

Aapo Oinonen

Siirtyminen ledivalaisimiin julkisessa ulkovalaistuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

29.4.2016

Tekijä(t) Otsikko	Aapo Oinonen Siirtyminen ledivalaisimiin julkisessa ulkovalaistuksessa
Sivumäärä Aika	44 sivua 29.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Toimistopäällikkö Olli Markkanen Lehtori Sampsa Kupari
<p>Insinööritöitä tehtiin Helsingin kaupungin rakennusvirastolle ja siinä selvitettiin ledivalaisimiin siirtymisen hyötyjä sekä muutoksessa ilmeneviä haasteita muun muassa sähköverkon ja valaistuksen ylläpidon kannalta. Tarve valaisinsaneerauksille on suuri, sillä EU on tehnyt asetuksia, jotka pyrkivät vähentämään energian käyttöä.</p> <p>Työssä tarkasteltiin myös ledivalaisimien ja elohopealamppuja korvaavien (valaisimessa alkuperäinen kuristin ja sytytin) kaasupurkauslamppujen energia- ja ylläpitokustannuksia sekä tehtiin kustannuslaskelmat korvaavia monimetalli- ja suurpainenatriumlamppuja käyttävien valaisimien vaihtamisesta ledivalaisimiksi. Työssä laskettiin myös saneerauksen mukanaan tuomat ylläpito- ja energiasäästöt sekä saneerauksen koroton takaisinmaksuaika. Työn yhteydessä syntyi laskentataulukko, jota voidaan jatkossa käyttää erilaisten valaisinvaihtojen kustannusvertailujen tekemiseen.</p> <p>Työ tehtiin pääosin haastatteleamalla rakennusviraston ulkovalaistustoimiston työntekijöitä ja yhtenä työn tavoitteena olikin koota yhteenveto ledivalaisimiin liittyvistä asioista tiedoksi henkilökunnan ja yhteistyökumppaneiden käyttöön.</p> <p>Työssä havaittiin, että tärkeimmät kehityskohteet ovat valaisimista saatavien tietojen käyttäminen kunnossapidon ja huollon tukena sekä valaisimien tietojen dokumentointi.</p>	
Avainsanat	LED, Ledivalaistus, purkauslamppu, ulkovalaistus, kustannuslaskelmat

Author(s) Title	Aapo Oinonen Led Luminaires in Public Outdoor Lighting
Number of Pages Date	44 pages 29 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Olli Markkanen, Office Manager Sampsa Kupari, Senior Lecturer
<p>This thesis was done for the Public Works Department and the aim of this thesis was to find out the benefits of replacing discharge lamps with led luminaires and the occurring problems for example in electrical network and in maintenance of the outdoor lighting. The need of luminaire renovation is great, since the European Union has created regulations to reduce the use of energy.</p> <p>In this thesis was also examined energy and maintenance costs of mercury luminaires fitted with special discharge lamps operating on standard mercury ballast and internal ignitor, and to provide a cost estimate of replacing these luminaires using the special discharge lamps (metal halide and high pressure sodium) with led luminaires. An estimate of maintenance and energy savings and interest-free repayment period of the renovation was also calculated. A spreadsheet that can be used to compare costs of different luminaire replacements in the future was created alongside the thesis.</p> <p>The work was done mainly by interviewing the employees of the Outdoor Lighting Department of the Public Works Department. One of the aims of the thesis was to provide the personnel and associates with an information summary concerning led luminaires.</p> <p>As a result of this study it was found that the most important development area in Helsinki outdoor lighting is the detailed documentation of the different led luminaires, so that maintenance is possible also in the future.</p>	
Keywords	LED, outdoor lighting, cost estimate, discharge lamp

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	4
2	Julkinen ulkovalaistus Helsingissä	5
2.1	Kohdeorganisaation esittely	5
2.2	Historia	6
3	Nykytilanne	8
3.1	Valaistusverkon rakenne	9
3.2	Helsinki LED -hanke	11
3.3	Uusi ohjausjärjestelmä	12
4	Kaasupurkauslamppujen saneeraaminen	13
4.1	Investoinnit ulkovalaistuksessa	13
4.2	Elohopealamppuja korvaavat suurpaine- ja monimetallilamput	14
4.3	Kustannuslaskelmat	17
4.4	Tulokset	21
4.5	Johtopäätökset	23
5	Ledivalaistukseen siirtymisen hyödyt	26
5.1	Energiansäästö, ohjattavuus ja valkoinen valo	26
5.2	Ylläpito	27
5.3	Valaisimesta saatavat tiedot	28
6	Valaisimien dokumentointi	31
6.1	Dokumentointiprosessi	31
6.2	Digitoinnin ohjelmallinen tukeminen	32
6.3	Tietokantaan merkittävät tiedot	32
7	Ledivalaistuksen tuomat haasteet	37
7.1	Himentämisen vaikutus tehokertoimeen	37

