elinikä on n. 16 000 tuntia ja valotehokkuus on 40-54 lm/W. Niiden suhteellisen korkeasta eliniästä huolimatta elohopealamppujen valontuotto heikkenee huomattavasti ajan myötä. Elohopealamput tuottama väriämpötila on 3800K, jolloin sen tuottama valo on väritään aavistuksen vihertävän valkoista. Sen värintoistoindeksi R<sub>a</sub>=60, joka on hyvän alarajoilla, mutta se heikkenee iän myötä. (Oulun kaupungin Tekninen keskus, 8).



Kuva 1. Elohopeahöyrylamppu (Philips 2012, hakupäivä 5.3.2012)

### **Suurpainenatriumlamput**

Suurpainenatriumlamput (kuva 2) ovat energiatehokkaimpia valonlähteitä tällä hetkellä ja sen lisäksi niiden hankintahinta on matala. Suurpainenatriumlampun toiminta perustuu natriumhöyryssä tapahtuvaan kaasupurkaukseen. Niiden valotehokkuus on n.82-128 lm/W:n luokkaa. Suurpainenatriumlamppujen vahvuuksiin kuuluvat myös niiden korkea polttoikä, jonka vaihteluväli on normaalisti n. 20 000- 32 000 h:n välillä. Lamppujen värinöistoluokka on välttävä,  $R_a=25$ . Heikkoutena pidetään niiden värilämpötilaa, 2000K, joka on väriltään keltaoranssia ja tämän takia se ei sovi esimerkiksi kaupungin keskustaan tai asuinalueelle. Näyttäisi siltä, että suurpainenatriumlamput tulevat korvaamaan elohopeahöyrylamput lähes kokonaan. (Oulun kaupungin Tekninen keskus, 9)



Kuva 2. Suurpainenatriumlamppu (Philips 2012, hakupäivä 5.3.2012)

### **Pienpainenatriumlamput**

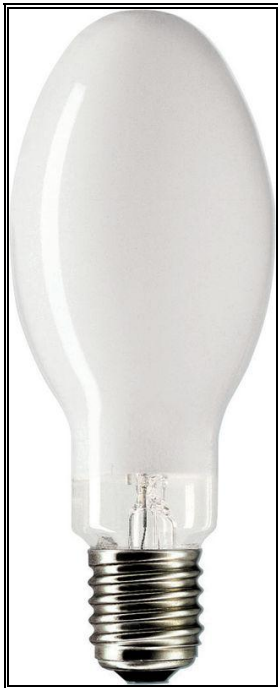
Pienpainenatriumlamput (kuva 3) ovat harvinaisin lamputyyppi. Niillä on erittäin korkea valoteho, noin 175 lm/W. Pienpainenatriumlamppujen huonoina puolina pidetään vikaherkkyttä, värintoisto-ominaisuuksia sekä niiden suurta kokoa. Pienpainenatriumlamput ovat myös huomattavasti kalliimpia kuin suurpainenatriumlamput. (Oulun kaupungin Tekninen keskus, 9)



Kuva 3. Pienpainenatriumlamppu (Philips 2012, hakupäivä 5.3.2012)

### **Monimetallilamput**

Monimetallilamput (kuva 4) toimivat lähes samalla tavalla kuten elohopealamput, kuitenkin parantaen niiden ominaisuutta käyttämällä purkausputkissa eri metalleja. Niiden valotehokkuus on noin 78-125 lm/W ja polttoaika 8 000 – 16 000 tuntia. Monimetallilamppujen värintoistoindeksi  $R_a = 85$ , mikä on paras tulos purkauslamputta. Niiden tuottama valo vaihtelee lämpimän valkoisesta (2800 K) kylmän valkoiseen (5200 K). Uudemmat keraamiset monimetallilamput säilyttävät valotehonsa ja -tuottonsa hyvin koko elinikensä ajan. (Oulun kaupungin Tekninen keskus, 9)



Kuva 4. Monimetallilamppu (Philips 2012, hakupäivä 5.3.2012)

### **Induktiolamput**

Induktiolamppujen (kuva 5) toiminta perustuu kaasupurkaukseen. Ne ovat suurikokoisia ja energiatehokkaita. Induktiolampuilla on hyvät värintoisto-ominaisuudet sekä erittäin pitkä polttoikä, esimerkiksi Helsinki-Vantaan lentoasemalla on kokemuksia jopa 100 000 polttotunnista. Niiden värielämpötila on 3000-4000K ja värintoistoindeksi  $R_a = 80$ . Valoteho on 83-93 lm/W. Induktiolamput kestävät kylmääkin säätä hyvin. Ne



tarvitsevat kokonaan oman valaisimen kokonsa vuoksi. (Oulun kaupungin Tekninen keskus, 9)



Kuva 5. Induktiolamppu (Philips 2012, hakupäivä 5.3.2012)

### **LED-lamput**

Led (kuva 6) on lyhenne englanninkielisestä sanasta Light Emitting Diode. Se on nopeimmin kehittyvä valonlähde tällä hetkellä, ja sen uskotaan saavan paikkansa katuvalaistuksessa. LEDin hyvinä puolina pidetään sen korkeaa käyttöikää sekä energiatehokkuutta. Se ovat tällä hetkellä 2-4 kertaa kalliimpia muihin purkauslamppuihin verrattuna, mutta niiden hinnan uskotaan putoavan sitä myöten kun ne yleistyvät. Niiden valoteho on noin 100 lm/W. Eri valmistajien valaisimissa on kuitenkin suuria laadullisia eroja ja monesti valonjaon tuottama häikäisy on ongelma. Ledien värintoisto, Ra=60-95 on hyvän ja erinomaisen välillä. (Oulun kaupungin Tekninen keskus, 9)



Kuva 6. LED-lamppu /(Philips 2012, hakupäivä 5.3.2012)

## 4 OHJAUSJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI

Ohjausjärjestelmä on tärkeä osa katuvalaistusta. Se on tarkoitettu valaistuksen kontrollointiin. Ohjausjärjestelmän pääperiaate on ohjata katuvalaistus päälle ja pois, asetelluin ehdoin.

Toimintaperiaate perinteisessä ohjauksessa on, että kaapelia pitkin tuodaan ohjausjännite katuvalokeskukselle, jossa sijaitsevat kontaktori tai kontaktorit sekä rele kontaktorien ohjausta varten. Rele vetää ja ohjaa kontaktorin kiinni saatuaan ohjauskäskyn, jolloin katuvalojen lähdön koskettimet sulkeutuvat ja valot syttyvät. Etäkäytöllä toimivilla ohjausjärjestelmillä toimintaperiaate on lähes sama, sillä poikkeuksella, että ohjauskäsky ei tule kaapeleita pitkin vaan langattomasti esimerkiksi GPS/GPRS verkon kautta.

### 4.1 Katuvalaistuksen ohjaustavat

Katuvalaistuksen ohjaukseen on olemassa erilaisia ohjaustapoja. Näitä sovelletaan kohteen koosta sekä tarpeesta riippuen. Ohjaustapoja on pääasiassa neljää eri vaihtoehtoa, jotka ovat paikallisohjaus, ketjuttaminen, keskitetty ohjaus sekä alykäs ohjaus.

#### **Paikallisohjaus**

Paikallisohjauksessa käytetään hyväksi valaistusvoimakkuusanturia tai hämäräkytkintä, joka ohjaa valaistuksen päälle ja pois. Paikallisohjausta käytetään yleisesti pienien alueiden ohjauksessa, kun verkkokäskyohjaus ei ole mahdollinen, esimerkiksi taloudellisista syistä.

#### **Ketjuttaminen**

Ketjutus eli vyörytys on ohjaustapa, jossa käytetään kaapeleita ohjauskäskyn kuljettamiseksi keskusten välillä. Se on yleisin ohjaustapa pienillä paikkakunnilla. Ketjuttamisen heikkoutena on vikaherkkyys ja vian kertautuminen. Vian kertautuminen

tarkoittaa sitä, että jos yhdelle keskukselle tulee vika, eivät muut sen takana olevat keskuksset saa ohjauskäskyä.

### **Keskitetty ohjaus**

Yhtenäisillä tievalaistusverkoilla ohjauksen tulee olla keskitetty, jotta ei tule tilannetta jolloin valot syttyvät ja sammuvat eri aikoihin. Keskitetty ohjaustapa on varmin tapa ohjata katuvalaistusta.

### **Älykäs ohjaus**

Niin sanottu älykäs ohjaustapa käyttää hyväksi GSM, GPRS tai radioyhteyttä. Älykkäät ohjausjärjestelmät ovat toisin sanoen logiikoita. Ohjaukset voidaan suorittaa selainpohjaisella ohjelmalla, joka näyttää esim. kulutuksen ja erilaiset hälytykset. Joidenkin valmistajien ohjausjärjestelmillä on mahdollista ohjata yksittäisiä valaisinpisteitä etäkäytöllä. Etuna muihin ohjaustapoihin on, ettei vikaherkkää ohjauskaapelointia käytetä.

## 4.2 Ohjauksen nykytilanne

Nykytilanne on, että ohjaus on toteutettu sekä hämärä- että kellokytkimellä. Ohjauskäsky lähetetään Kemin Energian tiloista, eli käsky ”vyörytetään” eteenpäin ohjauskaapeleita pitkin katuvalokeskukselta toiselle. Ongelmia on muun muassa Rytikarissa, johon johtava ohjauskaapeli on poikki. Katuvalokeskukseen on täytynyt asentaa omakohtaiset hämärä- ja kellokytkimet tai ohjaus suoritetaan etäkäytöllä. Kellokytkimen ongelmana on sen riippuvuus sähköverkon häiriöttömästä toiminnasta. Sähkökatkoksen aikana kello toiminta pysähtyy. Sähkökatkoksen jälkeen kellokytkimen kello täytyy käydä paikanpäällä asettamassa oikeaan aikaan. Ongelmia on ollut myös muilla katuvalokeskuksilla. Releiden pienen koon vuoksi saattavat ne jäädä vetäneeksi, johtuen sähkömagneettisesta kentästä. Tämä ongelma ei kuitenkaan ole yleinen vika, vaan koskee lähinnä keskijänniteverkon vieressä olevia keskuksia. Katuvalokeskukset, joissa katuvalaistuksen nykyiset ohjaukset sijaitsevat, ovat pääasiassa muuntamoilla.

### 4.3 Suunnittelun lähtökohdat

Pitkän aikavälin päätavoitteena on, että Kemissä olisi ainoastaan yksi ohjausjärjestelmä. Aluksi tarkoituksena on ottaa uusi ohjausjärjestelmä viidessä katuvalaistuskeskuksessa Kemin eteläpuolella. Kohteet ovat Ajos, Rytikari, Paavonkari, Hepola ja Pikku-Berliini, joissa on ollut ongelmia ohjauskaapeleiden katkeamisen vuoksi. Uuden ohjausjärjestelmän pitäisi pystyä hyödyntämään olemassa olevia ohjauskaapeleita, jotta ohjauskäsky saataisiin ohjattua myös alueen muille katuvalokeskuksille. Näin ohjausjärjestelmää ei tarvitsisi asentaa joka keskukseseen. Ohjausjärjestelmän pitää olla helposti laajennettavissa tulevaisuutta ajatellen, jotta yhtenäinen ohjausjärjestelmä voisi toteutua.

### 4.4 Ohjausjärjestelmät

Markkinoilla on useita erilaisia ohjausjärjestelmiä. Nykyään on tarjolla paljon etäkäyttöä suosivia GSM, GPRS/3G ja radiotaajuuksia käyttäviä ohjausjärjestelmiä, kuten C2 Smartlight, Ouman LUX sekä ValoVarma.