7.2 Käynnistysvirtapiikki	37
8 Mittaustuloksia ja kaavioita	39
9 Yhteenveto	41
Lähteet	43

Lyhenteet

LED	Light-Emitting Diode. Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi kulkee sähkövirtaa
KPO	Katu- ja puisto-osasto. Helsingin kaupungin rakennusviraston katujen ja puistojen rakentamisesta ja kunnossapidosta vastaava osasto
KUT	Ulkovalaistustoimisto. Helsingin kaupungin rakennusviraston toimisto, jonka vastuulla on ulkovalaistuksen suunnittelu, rakennuttaminen ja ylläpito
PEN	Maadoitusjohdin, joka toimii samanaikaisesti nollajohtimena
3G	Third Generation, kolmannen sukupolven matkapuhelinverkko
RGB	Red, Green, Blue, valaistuksessa käytettävä värimalli, jossa punaisen, vihreän ja sinisen ledin avulla voidaan luoda laaja skaala eri värejä.
Ra	Värintoistoindeksi, kertoo valonlähteen värintoisto-ominaisuudet verrattuna vertailu valonlähteeseen
DALI	Digitaalinen valaistuksen ohjausväylä esimerkiksi ledivalaisimien liitäntälaitteille
C2MU	C2 SmartLight measuring unit, ohjausjärjestelmän osa joka mittaa ulkovalaistuksen virrankulutusta ja jännitettä
dgn	Suunnitteluohjelmien käyttämä tiedostomuoto
CLO	Constant Light Output, ledien virtaa nostetaan valaisimen ikäntyessä, jolloin valaisimesta tuleva valovirta pysyy vakiona

1 Johdanto

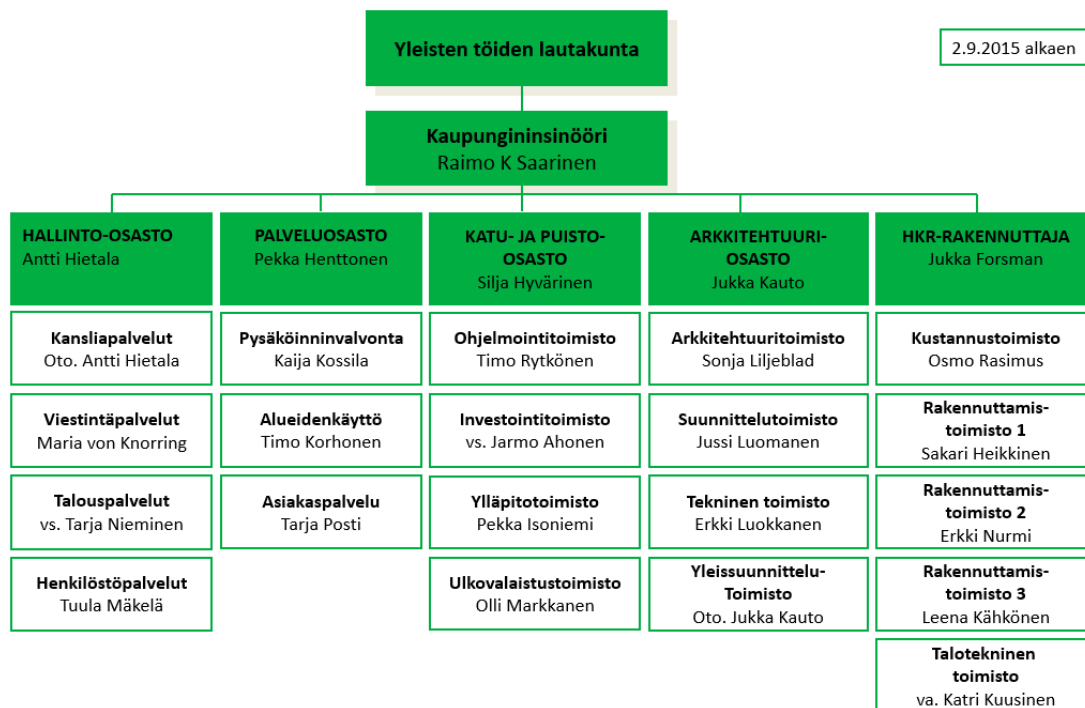
Työn aihe muotoutui kun Helsingin kaupunginhallitus päätti 7.4.2015, että Helsinki jatkaa ledivalaisimiin siirtymistä ulkovalaistuksessa. Päätöksellä siirtyä ledivalaistukseen Helsingin kaupunki pyrkii pienentämään valaistuksen energia- ja huoltokustannuksia sekä parantamaan kaupunkitilan viihtyvyyttä ledivalaisimien perinteisiä purkauslamppuja paremman valotehokkuuden, pidemmän eliniän ja paremman värintoiston avulla. Tämän työn tarkoituksena on selvittää, millaisia haasteita ledeihin siirtyminen tuo mukanaan ja mitä muutoksessa täytyy ottaa huomioon, kuinka uudet valaisimet on dokumentoitava ja mitä asioita seuraamalla voidaan seurata ledivalaisimien kuntoa. Lisäksi työn yhteydessä tehdään kannattavuuslaskelmat elohopealamppujen tilalla käytettävien korvaavien suurpainenatrium- ja monimetallilamppuja käyttävien valaisimien korvaamisesta ledivalaisimilla ja selvitetään muita saneerauksessa huomioonotettavia seikkoja.