#### 4.4.1 C2-SmartLight

C2 on tällä hetkellä menestyneimpiä ohjausjärjestelmän toimittajia. Se tarjoaa useita vaihtoehtoa riippuen asiakkaan tarpeesta: SmartLight Alone, SmartLight Street sekä SmartLight City. Kaikkiin C2-SmartLight järjestelmiin on mahdollista saada etäyhteys. Muun muassa Oulu, Vantaa ja Rovaniemi käyttävät C2 SmartLightia valaistuksensa ohjaukseen. (SmartLight, hakupäivä 15.3.2012)

#### **SmartLight Alone**

SmartLight Alone on tarkoitettu itsenäisesti toimivaksi järjestelmäksi, jonka toiminta perustuu valoisuuden tai auringon nousu- ja laskuaikojen mukaan. Järjestelmää on myös mahdollista hallita etäkäytöllä käyttäen GPRS/3G yhteyttä, mutta se ei ole pakollista. Etäkäytön ansiosta on mahdollista muuttaa ohjaus sekä energiansäästöajankohtien parametreja, sekä saada kriittisimmät keskuskohtaiset hälytystiedot. Alone-järjestelmä ei sisällä tietojärjestelmäpalvelua. Etäyhteyttä muodostettaessa yksittäiseen

ohjausyksikköön saadaan rivipohjainen käyttöliittymä, jossa voidaan tehdä järjestelmämuutoksia ja saadaan tilannetiedot. Alone-järjestelmässä ei ole mahdollisuutta virta- tai jännitemittauksille eikä himmennykselle. (SmartLight, hakupäivä 15.3.2012)

Järjestelmään kuuluu keskusyksikkö ja sitä syöttävä virtalähdeyksikkö, antenni, virtaliitin sekä releliitin. Järjestelmässä on ainoastaan yksi ohjausrele, jolloin ei saada toteutettu erikseen ilta- ja yövalaistusta. SmartLight Alone on mahdollista laajentaa Street- tai City-järjestelmäksi. (SmartLight, hakupäivä 15.3.2012)

### **SmartLight Street**

SmartLight Street on tarkoitettu suurempien kaupunkien ulkovalaistuksen ohjaukseen. Sen avulla voidaan ohjata ja valvoa keskuksen toimintaa, lisäksi se mahdollistaa huollonseurannan. SmartLight Streetissä voi muodostaa eri käyttäjäryhmille (valvomo, pääkäyttäjät ja huolto) omat karttapohjaiset käyttöliittymät. Järjestelmä antaa tietoja keskuskohtaisesti valojen syttymisistä ja keskuskohtaisista paloajoista sekä hälyttää toimintahäiriöistä. Käyttöliittymällä tilanne- ja tapahtumatiedot esitetään pääasiassa ilman karttaesitysjärjestelmää ja trendinäyttöjä. (SmartLight, hakupäivä 15.3.2012)

Järjestelmässä on mahdollisuus tehdä keskuskohtainen himmennys. Street järjestelmässä ei ole kuitenkaan mahdollisuutta virta- tai jännitemittauksille. Ohjausreleitä voi olla yhdestä neljään kappaletta. Järjestelmää pystytään laajentamaan lisämoduuleilla kuten lisäreleillä ja se on tarvittaessa päivitettävissä SmartLight City-järjestelmäksi. (SmartLight, hakupäivä 4)

### **Smartlight City**

Smartlight City on kolmesta vaihtoehdosta kaikkein monipuolisin ominaisuuksiltaan. Sen avulla voidaan ohjata valaistusta valaisinkohtaisesti asentamalla valaisinpylvääseen pieni ohjausyksikkö, johon yhteys muodostetaan joko RF (Radio Frequency) tai PLC (Power Line Communication) avulla. Valaisinkohtaisessa ohjauksessa pystytään yksittäinen valaisinpiste ohjaamaan päälle/pois. Lisäksi siinä on mahdollista suorittaa himmennys keskuksella tai valaisinkohtaisesti sekä saada energiankulutusmittaustiedot

ja tiedot palaneista lamputa. Etäkäyttö voidaan suorittaa joko omaa karttapohjaa tai esimerkiksi Google Maps – karttaa käyttäen. City järjestelmässä on mahdollista asentaa yhdestä seitsemään relettä. (SmartLight, 2)

Valaisinkohtainen kommunikointi tapahtuu ZigBee-protokollalla automaattisesti muodostettavassa Mesh-verkossa. Radiotaajuudella toteutettu ohjaus käyttää 2,4 GHz taajuusaluetta. (SmartLight, 4)



Kuva 7. C2 SmartLight ohjausjärjestelmä (SmartLight, hakupäivä 15.3.2012)

### **Toiminta**

Alone-versiossa on ainoastaan yksi valoisuusanturi. Street- ja City- järjestelmissä on käytössä valoisuudenmittausasemat. Mittausasemat sisältävät kolme valoisuusanturia, jotka sijoitetaan eri paikkoihin. Tällä parannetaan mittausten luotettavuutta. Mittausyksiköt mittaavat valoisuutta jatkuvasti ja lähettävät mittaustiedot mittausaseman eri yksiköiden kesken. Varajärjestelmänä toimii astronomien kello sekä ohjaus viiden viimeisimmän ohjauksen mukaan. Parametrien muutos paikanpäällä onnistuu vaadittaessa tietokoneella USB-liitännän kautta. Suojauksena toimii käyttäjän varmistaminen salasanalla.

C2-järjestelmät käyttävät IP-pohjaista GPRS/3G teknologiaa tiedonsiirrossa. Käytännössä kaikki ohjausyksiköt liikennöivät palvelimen kanssa hyödyntäen GPRS/3G-dataliikennettä. C2 suositus dataliikenteelle on, että operaattorin on tuettava

kiinteitä IP-osoitteita ja Always-on-toimintaa. SMS-viestejä käytetään varmentavana tiedonsiirtoväylänä. Ohjausyksikköä on mahdollista ohjata matkapuhelimen avulla sekä saada määriteltäviin puhelinnumeroihin tiedot vikaantumisista. (SmartLight, 3)

Järjestelmän päivitys tehdään GSM-verkon kautta. Ohjausjärjestelmän suojaus ulkopuolisilta toteutetaan niin sanotulla M2M eli Machine to Machine -menetelmällä. Tällä menetelmällä ainoastaan tietystä laitteesta/numerosta pääsee muodostamaan yhteyden ohjauslaitteeseen. Järjestelmä ei vastaa ulkopuolisista laitteista tuleviin kyselyihin/käskyihin. Taulukossa 3 on Smartlight-tuotteiden tekniset ominaisuudet. (SmartLight, 2)

Taulukko 3. SmartLight tuotteiden tekniset ominaisuudet (SmartLight, 4)

<b>Ohjausratkaisun tekniset ominaisuudet</b>			
	<b>C2 SmartLight City</b>	<b>C2 SmartLight Street</b>	<b>C2 SmartLight Alone</b>
<b>Valoisuudenmittausasema</b>	Kyllä (3 anturia / asema)	Kyllä (3 anturia / asema)	Ei mittausasemaa, kytketään yksi valoisuusanturi (optio: astronominen kello)
<b>Varajärjestelmä</b>	Astronominen kello / 5 viimeisintä ohjausta	Astronominen kello / 5 viimeisintä ohjausta	Astronominen kello / 5 viimeisintä ohjausta
<b>Käyttöliittymä</b>	Räätälöitävä selainliittymä (kartta, graaf. esitys, trendit, historiatiedot)	Pelkistetty selainkäyttöliittymä	Selainkäyttöliittymä USB-portin kautta (optio: PtoP-etäyhteys)
<b>Tietoliikenne</b>	GPRS/3G/PLC/RF	GPRS/3G	Ei välttämätön, optio: GPRS/3G, PtoP-yhteys
<b>Ohjausyksikkö</b>	Kaikki ominaisuudet	Perustoiminnallisuudet	Perustoiminnallisuudet
<b>Ohjausreleitä</b>	1-7	1-4	1
<b>Kontaktorin tilatieto</b>	Kyllä	Kyllä	Kyllä
<b>Virranmittaus</b>	Kyllä	Ei	Ei
<b>Jännitteenmittaus</b>	Kyllä	Ei	Ei
<b>Himmennys</b>	Kyllä (keskuksesta & valaisinkohtainen)	Optio (keskuksessa erillinen säädin)	Ei
<b>Keskuksen oven tilatieto</b>	Kyllä	Ei	Ei
<b>Valaisinkohtainen ohjaus</b>	Kyllä	Ei	Ei

#### 4.4.2 Ouman LUX

Ouman on tunnettu automaatiojärjestelmistään ja heidän katuvalaistuksen ohjausjärjestelmänsä on Ouman LUX. Katuvalaistuksen ohjauksessa Ouman on



kuitenkin suhteellisen uusi tulokas. Heidän referenssejään ovat Utajärven sekä Vaalan kunnat.

Ouman-Lux toimii itsenäisesti, mutta on myös langattomasti toimiva järjestelmä. Etäohjaus toimii joko SMS- tai 3G-yhteyden kautta. Erona on se, että SMS on tapahtumapohjainen, ja 3G on reaali-aikainen, jolloin järjestelmää pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti. (Ouman, hakupäivä 14.4.2012)

Ohjausyksikkö on mahdollista sijoittaa joko olemassa olevaan katuvalokeskukseen tai erilliseen keskuskoteloon. Ohjausyksikössä on vakiona 6 potentiaalivapaata relettä, joita voidaan käyttää valaistusryhmien ohjaukseen. Se sisältää lämpötila-anturin kotelon lämpötilan mittausta varten. Ohjausyksiköllä on varaus sähköenergiamittarin pulssitiedolle. Järjestelmään on mahdollista liittää sähköenergiamittarin pulssitieto. (Ouman, hakupäivä 14.4.2012)

Automaattitilassa ohjausyksikkö ohjaa valaistusryhmiä valoisuusmittauksen, ja aikaohjauksen avulla siten, että valaistusryhmä ohjataan päälle, jos valoisuus on aseteltavan lux-rajain alapuolella ja aikaohjelma on päällä. Ohjausyksikölle voidaan asettaa ryhmäkohtaiset sytytys- ja sammutusrajat. Jokaiselle ohjausryhmälle voidaan määrittellä yksilöllinen aikaohjelma viikkokalenterin ja erikoispäiväkalenterin avulla. Ohjaus voidaan suorittaa poikkeuksellisesti ulkolämpötilan mukaan. (Ouman, 3)

Asetusarvot ja parametrit tallennetaan ohjausyksikköön, joten tietoliikennekatkokkien aikana ohjausyksikkö kykenee toimimaan itsenäisesti. Sytytys- ja sammutuspäätökset perustuvat tallennettuihin asetusravoihin ja aikaohjelmiin. Asetusarvot ja parametrit ovat määriteltävissä rekohtaisesti. Tietoliikennekatkoksen aikana ei asetusravojen muuttaminen ole kuitenkaan mahdollista paikallisestikään. (Ouman, 2)

Ouman LUX-ohjausjärjestelmä sisältää keskitetyn hallintajärjestelmän. Hallintajärjestelmä on täysin selainpohjainen, jolloin se ei vaadi asennettavia ohjelmia hallintalaitteisiin. Käyttöliittymä voidaan vapaasti toteuttaa esimerkiksi karttapohjaisesti. Hallintajärjestelmään voidaan tallentaa myös muuta tietoa ohjauskeskuksista, muun muassa niiden sijainnit, dokumentaatio, huoltohistoria jne. Hallintajärjestelmä on toteutettu Microsoft Silverlight Web-teknologialla, jota tukevat

kaikki yleisimmät verkkoselaimet. Hallintajärjestelmän käyttäjähallinnassa käytetään yleisesti jaottelua ylläpito-oikeudet, hallintaoikeudet, lukuoikeudet. Jokaiselle käyttäjälle voidaan luoda henkilökohtaiset käyttäjätunnukset ja salasanat. Lisäksi hallintajärjestelmään jää tapahtumaloki, josta voidaan selvittää mitä muutoksia järjestelmään on tehty. Hallintajärjestelmää pystytään tarkastelemaan matkapuhelimilla sekä PDA-laitteilla niille suunnitellun html-pohjaisen käyttöliittymän avulla. (Ouman, hakupäivä 4)

Hälytykset siirretään ohjauskeskuksista tietoliikenneverkkoa pitkin hallintajärjestelmään. Hälytyksiä voidaan saada esimerkiksi mittalaitteivioista, tiedonsiirtoyhteysongelmista ja kun ohjauskeskus on vikaantunut. Hälytykset tallentuvat hallintajärjestelmään ja ne välitetään eteenpäin SMS – tekstiviestinä ja sähköpostina. Hälytysten saanti voidaan muokata päivystäjien ja päivystysryhmien mukaisesti. Hälytyksiä voidaan valvoa ja kuitata hallintajärjestelmästä kotoilta tai keskuskohtaisilta hälytyslistoilta. Hallintajärjestelmän avulla voidaan muokata hälytysten asetusarvoja. (Ouman, 4)

SMS-liikenteessä käytetään varmenteena keskuskohtaista laitetunnusta ja huoltokoodia. Tietoliikenne 2G-verkossa on salattu. Ohjausjärjestelmän sovelluksen päivitys tapahtuu SMS-viestin avulla. (Ouman, 5)

#### 4.4.3 AUTOLog – ValoVarma

ValoVarma katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä on FF-Automation Oy:n tuottama tuote. Se on GSM/GPRS verkon kautta ohjattava järjestelmä, joka toimii myös itsenäisesti. Järjestelmää saa kahta eri versiota, pienempi GSM-4-järjestelmä sekä suurempi GSM-16-järjestelmä. GSM-4 on 2 relettä ohjausta varten. GSM-16 sisältää mittarit jännite ja virran mittausta varten sekä 4 relettä ohjaukseen. GSM-16 vaatii hieman suuremman tilan kuin GSM-4-järjestelmä. FF-Automation toimittaa myös valmiita katuvalokeskuksia jotka sisältävät ohjausjärjestelmät valmiiksi asennettuina. (FF-Automation, hakupäivä 12.4.2012)

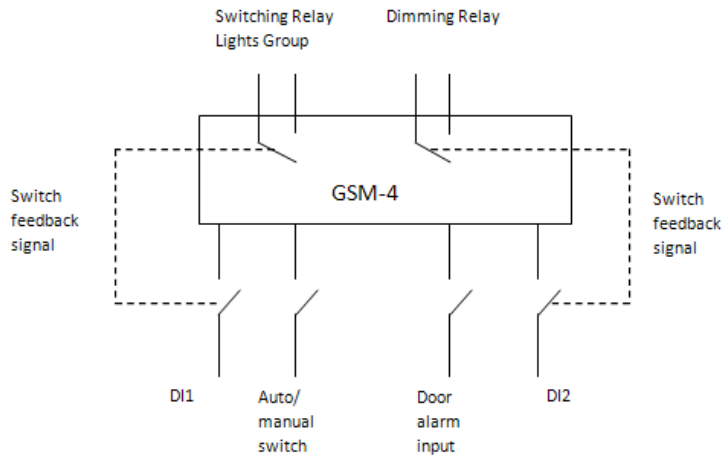
Katuvalokeskuksiin asennetaan ohjausyksiköt, jotka ohjaavat valaistusta sekä keräävät mittaus- ja vikatietoja. Ohjausyksiköt ovat GSM puhelinverkon kautta yhteydessä toimittajan ylläpitämään keskusjärjestelmään, jota käytetään Internetin kautta.

Esimerkiksi huoltohenkilöstö pystyy vastaavasti käyttämään ohjausyksiköitä omien GSM puhelimiensa kautta nopeuttaen mm. vian selvitystä. Uudemmissa puhelimissa voidaan käyttää tietokoneen tapaan valvomonäkymää. Tätä varten puhelimesta täytyy olla Flash tuki. Vanhemmissa GSM-puhelimissa voidaan vastaanottaa SMS hälytyksiä, työmääräyksiä sekä mittausraportteja, sekä suorittaa esimerkiksi ohjauksia, asetusrvojen muutoksia ja kuittauksia. (FF-Automation, 6)

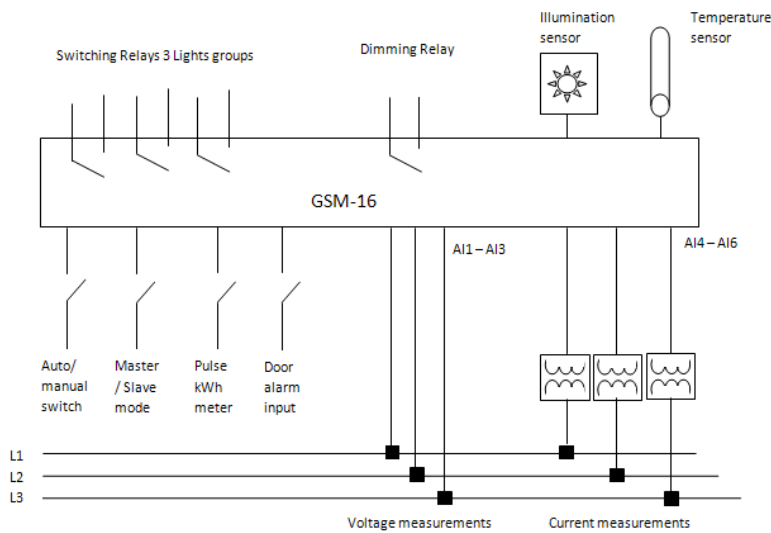
Internet selaimen kautta näkyvät valaistuskohdeet kartalla, jossa väri-informaation avulla havainnollistetaan tilanne. Karttana toimii Google Maps. Samalla käyttöliittymällä määritellään, kuinka katuvalojen tulee toimia. Tieto valaistusjärjestelmän ongelmista, kuten palaneista lamputa tai sulakkeista välitetään haluttuihin matkapuhelimiin tai sähköpostiviesteinä. Viat voidaan ohjata automaattisesti huollon työmääräyksiä tai voit itse tehdä vapaamuotoisen työmääräyksen huoltohenkilöstölle. Selaimelta pystyy halutessaan sekä seuraamaan vikatilanteita että korjauksien etenemistä. Tilannenäkymät muodostetaan käyttäjäroolien mukaisesti eli esimerkiksi järjestelmän omistajalle annetaan hallintaoikeudet ja huollolle vian seuranta-mahdollisuus. Myös kaiken valaistukseen liittyvän dokumentaation voit tallentaa järjestelmään sähköisessä muodossa. (FF-Automation, hakupäivä 12.4.2012)

GSM-16-yksikkö pystyy mittamaan jokaisen vaiheen virran ja jännitteen. Järjestelmä havaitsee palaneet lamput käyttäen erityistä algoritmia, joka havaitsee virtojen ja jännitteiden muutoksen. Lamppujen on mahdollista himmentää joko käyttämällä omaa jännitemuuntajaa tai hankkimalla FF-automationilta. (FF-Automation, 10)

Ohjausyksikkö voi toimia joko master tai slave tilassa. Ainoastaan GSM-16-yksikkö voi toimia master-tilassa. Master-tilassa oleva ohjausyksikkö lähettää slave-ohjausyksiköille komennon, milloin sytyttää ja sammuttaa katuvalaistus. Master-yksiköitä ei tarvitse olla kuin muutama. Valoisuusantureita ei tarvitse asentaa muihin kuin Master-yksiköille. Kuvassa 8 on GSM-4 kytkentäkuva ja kuvassa 9 GSM-16 kytkentäkuva (FF-Automation, 14)



Kuva 8. GSM-4 kytkentäkuva (FF-Automation, 11)



Kuva 9. GSM-16 kytkentäkuva (FF-Automation, 10)

Ala-asemien ja valvomopalvelimen välinen tiedonsiirto hyödyntää langatonta GSM/GPRS verkkoa. Langaton GPRS tiedonsiirto siirtyy puhelinoperaattorin keskuksesta laajakaistaisemman Internet verkon kautta keskusvalvomolle. Suurin osa tiedonsiirrosta on tyypillisesti GPRS paketteina lähetettävää koodattua mittaustietoa. GSM/SMS viesteinä kulkevat hälytykset, kuittaukset, ohjaukset, raporttipyyntö ja raportit. Järjestelmässä voidaan hyödyntää myös ilmaisia soitto-ohjauksia. Käyttöliittymä sekä ohjausjärjestelmä voidaan päivittää etäkäytöllä. (FF-Automation, hakupäivä 12.4.2012)

Turvallisuus on hoidettu siten, että ohjausjärjestelmä hyväksyy ainoastaan sallituista puhelinnumeroista tulevat pyynnöt. Logiikkaa ohjattaessa ja ohjelmoitaessa täytyy syöttää

salasana. Valvomosta käsin täytyy varmistautua käyttäjätunnuksen sekä salasanan avulla.

Taulukko 4. GSM-16 ja GSM-4 - tulot ja lähdöt

	Relelähdöt	Analogiset lähdöt	Digitaaliset sisääntulot
GSM-4	2	0	4
GSM-16	4	8	4

Analogisiin tuloihin liitetään jännite- ja virtamittarit. Niihin voidaan kytkeä myös valoisuus ja lämpötila-anturit tarvittaessa. Digitaalilähtöihin voidaan kytkeä esimerkiksi keskuksen ovenavaustunnistin sekä ohjausjärjestelmän automaatti/manuaali-ohjauskytkin. Taulukoon 4 on merkitty GSM-16 ja GSM-4 tulosten ja lähtöjen erot (FF-Automation, 1-2)

Periaatteessa GSM-4-yksiköllä on mahdollisuus himmennykseen, mutta tällöin voisi olla ainoastaan yksi valaistusryhmä käytössä. Tämä tarkoittaisi sitä, että valojen täytyisi olla joko päällä tai pois päältä, jolloin ei voitaisi tehdä vaihekohtaisia sammutuksia yöaikoina.

#### 4.5 Järjestelmien tarkastelu

Eroavaisuuksien saamiseksi esiin, täytyy ohjausjärjestelmiä tarkastella ja vertailla. Kaikki tutkittavat ohjausjärjestelmät ovat tarkoitettu etäyhteydellä toimiviksi. Järjestelmien toiminta ei ole kuitenkaan riippuvainen jatkuvasta yhteydestä. Tietoliikenne katkoksen varalle niillä on omat varajärjestelmänsä, jonka pohjalta ohjaus tehdään.

FF-Automationin Autolog ValoVarmalla sekä C2-SmartLight ovat toimittaneet valaistuksenohjausjärjestelmiään useaan isoon ja pieneen kuntaan. Ouman Lux on melko uusi järjestelmä, joten heillä ei referenssikohteita ole kuin kaksi. FF-Automation on aikaisemmin toimittanut järjestelmänsä C2-SmartLightille, mutta nykyään C2-

SmartLight kehittää aivan omaa ohjausjärjestelmäänsä. Tämän takia he ilmoittavat referensseikseen samoja kohteita.

ValoVarma, C2-SmartLight sekä Ouman LUX tarjoavat järjestelmiinsä himmennysmahdollisuutta. Heidän järjestelmillään pystytään himmentämään keskuskohtaisesti. Ainoastaan C2-SmartLight City- järjestelmä tarjoaa mahdollisuutta ohjata ja himmentää valaisinkohtaisesti.

Käyttöliittymät ovat kaikissa järjestelmissä selainpohjaisia. Tällöin asiakkaan ei tarvitse huolehtia ja asentaa erillistä hallintaohjelmaa laitteelleen. Ohjausjärjestelmien hallinta ja seuranta voidaan suorittaa matkapuhelimen tai PDA-laitteiden avulla. Ouman ja FF-Automation ovat kehittäneet matkapuhelimille ja PDA-laitteille oman hallintaohjelmansa, jotta huolto ja seuranta voitaisiin tehdä myös muualla kuin valvomosta käsin. Hallintajärjestelmän ominaisuudet ovat riippumattomat hankittavasta ohjausjärjestelmästä lukuun ottamatta SmartLightin järjestelmää.