2 Julkinen ulkovalaistus Helsingissä

Helsingin kaupunki hankki vuoden 2014 loppuun asti julkisen ulkovalaistuksen kokonaispalveluna Helsingin Energialta, mutta vuonna 2015 tilanne muuttui, kun Helsingin Energia -liikelaitos yhtiöitettiin ja sen ulkovalaistusyksikkö siirtyi osaksi Helsingin kaupungin rakennusviraston katu- ja puisto-osastoa. Samalla Helsingin ulkovalaistuksen suunnittelu sekä rakentamis- ja ylläpitotoiminnot siirtyivät rakennusviraston tehtäviksi. Muutoksen yhteydessä myös koko ulkovalaistusverkko kaikkine komponentteineen siirtyi rakennusviraston taseeseen.

2.1 Kohdeorganisaation esittely

Rakennusviraston katu- ja puisto-osasto (KPO) suunnittelee, rakentaa ja hoitaa Helsingin katuja ja viheralueita. Osana KPO:ta toimii ulkovalaistustoimisto (KUT), jonka vastuulla on ulkovalaistuksen suunnittelu, rakennuttaminen ja ylläpito. KUT:n tärkein tavoite on parantaa Helsingin kaupungin turvallisuutta, viihtyisyyttä ja kaupunkikuvaa ulkovalaistuksen avulla. Kuvassa 1 on esitetty, kuinka KUT sijoittuu rakennusviraston organisaatioon.



Kuva 1. Organisaatiokaavio

KUT on asiantuntijaorganisaatio, joka tilaa ulkovalaistuksen rakentamisen, suunnittelun ja ylläpidon ulkopuolisilta yrityksiltä. KUT:n vastuulla oleva Helsingin ulkovalaistusverkko sisältää n. 86 200 valopistettä (tilanne 31.1.2016), joiden kokonaisteho on tällä hetkellä 12 MW. Valaisimet jakaantuvat lampputyypeittäin seuraavasti: [14]

- elohopeavalaisimet 7,7 %
- suurpainenatriumvalaisimet 71 %
- monimetallivalaisimet 13,1 %
- ledivalaisimet 5,8 %
- induktio-, halogeeni-, xenon- ja loisteputkivalaisimet yhteensä 2,4 %.

2.2 Historia

Helsinki sai ensimmäiset katuvalaistuksensa vuonna 1818, kun kuusi vuotta pääkaupungiksi nimeämisen jälkeen talonmistajat veloitettiin hankkimaan kaupungin määritelmien mukaiset valaisimet valittuihin paikkoihin. Tämä kaupunkilaisten kanssa yhteistyössä tehty valaistus käytti valonlähteenään talikynttilöitä.