Kaikki ohjausjärjestelmien valmistajat veloittavat jokaisen ohjausyksikön etäkäytöstä kiinteää kuukausimaksua. Ohjausyksikön kuukausimaksun päälle tulevat vielä operaattorin SIM-kortista aiheutuvat kuukausikulut. Poikkeuksena on C2-SmartLight, joka toimittaa DNA:n SIM-kortin ohjausyksikön mukana. Kuukausimaksuja perustellaan sillä, ettei asiakkaan tarvitse investoida itse omaan serveriin, vaan valmistajat itse ylläpitävät sekä päivittävät serverin. Etäyhteyttä varten vaaditaan SIM-kortti puhelinoperaattorilta jokaista ohjausyksikköä varten.

Katuvalokeskuksella tarvitaan tilaa, jotta ohjausyksikkö saadaan asennettua. Ohjausjärjestelmien valmistajat tarjoavat myös valmiita keskuksia ohjausyksiköilleen. FF-Automationilla oli tarjota laajin valikoima erilaisia keskuksia. C2-SmartLight on vasta aloittanut valmiiden keskusten tarjoamisen

Taulukko 5. Ohjausjärjestelmien vaatima tila

Järjestelmä	Vaadittu tila keskuksella (mm)
SmartLight Alone	L97,5xK100xS120
SmartLight Street	L131,5xK100xS120
Smartlight City	L165,5xK100xS120
Ouman LUX	L300xK220xS120
Autolog ValoVarma GSM-4	L160xK125xS65
Autolog ValoVarma GSM-16	L220xK125xS65

Taulukkoon 5 on merkitty eri järjestelmien vaatimat tilat keskuksilla asennusta varten. SmartLightin ja ValoVarman vaatimat tilat ovat melko kompakteja. Ouman Luxin suuri koko voi aiheuttaa ongelmia joissain keskuksissa. Ohjausyksikkö jouduttaisiin tällöin asentamaan omaan koteloonsa, joka puolestaan kasvattaa kustannuksia.

SmartLight järjestelmistä vartenotettavin vaihtoehto on Street-järjestelmä. Alone on liian karsittu, ja tällä hetkellä Kemissä käytössä oleva vaihekohtainen sammuttaminen ei olisi järjestelmällä mahdollista. City-järjestelmässä on tämän hetkisen tilanteen huomioon ottaen tarpeettomia ominaisuuksia. Suurin ero City ja Street vaihtoehdoilla on, että City-järjestelmässä valojen ohjaus voidaan suorittaa valaisinkohtaisesti. Valaisinkohtainen ohjaus on mielenkiintoinen, mutta erittäin kallis toteuttaa, koska jokaiselle valaisimelle olisi asennetta oma ohjausyksikkönsä. SmartLightin kuukausimaksut ovat edullisimmat vertailtavista järjestelmän valmistajista.

Ouman LUX vaikuttaa järkevältä ratkaisulta ohjausjärjestelmäksi. Siinä on kaikki tarpeelliset ominaisuudet liittyen valaistuksen ohjaukseen.. Sen heikkoutena on ohjausyksikön suuri koko, jonka takia se ei välttämättä sovellu jokaiseen katuvalokeskukseen. Ouman LUXin kuukausittainen käyttömaksu oli myös suurin vertailtavista järjestelmistä.

FF-Automationin ValoVarma on monipuolinen ohjausjärjestelmä. Hallintajärjestelmä on ominaisuuksiltaan lähellä Ouman LUX-järjestelmää. ValoVarman hallintajärjestelmä tukee myös matkapuhelimen ja PDA:n käyttöä. Järjestelmän käyttöönotto vaatii ainakin yhden master-tilassa olevan GSM-16 yksikön käyttämisestä. GSM-4 yksikkö on edullisin kaikista vertailtavista järjestelmistä. GSM-4 yksikössä on mahdollista suorittaa

himmennys, mutta tällöin ei saada tehtyä vaihekohtaisia sammutuksia. Se ei myöskään tue virta- ja jännitemittausta. Virta- ja jännitemittausten avulla ohjausyksikkö pystyy päättämään palaneet lamput. FF-Automationin järjestelmät olivat vertailluista järjestelmistä halvimmat. Taulukossa 6 on esitty järjestelmien hinnat sekä pilottihankkeen hinta.

Taulukko 6. Järjestelmien hinnat ja pilottihankkeen hinta

Järjestelmä	Yksikön Hinta	Pilottihankkeen hinta	Kuukausimaksut viideltä yksiköltä
SmartLight Street	700-800 €	3500-4000 €	40 €
Ouman LUX	400-600 €	2000-3000 €	n. 70-80 €
Autolog – ValoVarma	GSM-4 350€ GSM-16 550€	1950 €	n. 50-60 €

Pilottihanke tarkoittaa tässä Kemin eteläpuolella olevia ohjauksen kannalta ongelmallisia katuvalokeskuksia, joihin uudet ohjausyksiköt tulnaisiin asentamaan. Ohjausyksiköitä tulisi tällöin 5 kappaletta. Taulukon 6 hinnat sisältävät ainoastaan ohjausjärjestelmät varusteineen, mutta eivät asennustakustannuksia. ValoVarman pilottihankkeen hinnassa on oletettu, että yksi järjestelmä on GSM-16-yksikkö, joka toimii master-tilassa ja muut ohjausyksiköt ovat GSM-4-ohjausyksiköitä. Taulukkoon 7 on laskettu ohjausjärjestelmien käyttö- ja hankintakustannukset eri aikaväleillä.

Taulukko 7. Pilottihankkeen käyttökustannukset eri aikaväleillä

Järjestelmä	SmartLight Street	Ouman LUX	FF-Automation ValoVarma
1. VUOSI	480€	840-960€	600-720€
2. VUOSI	960€	1680-1920€	1200-1440€
5. VUOSI	2400€	4200-4800€	3000-3600€
10. VUOSI	4800€	8400-9600€	6000-7200€
15. VUOSI	7200€	12600-14400€	9000-10800€
20. VUOSI	9600€	16800-19200€	12000-14400€

Pitkän aikavälin kustannuksia vertailtaessa nähdään, että SmartLight Street- järjestelmä tulee olemaan halvin vaihtoehto. Vaikka SmartLight Street- järjestelmä on kallein



hankkimiskustannuksiltaan, tulee se halvemmaksi vaihtoehdoksi kuin Ouman LUX mahdollisesti jo 5 vuoden päästä. ValoVarman ja SmartLightin kustannukset ovat 15 vuoden kohdalla saman suuruiset. Tämän jälkeen SmartLight-järjestelmä tulee halvemmaksi kustannuksiltaan.

#### 4.6 Nykyisten ohjauskaapelien hyödyntäminen

Järjestelmää hankittaessa olisi sen hyvä pystyä hyödyntämään olemassa olevia ohjauskaapeleita, jotta ohjauskäsky saataisiin vietyä muille katuvalokeskuksille. Mikään järjestelmätoimittaja ei suoranaisesti tue tätä mahdollisuutta, koska järjestelmät on suunniteltu ainoastaan yhden katuvalokeskuksen valojen ohjaukseen. Nykyisissä ohjauskaapeleissa on vähintään kaksi vaihetta, jotka on varattu ilta- ja yöohjaukselle.

Ohjaus voitaisiin ottaa ohjausjärjestelmän katuvalaistusta ohjaavilta releiltä. Iltaohjaus otettaisiin yönajaksi sammutettavan vaiheen releeltä ja yöohjaus koko asetteluajan päällä olevan vaiheen ohjausreleen kautta.

#### 4.6 Ohjausjärjestelmän säästötoimet

##### 4.6.1 Vaihekohtainen ohjaus

Iltavalaistus on toteutettu siten, että yksi vaihe sammutetaan yöajaksi. Tällä säästetään energiaa, mutta tällöin kahden muun vaiheen alaiset lamput palavat lyhyempään verrattuna iltaohjauksen alaisiin lamppuihin. Ryhmävaihdon aikana vielä käyttökunnossa olevat iltaohjauksen alaiset lamput vaihdetaan uusiin. Tämä voitaisiin välttää vuorottelemalla sammutettavaa vaihetta, joka pidentäisi normaalisti päällä olevien vuorottelemattomien lamppujen ikää n.600 tunnilla. Vaihekohtaisen vuorottelun ansiosta säästöjä syntyisi mm. lampunhankinta- ja työkuiluissa. Tämä kuitenkin aiheuttaisi ongelmia risteyksien valaisemiseen. Risteyksien valaiseminen on tärkeää liikenneturvallisuuden kannalta. Nykyisellä järjestelmällä risteyksien valaistus on sellaisen vaiheen takana, joka on päällä myös yöaikaan.

#### 4.6.2 Himmennys

Himmennyksen avulla voidaan säästää energiaa valaistuksessa. Se voidaan toteuttaa joko jännitteen muutoksella eli käytännössä muuntajalla tai valaisinkohtaisesti esimerkiksi releellä. Oikein tehty himmennys ei heikennä liikenneturvallisuutta ja tuo säästöjä energiankulutuksen pienenemisen kautta. Himmennys myös pidentää lamppujen elinikää. Jos 230 V:n jännitteellä elinikä on 100%, on se 200 V:lla 700%, eli himmennyksen avulla voidaan jopa seitsenkertaistaa lampun elinikä (Halonen, Lehtovaara 1992, 316). Purkauslamppuilla himmennys täytyy suorittaa hitaasti. Monimetallilampun himmennystä ei suositella, koska himmennettäessä sen väri muuttuu voimakkaasti (Halonen 1992, 317). Taulukossa 8 näkyy eri lampputyyppeiden alhaisimmat suositeltavat jännitteet.

Taulukko 8. Suositeltavat säästöjännitteet (GE-Lighting, 6)

Valonlähde	Pienin jännite
Suurpainenatrium	180
Monimetalli	180
Pienpainenatrium	190
Loisteputket	190
Elohopea	200
Keraaminen monimetalli	205
Sekalaiset lamput	205

Jännitteen pudottaminen 230 V:sta 190 V:iin 150 W lampulla pudottaa tehoja 50 W. Tehon putoaminen on verrannollinen jännitteen alenemisen neliöön. Esimerkkitapauksessa jännite putoaa n. 17 % ja teho putoaa tällöin 32 %. Jännitesäädön ansiosta myös komponenttien lämpötila laskee, jonka vuoksi resistanssi nousee. Tämä taas rajoittaa virran kulkua, jolloin saatavat energiansäästöt suurenevat. Valovirta putoaa kuitenkin suhteellisesti enemmän verrattuna tehon alenemiseen. Suurpainenatriumlampulla tehon ollessa 80 % täydestä tehosta putoaa valoteho noin 70 %:iin. Elohopeahöyrylampuilla 80 % tehonpudotus ei vaikuta sen valotehoon yhtä suuresti kuin suurpainenatriumlamppuun. Sen valoteho laskee noin 75 %.

Monimetallilampun valovirran muutos suhteessa tehon muutokseen on lähes samanlainen kuin suurpainenatriumlampulla. (Halonen 1992, 315)

Tällä hetkellä säästömuuntajia on Kemissä vain muutamalla katuvalokeskuksella. Yksi säästömuuntaja löytyy esimerkiksi Karjalahdelta (Kuva 11). Säästömuuntajia ei ole hankittu niiden suuren kokonsa ja korkean hintansa takia.



Kuva 11. Säästömuuntajat katuvalokeskuksessa Karjalahdella

#### 4.7 Modernisoinnin hyödyt

Katuvalaistuksen ohjausjärjestelmäksi tarjotaan oikeastaan vain langattomasti toimivia järjestelmiä ja periaatteessa toisella ohjaustavalla toteutettu järjestelmä ei ole järkevää. Ohjauskaapeleita käytäviä järjestelmiä tällä hetkellä ei näkyvästi markkinoida. Tämä johtuu etäkäytön helppoudesta sekä ohjauskaapelien käytön kalleudesta. Kaapelivian korjaaminen voi maksaa toineen ja materiaaleineen jopa 1000 €, kun uuden langattoman järjestelmän hankkiminen kustantaa alle tuhat euroa.