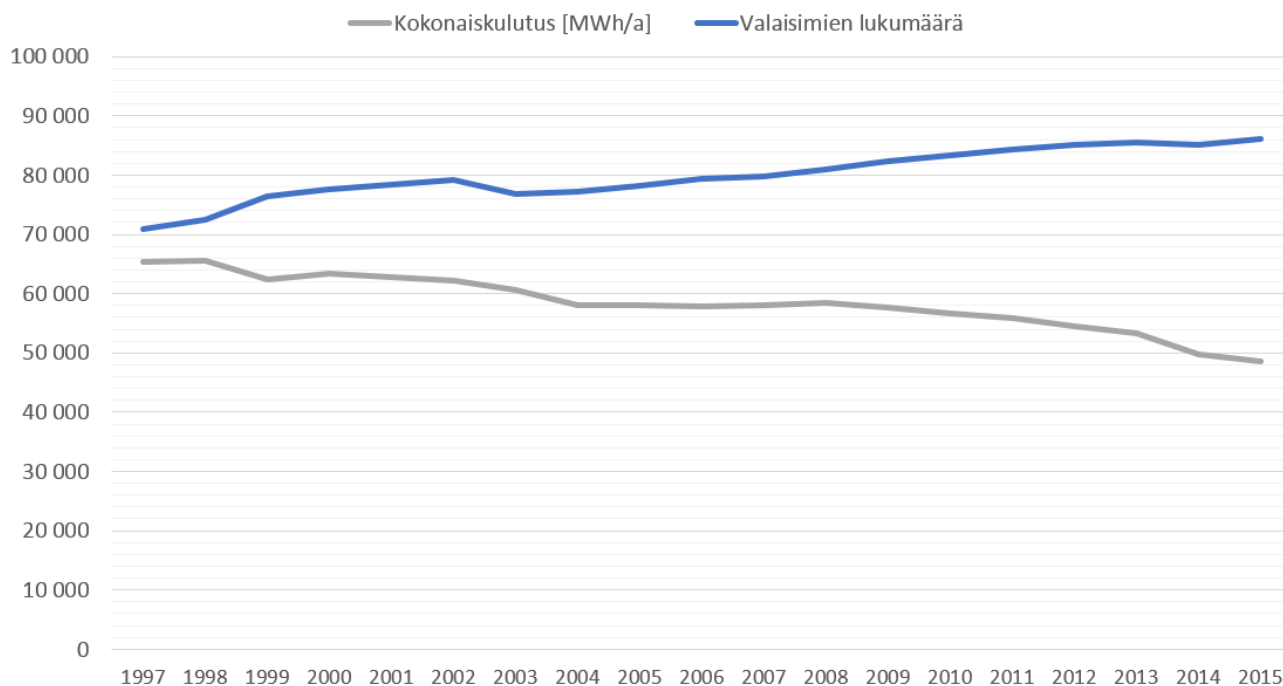
Helsinki oli Suomen kaupungeista ensimmäinen, jossa otettiin käyttöön julkinen ulkovalaistusverkko. Tämä tapahtui, kun Helsingin kaasuväläistussosakeyhtiö syytti ensimmäiset kaasuväläistukset silloiselle Heikinkadulle, nykyiselle Mannerheimintien eteläosalle, 14. marraskuuta 1860 ja pian tämän jälkeen kaasuväläistuksen saivat myös Esplanadit, Aleksanterinkatu, Kauppatori, Senaatintori, Unioninkatu ja Fabianinkatu. Kaasuväläistussosakeyhtiö sai yksinoikeuden toiminnalleen 40 vuodeksi, jonka jälkeen kaupunki lunnasti sen toiminnan. Kaasuväläistus lakkautettiin kokonaan vasta vuonna 1941.

Sähkövaloa testattiin ensimmäisen kerran VR:n konepajalla Helsingissä vuonna 1877 ja ensimmäiset kokeilut sähköllä toimivasta katuvalaistuksesta tehtiin 1885, kun Suomen ensimmäisen sähkölaitoksen perustanut Daniel Johannes Waden markkinointimielessä asensi kaksi sähkövaloa Unioninkadun Aleksanterinkadun kulmaan. Laajamittaisempi sähkövalaistuksen käyttö katuvalaistuksessa alkoi pari vuotta Helsingin kaupungin säh-

kölaitoksen perustamisen jälkeen vuonna 1911. Useat julkiset paikat olivatkin sähköisesti valaistuja jo ennen toista maailmansotaa. Sähkövalaistuksen todellinen kasvu alkoi kuitenkin 1950-luvulla, kun sähkölaitos teki yleissuunnitelman koko kaupungin kattavasta valaistuksesta ja seuraavan 30 vuoden aikana valaisimien määrä moninkertaistui. [18.]

3 Nykytilanne

Valaistuksen energiankulutus on laskenut laskenut, vaikkakin valopisteiden määrä on lisääntynyt keskimäärin tuhannella vuodessa. Kuvassa 2 on esitetty valaisimien lukumäärä ja energiankulutus vuosina 1997-2015.