Uuden ohjausjärjestelmän avulla päästään pitkällä aikavälillä nykyisistä ohjauskaapeleista eroon. Kaapeleiden vikaantuessa vian etsintä ja korjaus materiaaleineen ja töineen tulevat kalliiksi. Kellokytkimien aikojen korjaaminenkin tuottaa kuluja. Langattomasti toimivan ohjauksen ansiosta nämä ongelmat poistuvat.

Älykkäät ohjausjärjestelmät on suunniteltu siten, että tietoliikennekatkosten aikana ne muistavat edellisen päivän asetukset ja toteuttavat ohjauksen niiden arvojen perusteella, taikka niillä on niin kutsuttu sisäinen kalenteri, jonka mukaan se antaa ohjaussignaalin. Karttapohjainen käyttöliittymä helpottaa kohteiden havainnollistamista ja vikaantumisien sattuessa nähdään missä vika sijaitsee. Mittaustietojen reaaliaikainen seuranta on mahdollista, ja näiden perusteella on mahdollista myös saada vikaantumisista tiedot. Vikatietojen ansiosta tieto saadaan saman tien, jolloin vika päästään korjaamaan heti. Nykyisellä järjestelmällä vian huomaamiseen voi mennä aikaa.

Lyhyen aikavälin hyödyt:

- Saadaan ongelmapaikat toimiviksi.
- Huoltotarpeet vähentyvät ongelmapaikoilla.
- Lamput palavat silloin kun ne on asetettu palamaan.

Pitkällä aikavälillä, kun kaikissa katuvalokeskuksissa on uusi ohjausjärjestelmä:

- Pystytään asettamaan keskuskohtaiset asetukset
  - Eri keskuksilla pystytään käyttämään eri paloajoja.

- Huoltotyöt helpottuvat
  - Ei tarvitse polttaa laajoja alueita turhaan palaneiden lamppujen selvittämiseksi.
  - Lamput voi kytkeä etäkäytöllä joko matkapuhelimen tai selainpohjaisen käyttöjärjestelmän avulla.
  - Säästetään kalliilta kaapelin vianetsintä ja korjaustöitä.
- Ainoastaan yksi ohjausjärjestelmä, ei ole tarvetta hallita montaa järjestelmää

#### 4.8 Järjestelmän laajentaminen

Järjestelmää hankittaessa vaatimuksena on että se on helposti otettavissa käyttöön uusilla katuvalokeskuksilla. Vaikka aluksi valittu järjestelmä asennettaisiinkin vain kriittisimpiin kohteisiin, se tulisi olemaan tulevaisuudessa ainut käytössä oleva ohjausjärjestelmä. Uusien ohjausyksiköiden asentaminen katuvalokeskuksiin ei saa aiheuttaa häiriöitä jo olemassa olevien keskusten toimintaan. Järjestelmän toimittajat lupaavat helppoa käyttöönottoa ja helppoa laajennettavuutta ohjausjärjestelmilleen, jolloin ei tarvittaisi käyttökatoja uusien ohjausyksiköiden asennusten ajaksi.

Asennus uusiin keskuksiin voitaisiin tehdä sitä mukaan, kun niihin menevät ohjauskaapelit vikaantuvat. Heikoksi tämän vaihtoehdon tekee se, että ohjauskaapelit voivat kestää vielä hyvinkin pitkään vikaantumatta, jolloin tultaisiin tilanteeseen, jossa pitäisi pystyä hallitsemaan monta järjestelmää yhtä aikaa.

#### 4.9 Päätelmät

Järjestelmän uusiminen tulee halvemmaksi kuin vanhojen järjestelmien ylläpito. Aluksi järjestelmät asennetaan vain kriittisimpiin kohteisiin Kemin eteläpuolella. Valinta uudeksi ohjausjärjestelmäksi tulee olemaan hankala, koska jokaisella järjestelmällä on omat vahvuutensa. Parasta olisi, että jokainen järjestelmä otettaisiin testikäyttöön, jolloin saataisiin kokempohjainen kosketus järjestelmiin. Koekäyttöön otettavat

laitteet voitaisiin esimerkiksi asentaa Kemin eteläpuolella oleviin ongelmakohteisiin. Saatujen kokemusten pohjalta voitaisiin tehdä valinta Kemin katuvalaistuksen ohjausjärjestelmäksi.

Himmennyksen käyttöönotto olisi hyvä sijoituskohde. Sen avulla voitaisiin saada lisäsäästöjä energiankuluissa ja pidentyneen polttoainetta kautta. Vaihekohtainen sammuttaminen toisi myös omalta osaltaan säästöjä lamppujen eliniän pidentyessä. Ongelmaksi muodostuisi liikenteen turvallisuuden kannalta tärkeiden paikkojen valaiseminen.

Uuden ohjausjärjestelmän käyttöiästä riippuen kustannuksiltaan kannattavin vaihtoehto tulisi olemaan joko SmartLight City tai FF-Automationin ValoVarma -järjestelmä. Jos järjestelmää aiotaan käyttää yli 15 vuotta, tulisi SmartLight City järjestelmä halvimmaksi.

Ohjausjärjestelmän investointia varten on mahdollista hakea rahoitusta. Ministeriön tarjoama Energy Service Company (ESCO) – konsepti tarjoaa rahoitusmallin, jolla investointi maksetaan säästyneillä energiakuluilla. Rahoituksen voi hakea itse yritys/kunta tai ESCO-yritys. ELY-keskus maksaa investointituen kunnalle toteutuneita kuluja vastaan. (Motiva 2009, hakupäivä 2.4.2012)

## 5. KATUVALAISTUKSEN MODERNISOINTI

### 5.1 EUP direktiivi

EU:n energiatehokkuusdirektiivi 2009/125/EC ja EU:n komission asettama direktiivi N:o 245/2009 muuttaa ulkovalaistuksen energiatehokkuusvaatimuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että huonon hyötysuhteen omaavien lamppujen myynti loppuu vuonna 2015. Direktiivi pakottaa katuvalaistuksen uusimiseen, koska hyvin suuri osa valaistuksesta toteutetaan elohopeahöyrylamppuilla, joiden hyötysuhde on huono. (Valosto, hakupäivä 20.2.2012)

### 5.2 Tehtävänanto ja nykytilanne

Kemin kaupungin valaistus on tällä hetkellä toimiva, mutta nykyisten elohopeahöyrylamppujen sekä valotehottomien lamppujen myynti loppuu EU-säädösten vuoksi vuonna 2015. Tämän takia noin 5000 elohopeahöyrylampulle täytyy miettiä korvaava valonlähde. Elohopeahöyrylamppujen heikkoutena on niiden suuri energiankulutus, mutta niiden käyttöä suositaan matalan hankintahinta vuoksi. Uusimisen lisäksi myös valaisimet ja mahdollisesti osa pylväistä täytyy vaihtaa näiden ollessa huonossa kunnossa. Valaisimien vaihto on lähes pakollista, koska uudet lamput eivät ole välttämättä yhteensopivia vanhojen valaisimien kanssa.

Kemin kaupungissa käytetään pääasiassa kolmea eri lampputyyppiä: elohopeahöyry-, suurpainenatrium- ja monimetallilamppua. Tällä hetkellä hallitseva on elohopeahöyrylamppu, toisena suurpainenatriumlamppu ja kolmantena monimetallilamppu. Monimetallilamppua käytetään oikeastaan vain keskustan alueella sekä muutamilla lyhyillä tieosuuksilla. Muutama LED-valaisin on koekäytössä Kemin Energian toimipisteen viereisellä kadulla sekä Syväkankaan kytkinasemalle menevällä tiellä.

Kemin katuvalaistus toimii siten, että n.65 prosenttia valaisimista on yövaloja, joiden käyttöaika on keskimäärin 3 400 h vuodessa, ja loput 35 prosenttia toimivat iltavaloina joiden vuosittainen käyttöaika on noin 1600 h. Iltavalot sammuvat yön ajaksi ja syttyvät

aamulla vilkkaimpaan ruuhka-aikaan mennessä. Yövalot palavat koko katuvalaistuksen asetellun päällä olo ajan. Liitteessä 1 näkyy Kemin kaupungin katuvalotilanne lampputyypeineen.

### 5.3 Suunnittelun lähtökohdat

Valaistuksen modernisointi on mahdollista saada valmiiksi nykyisellä valaisimenvaihtonopeudella vuoteen 2022 mennessä. Valaisimien vuosittainen vaihtonopeus on noin 500 valaisinta nykyisellä kapasiteetilla. Elohopeahöyrylamppujen määrä on noin 5000 kappaletta joten tällä vauhdilla vaihto-ohjelma veisi 10 vuotta. Valaistuksen väri vaatimuksena on että keskustan alueella Asemakatua lukuun ottamatta on oltava valkoista valoa, jota ei voida suurpainenatriumlampuilla toteuttaa.

Takajärven pohjoispuolelle, Siikakankaalle sekä muutamalle muulle katuosalle on jo olemassa suunnitelmat katuvalaistuksen modernisoimiseksi. Noin 350 valaisinta tullaan asentamaan tämän vuoden aikana vanhojen tilalle. Samalla elohopeahöyrylamput vaihdetaan energiatehokkaampiin vaihtoehtoihin. Tarkoituksen on pohtia myös, onko vaihtonopeutta kannattavaa nopeuttaa, mikä tarkoittaisi uusien työntekijöiden palkkaamista sekä lisärahoitusta kaupungilta.

### 5.4 Vaihdon suunnittelu

Elohopeahöyrylamppujen tilalle hankitaan sekä suurpainenatrium- että monimetallilamppuja. SP-na ja MoMe-lamppujen valotehon ollessa parempia verrattuna elohopeahöyrylamppuihin, voidaan asentaa teholtaan pienempiä lamppuja tilalle, jolloin syntyy energiansäästöjä. Sääntönä voidaan pitää että elohopeahöyrylamppun tilalle tulevan SP-na tai monimetallin tehovaatimus on puolta pienempi. Suunnittelussa kuitenkin käytetään pääasiassa taulukon 9 korvaavia arvoja. Taulukon 9 arvot on tehty valmistajien eri lampputyypin valotehojen vertailun sekä Kemin Energian testikokemusten pohjalta.



Taulukko 9. Elohopealamppujen korvaavat lampputyypit ja niiden vastaavat tehot

Elohopeahöyrylamppu	Suurpainenatriumlamppu	Monimetallilamppu
400 W→	250 W	250 W
250 W→	150 W	150 W
125 W→	70 W	70 W

Osissa paikoista 250 W elohopeahöyrylamppu voidaan korvata myös 100 W SP-na tai monimetallilampulla. Mahdollista on myös 125 W elohopealampun korvaaminen 100 W natrium- tai monimetallilampulla. Korvaavan lampun teho katsotaan kuitenkin tilannekohtaisesti siten, että saadaan halutunlainen ja riittävä valaistus toteutettua.

Elohopealamput tullaan korvaamaan lähes poikkeuksetta suurpainenatriumlampuilla niiden energiatehokkuuden ja polttoian vuoksi. Monimetallilamppuja asennetaan paikkoihin, joissa vaatimuksena on saada valkoista valoa. Kemin tapauksessa tämä tarkoittaa vain keskustan aluetta. Keskustan alueella poikkeuksena on Asemakatu, johon voidaan asentaa monimetallin sijasta suurpainenatriumlampun. Monimetallilamppujen käyttöä pyritään muissa kohteissa välttämään.

Monimetallilamppuja ei tällä hetkellä suosita lyhyen polttoian sekä niiden korkean hankintahinnan vuoksi, joka voi olla lähes viisinkertainen suurpainenatriumlamppuun verrattuna. LED-valaistustakaan ei tällä hetkellä suosita sen korkean hankintahinnan vuoksi ja käyttökokemusten puutteen takia, mutta tulevaisuudessa se tulee varmasti olemaan varteenotettava vaihtoehto LED-tekniikan kehittyessä. Induktiolampuista kokemuksia ei ole, eivätkä valmistajat yritä markkinoida sitä kovinkaan hanakasti.