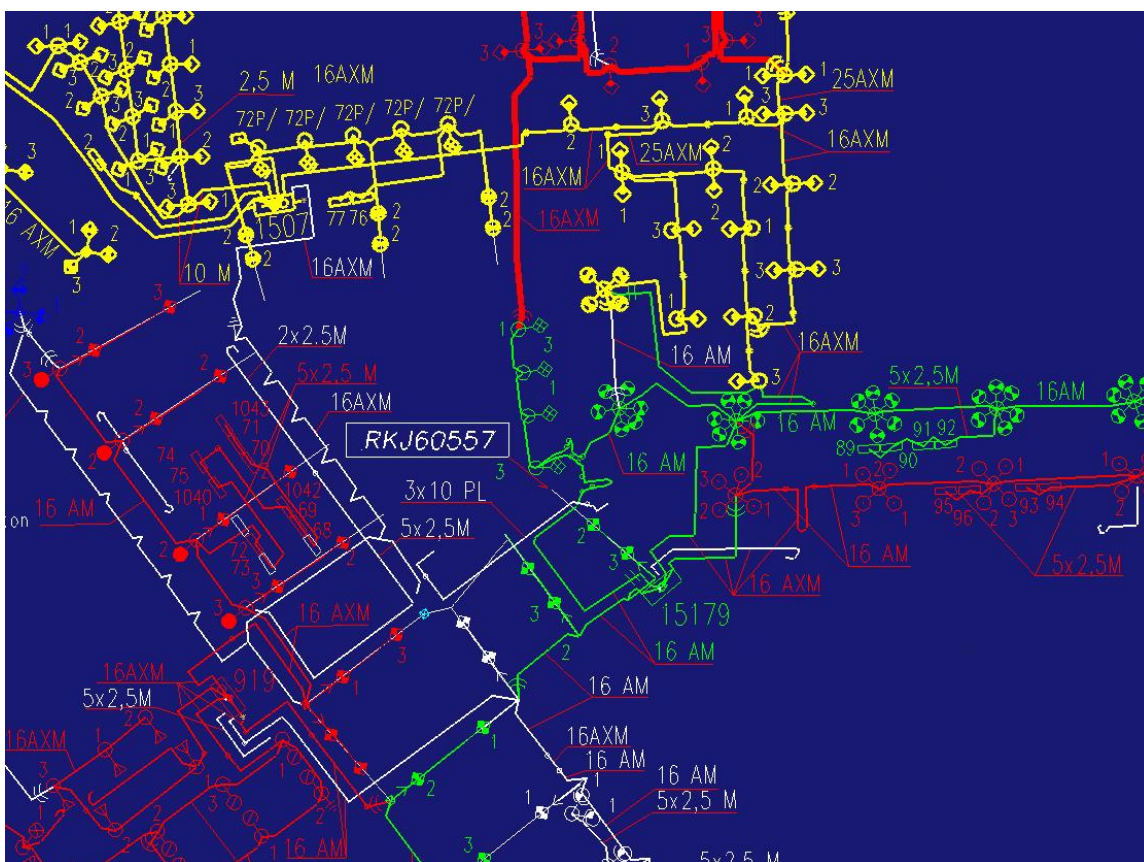


Kuva 2. Valaistuksen energiankulutuksen kehitys vuosina 1997-2015

Energiankulutus laskee pääosin kehittyvien valonlähteiden vuoksi, ja laskun oletetaan jatkuvan myös lähivuosina, kun ledivalaisimet yleistyvät. Tällä hetkellä käytännössä kaikki uusi Helsinkiin rakennettava katuvalaistus toteutetaan ledivalaisimilla.

3.1 Valaistusverkon rakenne

Valaistusverkon puumaisesti kytketty rengasverkkorakenne mahdollistaa valaistuksen syötön järjestämisen useaa eri reittiä. Kaapelivian sattuessa valaistus saadaan toimintaan kytkemällä vikaantunut kaapeli irti muusta verkosta ja järjestämällä syöttö vaihtoehtoisia reittejä. Ulkovalaistusverkko on rakennettu valaistuskeskusten osalta noudattaen n-1-periaatetta, joka tarkoittaa sitä, että minkään yksittäisen komponentin vikaantuminen ei estä valaistuksen toimintaa. Jos jokin keskus jää sähkönjakelun keskeytyksen takia ilman sähköä, voidaan jakorajoja muuttamalla valaistus pitää kuitenkin toiminnassa. Jakorajalla PEN-johtimet on kytketty toisiinsa, mutta äärijohtimet ovat galvaanisesti erillään. Kun syöttö järjestetään vaihtoehtoiselle reitille, antaa se lisäaikaa korjaustoimenpiteille, jolloin korjaus voidaan siirtää esimerkiksi pahimman routa-ajan ohii. Näin kaivuut tulevat halvemmaksi ja ovat helpommin toteutettavissa. Kaapelivian hakeminen kuuntelemalla on vilkkaasti liikennöidyllä alueella varsinkin lumiseen aikaan haastavaa.