### 5.5 Elohopeahöyrylamppujen kartoitus

Kemin alueen lampputilannetta lähdettiin kartoittamaan käyttäen Xpower ohjelmaa. Ohjelman kautta näkee koko Kemin alueen sähköverkon sähköisenä. Ylös kirjattiin jokaisen alueen katujen valaisimien määrä sekä niiden lampputyypin ja niistä tehtiin lista Microsoft Excelillä. Listaan merkitsin katujen nykyisten valaisimien lampputyypit ja korvaavat lampputyypit sekä niiden tehot. Taulukossa 10 on nykyisten valaisimien

sekä vaihdettavien valaisimien määrät alueittain. Ainoastaan Karjalahden alueella ei ole tarvetta uusille lamputuille.

Taulukko 10. Kaupunginosien valaisimien määrä kokonaisuudessaan sekä vaihdettavien määrä

ALUE	Valaisimet	Vaihdettavat valaisimet
Keskusta	1100	858
Pajusaari	29	3
Sotisaari	127	78
Vilmi	102	95
Paattio	242	199
Torvinen	191	92
Vainio	148	117
Karihaara	126	76
Marttala	176	159
Ristikangas	292	120
Nauska	92	10
Kivikangas	108	65
Kivikko	306	240
Koivuharju	246	204
Ruutti	198	177
Junko	123	93
Karjalahti	232	0
Tervaharju	409	311
Syväkangas	288	243
Takajärvenranta	17	8
Takajärvi	431	421
Siikakangas	49	49
Peurasaari	265	247
Haukkari	98	82
Ritikka	128	90
Nälli	7	4
Kittilänjärvi	35	35
Vähäruona	24	23
Järppi	5	5
Taipaleenkylä	23	23
Pikku-Berliini	26	11
Hepola	276	247
Rytikari	68	68
Paavonkari	33	20

Ajos	169	149
------	-----	-----

## 5.6 Valaisimet

Valaisimet katsotaan tilannekohtaisesti työn suunnittelussa, riippuen valaistusteknisestä ja viihtyvyyden näkökulmasta. Yleisesti valaisimet uusitaan, kun lähdetään vaihtamaan elohopeahöyrylamppujen tilalle jokin muu lampputyyppi. Joissain kohteissa on kuristimen väliottokytkimellä saatu asennettua elohopeahöyrylamppun tilalle SP-lamppu.

Valaisimille on mahdollista vaihtaa sytytinpaketti, jolloin elohopealamppun tilalle saataisiin suoraan asennettua joko monimetalli- tai suurpainenatriumlamppu. Tällöin ei tarvitsi hankkia uusia valaisimia, ainoastaan sytytinpaketti. Uuden valaisimen hinta on noin puolet suurempi kuin että vaihtaisi sytytinpaketin, mutta työmäärä olisi suurempi. Valaisin valmistajat myyvät valmiita paketteja, jolla saadaan elohopealamppun tilalle suoraan uusi suurpainenatriumlamppu, mutta näiden korvaavien lamppujen valontuotto on kuitenkin huono. Tällaisia paketteja markkinoidaan oikeastaan vain erityiskohteisiin, jossa valaisinta ei haluta vaihtaa, kuten esimerkiksi jokin historiallinen tai taiteellinen kohde.

Valaisimien käyttöikä on noin 30 vuotta. Monet nykyiset valaisimet voivat olla jo käyttöikänsä päässä, jolloin uusi valaisin on järkevämpi vaihtoehto, ja yleisilmeeltään valaistus nykyaikaistuisi. Uusissa valaisimissa on yleisesti paremmat valo-ominaisuudet. Ne valaisevat halutun osan paremmin eivätkä esimerkiksi ”hukkaa” valoa.

Tulevaisuuden kannalta olisi järkevää asentaa valaisin, johon voidaan asentaa joko suurpainenatrium- sekä LED-lamppu. Tällaista ratkaisua tarjoaa esimerkiksi Philipsin Iridium- (Kuva 12) sekä Selenium-valaisin. LED-lamppujen kannattavuuden parantuessa voitaisiin suurpainenatriumlamput vaihtaa LED-lampuiksi.



Kuva 12. Iridium-valaisin /Philips 2012, hakupäivä 25.3.2012/

### 5.7 Energiansäästö

Lampunvaihdon kannattavuus tulee ilmi, kun aletaan tarkastella tulevia säästöjä energian tarpeen pienessä. Elohopeahöyrylampujen vaihto energiatehokkaampiin valonlähteisiin tuottaa huomattavia energiasäästöjä. Lampunvaihdon lisäksi myös CO<sub>2</sub> päästöt vähenevät noin 200 g/kWh.

Taulukoon 11 on laskettu yhden 125 W elohopealampun korvaaminen 70 W suurpainenatriumlampulla. Elohopealampun kuristimen teho on n. 15 W ja suurpainenatriumlampun n.11 W jotka lisätään lampun ottamaan tehoon. Lasketaan energiankulutukset 1,5,10,20 vuodelle. Energianhinnaksi oletetaan 8 snt/kWh. Käyttöaika vuodessa on keskimäärin 2680 tuntia. Energiakustannukset on laskettu kaavalla 1

$$(P_{\text{Lamppu}} + P_{\text{Liitäntäläite}}) \cdot h \cdot T \cdot t \quad (1)$$

$P_{\text{Lamppu}}$  on lampun teho (W)

$P_{\text{Liitäntäläite}}$  on liitäntälaitteiden teho (W)

$h$  on energian hinta (snt/kWh)

$T$  on haluttu kustannusaika vuosina (a)

$t$  on lampun keskimääräinen käyttöaika vuodessa

Taulukko 11. Elohopeahöyrylampun ja korvaavan suurpainenatriumlampun energiakustannukset eri aikaväleillä

	Kokonaisteho	1.vuosi	5.vuosi	10.vuosi	20.vuosi
<b>HQL 125W</b>	140 W	30€	150€	300€	600€
<b>SP-na 70W</b>	81 W	17€	86€	173€	347€
<b>HQL 250W</b>	265 W	56€	284€	568€	1136€
<b>SP-na 150W</b>	161W	34€	172€	345€	690€

Yhden 125 W elohopealampun korvaaminen 70 W suurpainenatriumlampulla säästää energiakuluissa noin 253 € 20 vuoden periodilla. 250 W HQL:n korvaaminen 150 W SP-na-lampulla tuo jo 446€ säästöt 20 vuoden sisällä.

Kemin koko elohopeahöyrykannan vaihdon energiasäästöt tulevat olemaan suuret. Taulukoon 12 on laskettuna koko elohopeahöyrylamppukannan korvaamisesta syntyvät energiasäästöt. Laskut on suoritettu käyttäen kaavoja 2, 3 ja 4.

Kaavalla 2 voidaan laskea vuosittainen energiankulutus

$$E = P \cdot t \quad (2)$$

jossa

E on energia (kWh)

P on teho (W)

t on lampun keskimääräinen käyttöaika vuodessa (h)

Tämän jälkeen lasketaan säästyvä energia vuodessa

$$E_{\text{säästö}} = E_{\text{vanha}} - E_{\text{Uusi}} \quad (3)$$

jossa

$E_{\text{Säästö}}$  on säästyvä energia

$E_{\text{vanha}}$  on nykyinen energiankulutus

$E_{\text{Uusi}}$  on tuleva energiankulutus

Kaavan 4 avulla saadaan laskettua rahalliset säästöt

$$K = E \cdot h \cdot n \quad (4)$$

jossa

K on kustannus

E on energiankulutus

h on energian hinta (snt/kWh)

n on haluttu laskenta-aika vuosina

Taulukko 12. Kemin kaupungin koko elohopeahöyrylamppujen korvaamisesta saatavat energiasäästöt.

	Teho	Vuositainen teho	Säästöt				
			Vuodessa	5.vuosi	10.vuosi	20.vuosi	30.vuosi
<b>Vanha</b>	830 kW	2,31 GWh	185 231 €	926 157 €	1 852 314 €	3 704 627 €	5 556 941 €
<b>Uusi</b>	489 kW	1,36 GWh	109 182 €	545 912 €	1 091 823 €	2 183 646 €	3 275 470 €
<b>Erotus</b>	341 kW	0,95 GWh	76 049 €	380 245 €	760 491 €	1 520 981 €	2 281 472 €

Vuodessa saadaan jo huikat lähes sadantuhannen euron säästöt, kun kaikki lähes 5000 elohopealamppua saadaan vaihdettua energiatehokkaampiin lampputyyppeihin. Säästöt kahdenkymmenen vuoden päästä ovat jo puolitoista miljoonaa euroa. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että valaisimia pystytään vaihtamaan noin 500 kappaletta per vuosi tällä hetkellä, joten ensimmäisen vuoden säästöt tulisivat olemaan noin kymmenyksen pienemmät lopullisesti energiansäästöistä.

## 5.8 Hiilidioksidipäästöt

Vaihto energiatehokkaampiin lamppuihin vähentää myös hiilidioksidipäästöjä. Jokaista kWh kohden tulee noin 200 g CO<sup>2</sup> päästöjä (Motiva 2009, Hakupäivä 1.4.2012). Hiilidioksidipäästöt vähenisivät noin 597 tonnia vuodessa, kun elohopeahöyrylamput saataisiin vaihdettua.

### 5.9 Takaisinmaksuajan määrittäminen

Tärkeä osa investoinnissa on tietää sen takaisinmaksuaika. Se antaa tietoa siitä, kuinka kannattavaa on tehdä investointi tiettyyn kohteeseen. Tässä tapauksessa investointi maksaa itsensä takaisin energiankulutuksen pienentymisenä. Takaisinmaksuaika määrittyy saatavilla säästöillä, valaisimien hinnalla, työkustannuksilla sekä mahdollisella korolla. Laskelmia tehtäessä oletetaan valaisimien vaihtomääräksi 500 kappaletta vuosittain tämän hetkisen kapasiteetin mukaan eli karkeasti vaihdon suorittamiseen kuluu aikaa 10 vuotta. Laskuissa ei ole otettu mahdollista lainan korkoa huomioon. Liitteessä x on esitetty takaisinmaksuajat.

Vuosittain 500 valaisimen vaihdolle kertyy kustannuksia noin 150,000 €, eli yhdelle valaisimelle hintaa tulee n. 300€, joka kattaa työkulut, valaisimen sekä kalustuksen vaihtoa varten. Yhden valaisimen hinta on keskiarvo muiden valaisinvaihtoprojektien toteutuneista kustannuksista. Koko investoinnille hintaa kertyy täten puolitoista miljoonaa euroa. Viidensadan valaisimen vaihto tuo 8 snt/kWh hinnalla 7 605 € säästöt vuodessa ja vaihdon viimeisenä vuonna energiasäästöjä on jo kertynyt lähes puolimiljoonaa euroa. Takaisinmaksettavaa jää täten vajaa miljoona euroa. Takaisinmaksuajan määrittämiseksi on käytettävä kaavoja 5,6,7 ja 8.