Kuva 3. Verkkokarttaote verkkotietojärjestelmästä

Tärkeisiin kohteisiin syöttö voidaan järjestää useaa eri reittiä, joten useampikaan yhtäaikainen vika ei estä valaistuksen nopeaa korjausta jakorajoja muutta. Kuvassa 3 on verkkokarttaote kantakaupungin alueelta. Kuten kuvasta näkee, keskellä oleville vihreällä korostetuille mastoille voidaan jakorajoja avaamalla ja sulkemalla tuoda syöttö yhteensä neljältä eri keskukselta. Kuvan värit kertovat eri valaistuskeskusten syöttöalueet.

Valaistuslähdeissä käytetään uudisasennuksissa pääosin 4x25 AXMK -kaapelia, ja valaistuskuorma pyritään jakamaan tasaisesti kolmelle vaiheelle. Kaapeleiden mitoituksessa tulee ottaa huomioon verkon staattisen tilanteen lisäksi myös dynaamiset tilanteet, jolloin syöttö järjestetään normaalista tilanteesta poikkeavaa reittiä. Dynaamisessa tilanteessa kaapeleiden kuormitukset saattavat kasvaa, mutta kaapeloinnin mitoituksessa määrääväksi tekijäksi jää kuitenkin jännitteenalenema. Ulkovalaistukseen käytettävät verkot eroavat ominaisuuksiltaan pienjännitejakeluverkoista, mutta sähkötuovallisuudessa katuvalaistusverkot ovat kuitenkin rinnastettavissa näihin verkkoihin. (Verkosto-suositus US 4:92.).

Valaistusverkon tilanne pidetään koko ajan ajan tasalla digitoimalla kaikki verkkoon tehdyt muutokset verkkotietojärjestelmään. Ulkovalaistusverkko eheytetään vuoden 2015 aikana sähköverkkoyhtiön jalojaljijssä. Verkkoyhtiöt joutuvat maksamaan asiakkailleen korvauksia sähkökatkoksista, joten asiakkaille mahdollisesti kohdistettavien korvausten hallitsemiseksi verkkotietokannan ja sen jakorajojen tulee olla ajan tasalla. KUT oli vielä vuoden 2014 loppuun asti ollut osa Helsingin Energiaa, joten yhteistyö sähköverkkoyhtiön kanssa on tiivistä. Ulkovalaistus- ja sähkönjakeluverkko muodostavat yhtenäisen sähköverkkokokonaisuuden, joten myös ulkovalaistusverkon on hyvä olla ajan tasalla. Ajan tasalla oleva verkkotietojärjestelmä helpottaa ja nopeuttaa myös uv-verkon vikatilanteissa tehtäviä muutoksia. Jakorajan sijainti saadaan selvitettyä ilman valojen sytytystä, joten turhaa keskuksilla juoksemista saadaan vähennettyä. Tämä säästää luonnollisesti aikaa, kun valoja ei tarvitse sytyttää. Eheytetty verkko helpottaa myös ledivalaisimien käynnistysvirtojen hallintaa, kun tiedetään tarkasti, kuinka monta valaisinta valaistuslähtöön on kytketty. Oikosulkuvirtojen laskenta eheällä verkkotietojärjestelmällä on nopeaa ja varmistaa turvallisen toiminnan myös poikkeustilanteissa. Suurten valaisinmassojen yhtäaikainen sytytys saattaa laukaista suojausjauksia. Uuden ohjausjärjestelmän myötä valaistusta voidaan ohjata nyt myös etänä valaistuslähtötasoisesti, joten

verkkotilanteen on oltava ajan tasalla, jotta valaistuksen etäohjaus on turvallista ja siitä saadaan kaikki hyöty irti. [9.]

3.2 Helsinki LED -hanke

Helsingin kaupunginhallitus perusti vuonna 2013 Helsinki LED -hankkeen, jossa ehdotettiin julkisen ulkovalaistuksen noin 83 400 purkauslamppuvalaisimen saneeraamista ledeiksi vuoden 2016 loppuun mennessä. Hankkeen tavoitteena on parantaa kaupunkitilan viihtyvyyttä ja saada säästöjä energia- ja huoltokustannuksissa. Tiukasta aikataulusta ja kaikkien valaisimien uusimisesta kuitenkin luovuttiin suurten rakennuskustannusten ja nykyisen ulkovalaistuksen hyvän kunnon vuoksi. Helsingin kaupunginhallitus päätti 7.4.2015, että kaikki jäljellä olevat elohopeavalaisimet saneerataan pääosin ledivalaisetuksiksi. Pääkatujen osalta kustannustehokkain ratkaisu oli edelleen suurpainenatrium, joten pääkatujen saneerauksessa valaisinlajiksi tuli valita edelleen suurpainenatrium. [13, s. 5.]

Saneerattavien elohopeavalaisimien kokonaismäärä oli tuolloin 10 000 kpl ja saneerausaikataulu täsmentyi vuoden 2019 loppuun mennessä toteutettavaksi. Pidempi toteutusaika pienentää rakennuskustannuksia, kun osa saneerauksista voidaan toteuttaa muun kadunparannuksen yhteydessä tai yhteishankkeina sähköverkon ja teleoperaattoreiden kanssa. Vanhemmissa saneerattavista kohteista muukin tekniikka, kuten pylvää ja kaapeloinnit ovat myös teknisen elinikänsä päässä, joten ne on myös uusittava valaisinvaihdon yhteydessä. Yhteishankkeissa työstä kertyvät maanrakennuskustannukset jaetaan hankkeeseen osallistuvien operaattoreiden kesken ja saneerauksen kokonaishinta ulkovalaistuksen osalta pienenee oleellisesti verrattuna siihen, että saneeraus tehtäisiin vain valaistuksen osalta. [2.]

Helsinki LED -hankkeen taustalla vaikuttaa Helsingin kaupungin 4.12.2007 allekirjoittama kunta-alan energiatehokkuussopimus, joka on voimassa vuoden 2016 loppuun asti. Energiatehokkuussopimuksella pyritään toteuttamaan EU:n energiatehokkuusdirektiivin sekä Suomen energia- ja ilmastostrategian vaatimuksia. Sopimuksen myötä Helsingin tavoitteena on vähentää vuoden 2016 loppuun mennessä energiankulutustaan erilaisin menetelmin yhteensä 9 % vuoden 2005 tasosta. Ulkovalaistuksen osalta tämä

tavoite on jo reilusti ylitetty julkisen ulkovalaistusverkon energiatehokkuusohjelman myötä, mutta energiansäästötoimia jatketaan edelleen. Hankeen yhteydessä tehtyjen laskelmien mukaan Helsingin ulkovalaistuksen energiankulutus tulee laskemaan noin 15–20 % vuoden 2005 tasosta. [13, s. 5.]

3.3 Uusi ohjausjärjestelmä

Helsingissä leditekniiikan yleistymiseen on valmistauduttu uusimalla ulkovalaistuksen käyttöön tarkoitettu ohjausjärjestelmä, joka kattaa koko Helsingin julkisen ulkovalaistuksen. Parametrien muutokset tapahtuvat web-pohjaisen käyttöliittymän kautta. Järjestelmän perustana toimivat kolme valaistusvoimakkuuden mittausasemaa Kampissa, Vuosaarella ja Haltialassa. Kaupunki on valaistuksen ohjauksen kannalta jaettu läntiseen, itäiseen ja pohjoiseen osaan, joista jokaisella alueella on omat edellä mainitut mittaasemansa. Asemalta tulevan mittaustiedon pohjalta valaistuskeskuksissa olevat ohjausyksiköt ohjaavat valaistuslähtöjen kontaktorit joko päälle tai pois. Laitteiden välillä tapahtuva tiedonsiirto on varmistettu ja salattu moninkertaisesti toiminnan varmistamiseksi ja luvattoman käytön estämiseksi.

Palvelimen, mittausantureiden ja keskuskohtaisten ohjainlaitteiden välinen tiedonsiirto tapahtuu ensisijaisesti 3G/GPRS-datayhteyden kautta. Järjestelmä ei vaadi toimiakseen jatkuvaa yhteyttä palvelimeen, vaan mittaustieto tuodaan suoraan mittausasemalta keskuskohtaisille ohjainlaitteille. Jos keskuskohtainen ohjauslaitelaite jää kokonaan ilman tietoliikenneyhteyttä, ohjaa se valaistusta omalla sisäisellä varajärjestelmällään eli astronomisella kellolla. Varajärjestelmä ohjaa valaistusta auringon nousu- ja laskuaikojen mukaan, mutta kuitenkin siten, että ensisijaiselle mittaukseen perustuvalla ohjauksella annetaan tarpeeksi aikaa toimia. Valaistustaso riippuu paljon vallitsevista sääolosuhteista, joten auringon nousuaikaan perustuva ohjaus ei voi olla yhtä tarkka kuin todelliseen valaistustasoon perustuva lux-mittaus. Jokaisen keskuksen ohjauslaitteeseen voidaan ottaa yhteys myös GSM-puhelimella ja lähtöjä voidaan ohjata tarvittaessa manuaalisesti etänä. Järjestelmä mahdollistaa myös valaisinkohtaisen ohjauksen.