Kaava 5. avulla lasketaan vuosittain syntyvät kustannukset asennuksen aikana

$$k_{\text{vuosittain}} = h_{\text{valaisin}} \cdot n_{\text{valaisin/a}} \quad (5)$$

jossa

$k_{\text{vuosittain}}$  on kustannukset vuosittain

$h_{\text{valaisin}}$  on yhden valaisimen kustannukset

$n_{\text{valaisin/a}}$  on valaisinvaihtoa/vuosi

Vaihtoon kuluva aika voidaan laskea kaavalla 6

$$T_{\text{vaihto}} = \frac{n_{\text{yht}}}{n_{\text{valaisin/a}}} \quad (6)$$

jossa

$T_{\text{vaihto}}$  on vaihtoon kuluva aika vuosina

$n_{\text{yht}}$  on vaihdettavien valaisimien lukumäärä

$n_{\text{valaisin/a}}$  on valaisinvaihtoa/vuosi

Kaavalla 7 voidaan laskea kertyneet säästöt vaihdon aikana

$$S_{sv} = n_{vaihto} * \left( \frac{S_{vuosittain}}{n_{yht}} \cdot \left( \frac{n_{valaisin}}{2} \right) \right) \cdot \left( \frac{S_{vuosittain}}{n_{yht}} \cdot (n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n) \right) \quad (7)$$

jossa

$S_{sv}$  = saatavat säästöt vaihdon ajalta (€)

$n_{vaihto}$  on vaihtoon kulunut aika (a)

$S_{vuosittain}$  on vuosittainen energiansäästö (€)

$n_1$  on ensimmäisen vuotena vaihdettujen valaisimien määrä yht.

$n_2$  on toisena vuotena vaihdettujen valaisimien määrä yht.

$n_n$  on n:n vuoden vaihdettujen valaisimien määrä yht.

Kaavalla 8 lasketaan takaisinmaksuaika vaihdon suorittamisen jälkeen

$$n = \frac{I}{s} \quad (8)$$

,missä

n on takaisinmaksuaika vuosina

I on jäljellä oleva velka

s on vuosittainen säästö

Takaisinmaksuajaksi tulee 24,3 vuotta. Laskuissa on oletettu, että valaisimia vaihdetaan keskimäärin 1,3 kappaletta päivässä vuoden jokaisena päivänä. Säästöä kertyy siis ensimmäisenä vuonna 3875 €, ei 7600 €, koska tällöin kaikki viisisataa valaisinta olisi täytynyt vaihtaa heti vuoden alusta jotta tämän suuruiset säästöt saataisiin aikaan.

Sähkön hinta tulee nousemaan noin 0,3 senttiä vuodessa. (Energiamarkkinavirasto, hakupäivä 20.4) Hinnan nousun myötä tulee se nostamaan suurpainenaatriumlampun taloudellisuutta suhteessa elohopeahöyrylamppuun energiakulutuksessa. Tällöin saatavat säästöt suurenevät ja takaisinmaksuaika lyhenee. Esimerkkinä jos energianhinta on 10 snt/kWh. takaisinmaksuaika lyhenee 20,4 vuoteen.



### 5.9.1 Vaihtomäärän kasvattaminen

Tarkastellaan sitä, jos valaisintenvaihdon tahtia nostetaan, paljonko se tuo säästöjä verrattuna nykyiseen vaihtokapasiteettiin, joka on 500 valaisinta/vuosi. Taulukossa 13 vaihtomäärän kasvattamisesta kertyvät säästöt on laskettu verrattaessa nykyisen vaihtonopeuden, 500 valaisinta/vuosi, takaisinmaksuajan tuomiin säästöihin. Laskelmat on tehty vertaamalla eri vaihtonopeuksia tämän hetkisen vaihtonopeuden takaisinmaksu-aikaan, ja katsottu siinä ajassa syntyvät säästöt. Laskuissa on käytetty kaavaa 9

$$s = (T_2 - T_1) \cdot h_{\text{säästöt}} \quad (9)$$

,jossa

s on saatavat säästöt (€)

$T_1$  on takaisinmaksu-aika (a)

$T_2$  on vertailukohteen takaisinmaksu-aika (a)

$h_{\text{säästö}}$  on saatavat energiansäästöt vuosittain (€)

Taulukko 13. Vaihtojen määrän kasvattamisesta syntyvät säästöt verrattuna nykyiseen vaihtokapasiteettiin.

Vaihtoa/a	8 snt/kWh	10 snt/kWh
600	60 006,75 €	75 116,4 €
700	102 868,7 €	128 693,8 €
800	135 015,1 €	168 876,9 €
900	160 017,9 €	200 130,4 €
1000	180 020,2 €	225 133,2 €

Nähdään että vaihtonopeuden nosto 600 valaisimeen tuo jo 60 000 € säästöt verrattuna 500 valaisimen vaihtonopeuteen ja vaihtomäärän kaksinkertaistaminen tuo jo lähes 200 000 € säästöt.

### 5.9.2 Investoinnin koron vaikutukset

Investoinnin korko vaikuttaa takaisinmaksuaikaan pidentävästi. Koron noustessa liian suureksi takaisinmaksuaika pitenee huomattavasti. Yli 5 prosentin korolla takaisinmaksu on jo mahdotonta vuosittain saatavilla energian säästöillä, kun lasketaan 8 snt/kWh -hinnalla. Taulukoon 14 on laskettu eri takaisinmaksuajat eri vaihtonopeuksilla ja korkoprosenteilla. Laskut on laskettu käyttäen annuiteettimenetelmää. Se tarkoittaa, että annuiteetit maksetaan korkojakson lopussa, ja se osa annuiteetista, joka ylittää koron, lyhentää lainaa. Annuiteettimenetelmässä perusinvestointi jaetaan pitoajalle yhtä suuriksi vuosikustannuksiksi eli annuiteeteiksi. Annuiteetti sisältää sekä pääoman lyhennyksen että koron, joiden summa on joka vuosi vakio.

Lasketaan menot ja tulot sekä korko jokaiselta vaihtovuodelta ensimmäisen vuoden balanssi

$$h_{\text{balanssi}} = (k_{\text{vuosittain}} \cdot S_{\text{vuosittain}}) * (1 + i) \quad (10)$$

Seuraavat vuodet

$$h_{\text{balanssi}} = (k_{\text{vuosittain}} - S_{\text{vuosittain}} + h_{\text{edel.balanssi}}) * (1 + i) \quad (11)$$

Takaisinmaksuaika vaihdon jälkeen määritetään käyttäen kaavaa 12, josta ratkaistaan takaisinmaksuaika  $i$ .

$$\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \cdot k = H \quad (12)$$

jossa

$i$  on korkoprosentti/100

$n$  on takaisinmaksuaika (a)

$k$  on lyhennettävä summa vuosittain (€)

$H$  on investoinnin määrä (€)

Taulukko 14. Takaisinmaksuajat eri korkoprosenteilla.

Valaisinta/a (kpl)	Vaihtoaika (vuotta)	Takaisinmaksuajat (vuotta)				
		Korko 1%	Korko 2%	Korko 3%	Korko 4%	Korko 5%
500	9,8	26,4	29,5	34,4	43,24	81,22
600	8,1	25,6	28,6	33,3	41,8	73,6
700	7,0	25,0	28	32,6	40,8	69,7
800	6,1	24,5	27,5	32,0	40,1	67,4
900	5,5	24,17	27,2	31,6	39,6	65,8
1000	4,9	23,9	26,9	31,3	39,2	64,7

### 5.10 Päätelmät

Valaistuksen modernisoinnista on olemassa selvät hyödyt taloudellisesti. Valaisimien vaihdon ansiosta myös valaisinkalusto uudistuu, ja lähitulevaisuudessa ei tule tarvetta investoida uusiin valaisimiin. Valaisinten hankinnassa kannattaisi investoida valaisimiin, joihin pystytään asentamaan suurpainenatriumlamppu sekä LED-lamppu. Vaikka LED-lamput eivät tällä hetkellä ole houkutteleva vaihtoehto tievalaistukseen, tulevaisuudessa LED-lamppujen yleistyttyä, voitaisiin ne asentaa suurpainenatriumlampun tilalle ilman valaisimen vaihtoa. Tällöin ei tarvittaisi niin suuria investointeja, kun tarvittavat valaisimet olisivat jo olemassa.

Investoinnin takaisinmaksuajat sekä säästöt on laskettu tämän päivän hinnalla, mutta sähkön hinta tulee nousemaan tulevaisuudessa. Energiamarkkinaviraston tilastojen mukaan sähkön hinta on noussut viimeisen 12 vuoden aikana noin 0,3 senttiä/kWh vuodessa. Investointi elohopeahöyrylamppujen korvaamiseksi on sitä kannattavampi, mitä korkeampi energian hinta on.

Modernisointi olisi järkevä tehdä mahdollisimman nopealla aikataululla, jotta mahdollisimman suuret säästöt saataisiin aikaiseksi. Vaihdon nopeuttamiseksi täytyisi palkata lisäväkeä ja ottaa käyttöön toinen nostolava-auto. Esimerkiksi 1000 valaisimen vaihtomäärällä saataisiin 180 000 € säästöt 500 valaisinvaihtoon/vuosi verrattuna.

Uusien asentajien palkkaamisella saataisiin heidät myös koulutettua valmiiksi lähitulevaisuudessa eläkkeelle jäävien asentajien tilalle.

## 6.LAMPPUJEN VAIHTOSUUNNITELMA

### 6.1 Nykytilanne

Lamppujen vaihto ei ole toteutettu parhaalla mahdollisella tavalla, johtuen lamppujen eri asennusajankohdasta ja lampputyypin polttoikästä, jolloin vaihdot suoritetaan kaduittain, ei alueittain. Katuvalaistuksen lampunvaihtosuunnitelma on olemassa, mutta se ei toteudu halutulla tavalla.

Lamppujen vaihtoväli tällä hetkellä on 5 vuotta riippumatta onko kyseessä elohopea- vai suurpainenatriumlamppu. Elohopealamppujen kuolleisuus nousee jo liian korkealle 5 vuoden aikana. Tämä johtaa siihen, että lamppuja joudutaan vaihtamaan suuria määriä ennen suunniteltua ryhmänvaihtoa. Keskustan alueella ei ole kunnan vaihtosuunnitelmaa, eikä lamppujen vaihdoista pidetä kunnolla kirjaa. Siellä lamput pyritään vaihtamaan mahdollisimman nopeasti uusiin. Tiedot palaneista lamppuista Keskustassa saadaan lähinnä tarkastelukierroksilta sekä asiakkaiden ilmoituksina. Vuonna 2011 tilanne oli se, että yhteensä 1160 lamppua vaihdettiin, josta aluevaihdossa vaihdettiin 560 lamppua ja yksittäisvaihdossa noin 600 lamppua. Osasyynä yksittäisvaihtojen suureen määrään voidaan pitää elohopealamppujen liian pitkää vaihtoväliä, jolloin kuolleisuus nousee korkeaksi.

Nykyisessä suunnitelmassa Kemi on jaettu 25 alueeseen. Ryhmänvaihtoväli on 5 vuotta ja polttoajaksi on määritelty keskimäärin 2680 tuntia vuodessa. Yhden alueen ryhmänvaihto kestää noin 2 viikkoa.

### 6.2 Suunnitelman lähtökohdat

Lamppujen vaihto halutaan saada loogisemmaksi, eli saataisiin lamppujen vaihto tehtyä alueittain. Ongelmalliseksi suunnittelun tekee se, että jos siirrytään nykyisestä tilanteesta aluekohtaiseen vaihtoon, täytyy vielä toimivat lamput vaihtaa uusiin. Myös eri lampputyypien polttoikä vaikeuttaa alueittain tehtävän vaihdon toteutumista, koska elohopeahöyrylamput palavat vuoden aikaisemmin verrattuna suurpainenatriumlamppuihin.

Tiedustelin elohopealamppujen ja suurpainenatriumlamppujen käytännön polttoikiä ja esille tuli, että viisi vuotta on liian pitkä aika elohopealamppujen vaihtoväliksi. Suurpainenatriumlamppujen kohdalla viisi vuotta on riittävä vaihtoväli, jolloin kuolleisuus ei nouse liian korkeaksi. Kokemusten pohjalta elohopealampuille parempi vaihtoväli olisi neljä vuotta, jotta niiden kuolleisuus sekä valoteho eivät olisi laskeneet niin suuresti verrattuna nykyiseen viiden vuoden vaihtoväliin.

Suunnitelma otetaan käyttöön vasta kun elohopeahöyrylamput ovat poistuneet käytöstä, jotta lamppujenvaihto ei sotkeutuisi entisestään. Jos lähdettäisiin soveltamaan uutta suunnitelmaa nykytilanteeseen, aiheuttaisi se monta turhaa lampunvaihtoa.

### 6.3 Suunnittelu

Suunnitelmaa lähdettiin miettimään asentajien näkökulmasta; minkälainen suunnitelma olisi järkevin ja helpoimmin omaksuttava. Suunnitelman täytyy olla myös selkeä.

Suunnitelma aloitettiin jakamalla Kemin alue viiteen eri alueeseen, joista jokaisessa alueessa on useampi kaupunginosa. Jokainen alue vaihdetaan 5 vuoden välein porrastetusti että yksi alue saadaan vaihdettua vuodessa. Yhdelle alueelle vaihdettavien lamppujen määrä tulee olemaan keskimäärin 1077 kappaletta, jotka tullaan vaihtamaan pitkin vuotta. Alueet lähdetään jakamaan pohjoisesta käsin. Pyritään siihen, että jokaisella alueella olisi suurin piirtein saman verran valaisimia vaihdettavana. Lapintie, Ouluntie ja Eteläntie ovat kokonaisuudessaan vaihdettava aluejaoista riippumatta. Keskustan alueelta Asemakatu on otettu mukaan poikkeuksellisesti sinne sijoitettavien suurpainenatriumlamppujen vuoksi. Taulukossa 15 on Kemin alueen ryhmävaihdon aluejako

Taulukko 15. Ryhmänvaihdon aluejako, suluissa lamppujen määrä

Alue 1	Pajusaari, Sotisaari, Vilmi, Paattio, Torvinen, Vainio, Karihaara [Lapintie] (1046)
Alue 2	Marttala, Ristikangas, Nauska, Kivikangas, Koivuharju, Ruutti (1112)
Alue 3	Kivikko, Junko, Karjalahti, Tervaharju (1070)
Alue 4	Syväkangas, Takajärvi, Siikakangas, Peurasaari, Takajärvenranta, [Asemakatu, Keskusta] (1105)
Alue 5	Ajos, Paavonkari, Rytikari, Hepola, Pikku-Berliini, Järppi, Vähäruona, Kittilänjärvi, Nälli, Ritikka, Haukkari, [Eteläntie], [Ouluntie] (1052)

Keskustan alueelle tulee oma vaihtosuunnitelma johtuen sinne asennettavien monimetallilamppujen lyhyemmästä polttoikästä. Monimetallilamput palavat noin 3 vuotta. Keskustan alue jaetaan kolmeen ryhmään, joista jokaiseen ryhmään tulee suurin piirtein saman verran vaihdettavia lamppuja. Taulukossa 16 on keskustan alueen ryhmänvaihdon aluejako kaduttain

Taulukko 16. Ryhmänvaihdon aluejako, suluissa lamppujen määrä

Alue 1	Valtakatu, Keskuspuistokatu, Nahkurinkatu, Kirkkopuistokatu, Sankarikatu, Urheilukatu (370)
Alue 2	Urheilukatu, Sairaalakatu, Torikatu, Rautatiekatu, Luulajantie, Etelärantakatu, Kaivokatu, Koulukatu, Meripuistokatu, Sauvosaarenkatu, Kauppakatu (341)
Alue 3	Kauppakatu, Pohjoisranta, Marina Takalon katu, Hahtisaarenkatu, Tervaharjuncatu, Täiköncatu, Merikatu, Meripuistopolku, Mansikkanokankatu, Eteläntien Liikenneympyrä (334)

Jotta yksittäisvaihtojen määrä saataisiin pidettyä kurissa, täytyy ryhmänvaihdon aikana vaihtaa kaikki vaihdettavan alueen lamput, huolimatta siitä, milloin yksittäisvaihto on suoritettu vaihdettavalla alueella. Tällöin voi hyväkuntoinenkin ja vasta vaihdettu lamppu tulla vaihdetuksi. Tällä kuitenkin ehkäistään nykyisen kaltaista tilannetta, että yksittäisvaihdettujen lamppujen määrä ylittää ryhmänvaihdettujen lamppujen määrän.

Suunnitelma tehtiin Excel pohjalle, johon pystytään merkitsemään yksittäisvaihdossa vaihdettujen lamppujen määrä sekä ryhmänvaihto suoritusmerkintä. Liitteessä 2 on esimerkki vaihtosuunnitelmasta



## 7 POHDINTA JA YHTEENVETO

Työn pääsin aloittamaan myöhäisessä vaiheessa kevät-talvella 2012. Käsiteltävistä aiheista on hyvin paljon tietoa, mutta valitettavasti aika ei riittänyt kaikkeen aiheeseen liittyvän materiaalin käsittelyyn.

Työssä oli paljon energiansäästöön liittyvää käsittelyä. Itse olen kiinnostunut juuri energiansäästöratkaisuista jolloin tämän työn tekeminen oli mieluisaa. Informaatiota hakiessa täytyi luottaa paljon valmistajien antamaan tietoon. Pysin etsimään tarvittavaa tietoa monesta lähteestä, jolloin tietoja pystyisi vertailemaan keskenään. Opin katuvalaistuksesta yleisesti hyvin paljon, sen suunnittelusta, eri lampputyypeistä, kuinka katuvalaistus toimii, ohjaustavoista ja niin edelleen. Aikaisempaa tietoa katuvalaistuksesta minulla ei ollut ennen opinnäytetyön aloittamista.

Ohjausjärjestelmän osalta löydettiin useampi ohjausjärjestelmä, ja tehtiin vertailu, jonka pohjalta Kemin Energia voi tehdä päätöksensä. Varsinaisesti mitään ohjausjärjestelmää ei työssä suositeltu. Aluksi tarkoitus oli saada järjestelmät ongelmapaikkoihin Kemin Eteläpuolella, mutta työn edetessä kävi ilmi, että uuden järjestelmän avulla on mahdollista saada myös säästöjä. Himmennyksen avulla voidaan saada säästöjä sekä pidentää lamppujen elinikää huomattavasti. Vaihekohtaisen ohjauksen avulla saataisiin pidennettyä lamppujen elinikää, mutta ongelmana olisi tärkeiden alueiden valaiseminen. Tässä tapauksessa saatava hyöty ei ole suurempi kuin tuleva haitta.

Elohopeahöyrylamppujen korvauksessa käytetään pääasiassa kahta lampputyyppiä. Energiansäästöjä laskiessa nähtiin, kuinka suuret säästöt voi lamppujen vaihdolla saavuttaa. Energianhinnan nousu nostaa uusien lampputyyppien taloudellisuutta verrattuna nykyiseen elohopeahöyrylamppukantaan. Lisäksi valaisinkalusto saadaan uusittua, ellei vanhoihin valaisimiin lähdetä asentamaan liitälaitteita, joiden avulla uudet lampputyypit voitaisiin asentaa vanhoihin valaisimiin.

Lamppujen vaihtosuunnitelma tehtiin täysin uusiksi. Uudessa suunnitelmassa lamppujen tyyppi otetaan huomioon ryhmävaihtovuosia suunniteltaessa. Tämä tarkoittaa että suurpainenatriumlampuille ja monimetallilampuille tulevat omat suunnitelmansa. Vaihtosuunnitelmat olisi tarkoitus ottaa käyttöön vasta kun

elohopeahöyrylamppujen vaihto on suoritettuna, koska tämä vain sekoittaisi nykyistä vaihtokiertoa. Moni käyttökunnossa oleva lamppu vaihdettaisiin ja vaihtotyötä suoritettaisiin täten osin turhaan. Haasteellisuutta toisi myös lamppukannan ”eläminen”. Elohopeahöyrylamppujen korvaus muuttaa tilannetta kokoajan jolloin suunnitelmaa täytyisi olla kokoajan muuttamassa.

Uskon että Kemin Energia saa hyödynnettyä työtäni varsinkin ohjausjärjestelmää hankkiessaan. Heillä on opinnäytetyön ansiosta edellytykset lähteä miettimään minkälaisen järjestelmän he haluavat toteuttaa. Vaihtosuunnitelman kohdalla toivon, että suunnitelma parantaisi tulevaisuudessa lamppujen ryhmänvaihtoa, jottei nykyisen kaltaiseen tilanteeseen ajauduttaisi uudelleen.

Kokonaisuudessaan olen työhön tyytyväinen ja sain oikeastaan kaikki tehtyä mitä alun perin annettiin tehtäväksi, vaikka aikaa olisikin voinut olla enemmän.

## 8 LÄHDELUETTELO

C2 Smartlight 2011, C2 SmartLight. Hakupäivä 10.4.2012

<[http://www.c2is.fi/wp/?page\\_id=44](http://www.c2is.fi/wp/?page_id=44)>

C2 Smartlight 2011, C2 Smartlight Street, Tekninen kuvaus

C2 Smartlight 2011, C2 Smartlight, Tekninen kuvaus

Energiamarkkinavirasto 2012, Sähkön hinnan kehitys. Hakupäivä 20.4.2012

<<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kehitys1204.pdf>>

FF-Automation 2011, AutoLog@SaveLight – Street Light Management System.

Hakupäivä 12.4.2012

<[http://www.ffautomation.com/download/Documents/English/AutoLog\\_Presentations/AutoLog\\_SaveLight\\_StreetLightControlSystem.pdf](http://www.ffautomation.com/download/Documents/English/AutoLog_Presentations/AutoLog_SaveLight_StreetLightControlSystem.pdf)>

FF-Automation 2011, AutoLog SaveLight Technical Specification, Tekninen kuvaus

GE-Lighting 2011, Älykkäät ohjausjärjestelmät, Esite

Halonen, Liisa & Lehtovaara, Jorma. 1992. Valaistustekniikka. 1.painos. Jyväskylä:

Gummerus

Motiva 2009, Sähkö. Hakupäivä 1.4.2012

<[http://www.motiva.fi/liikenne/polttoaineet\\_ja\\_ajoneuvotekniikka/polttoaineet/sahko](http://www.motiva.fi/liikenne/polttoaineet_ja_ajoneuvotekniikka/polttoaineet/sahko)>

Motiva 2009, ESCO-hankkeiden tuki, Hakupäivä 2.4.2012

<[http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmukset/katselmus- ja\\_investointituet/esco-hankkeiden\\_tuki](http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/katselmus- ja_investointituet/esco-hankkeiden_tuki)>

Motiva 2011, Kokonaistaloudelliset valaistushankinnat, Helsinki

Nurmi Tapani 1997, Valaistustekniikka. Hakupäivä 12.3.2012

<[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/13valaistustekniikka.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/13valaistustekniikka.pdf)>

Oulun kaupungin valaistuksen yleissuunnitelma 2010. Oulun kaupungin Tekninen keskus

Ouman 2011, Ouman LUX. Hakupäivä 14.4.2011

< [http://www.ouman.fi/fi/ouman\\_lux/](http://www.ouman.fi/fi/ouman_lux/)>

Ouman 2011, Ouman LUX – Ulko- ja katuvalojen ohjaus, Esite

Ouman 2011, Katu- ja ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmä, Tekninen kuvaus

Philips 2011, Lamput ammattivalaistus. Hakupäivä 25.3.2012

<<http://www.ecat.lighting.philips.fi/l/lamput-ammattivalaistus/40080/cat/#>>

Philips 2012, Ulkovalaistus. Hakupäivä 23.3.2012

<[http://www.lighting.philips.fi/application\\_areas/outdoor/index.wpd](http://www.lighting.philips.fi/application_areas/outdoor/index.wpd)>

Salo-oja, Anne, 2007. Yleistä Kemin Energia Oy:stä, Kemin Energian intranet

Tiehallinto 2007, Tievalaistuksen suunnittelu, Helsinki: Edita Prima

Valosto 2012, EUP-direktiivi. Hakupäivä 20.2.2012

<<http://www.valosto.com/ajankohtaista/eupdirektiivi/>>

## LIITELUETTELO

- LIITE 1      Katuvalolamppujen tilanne
- LIITE 2      Vaihtosuunnitelman esimerkki