4 Kaasupurkauslampujen saneeraaminen

Ledivalaisimien käyttöön ohjaa EcoDesign-direktiivin asetukset N:o 245/2009 ja EU 347/2010, jotka pakottavat käyttämään energiatehokkaita valaistusratkaisuja. Direktiivi määrittelee energiaa käyttävien tuotteiden suunnittelun ja tuotekehityksen ekologiset vaatimukset ja sen tavoitteena on edistää kestävästä kehityksestä parantamalla muun muassa valaisimien energiatehokkuutta. Elohopeavalaisimia korvataan nyt kovaa vauhtia, sillä asetukset kielsivät elohopealampujen myynnin vuoden 2015 jälkeen. Asetusten valotehokkuus- ja elohopeapitoisuusvaatimukset kieltävät myös vartenotettavat suurpainenatriumlamput, jotka olisivat voineet korvata elohopealamput. Varastoissa olevat lamput saa kuitenkin myydä ja käyttää loppuun. Markkinoilta löytyy vielä joitakin monimetallilamppuja, joilla elohopealamput voidaan korvata. Esimerkiksi Helsingissä käytössä olevat Sylvania Relumina ja Iwasakin valmistama korvaava monimetallilamppu täyttävät energiatehokkuus- ja elohopeapitoisuusvaatimukset. Saneerattavia elohopeavalaisimia, jotka ovat edelleen varustettu elohopea eikä korvaavalla lampulla, on Helsingissä vielä noin 6000. Ne korvattaneen suurilta osin ledivalaisimilla laajemman saneerauksen yhteydessä tai pelkkiä valaisinvaihtoja tekemällä. [8; 10.]

Tässä luvussa on tarkoitus vertailla ledi- ja purkauslamppuvalaisimien ylläpito- sekä energiakustannuksia ja laskea esimerkkinä, onko elohopealamput korvaavien suurpainenatrium- ja monimetallilampujen saneeraaminen ledivalaistukseksi taloudellisesti kannattavaa pelkkiä valaisinvaihtoja tekemällä. Laskennasta rajattiin pois kaikki yli 30 vuotta vanhoissa pylväissä olevat valaisimet, sillä niitä täytyy tarkastella tapauskohtaisesti ja miettiä, olisiko järkevämpää saneerata muutakin tekniikkaa samalla. Kyseisiä korvaavilla purkauslamput varustettuja valaisimia on yhteensä vielä noin 10 000 kpl, joten elohopealamputvalaisimia on yhteensä 16 000 kpl.

4.1 Investoinnit ulkovalaistuksessa

Perinteisesti investoinnilla tarkoitetaan sijoitusta, josta odotetaan tuloja useampana kuin yhtenä tilikautena. [16]

Valaistuksessa ja muussa infrarakentamisessa tämä täytyy nähdä laajempina kokonaisuutena. Varsinaisia tuloja valaistusinvestoinneista ei kaupunkiorganisaatiossa tule vaan investointeja tehdään niillä saavutettavien keskeisten energia- ja ylläpitosäästöjen lisäksi, muun muassa kaupungin viihtyvyyden parantamiseksi, asukkaiden turvallisuudentunteen lisäämiseksi tai muista kaupunkikuvallisista syistä, kuten luvussa 3.2 todettiin. Investointien ajankohtaan vaikuttavat myös muiden infrarakentajien rakentamisaikataulu. Usein on kannattavaa saneerata ulkovalaistusverkkoa samaan aikaan muiden toimijoiden kanssa, vaikka verkon komponenttien tekninen elinikä ei olisikaan vielä aivan lopussa. Investoinneissa pyritään aina kokonaistaloudellisesti kannattavimpaan lopputulokseen. [19.]

Tässä työssä tarkastellaan myös valaisinvaihdon korotonta takaisinmaksuaikaa. Takaisinmaksuajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu siihen, että alkuperäinen investointisumma saadaan takaisin säästöjen, tuoton tai muiden investoinnin tuomien tulojen myötä. Investointi voidaan tehdä, jos takaisinmaksuaika on lyhempi kuin investoinnille sallittu enimmäistakaisinmaksuaika. Mitä lyhempi takaisinmaksuaika on, sitä kannattavampi investointi on. [17.]

Valaistussaneerauksesta ei suoranaisia tuloja siis saavuteta, joten investoinnin kannattavuus määräytyy saatavien ylläpito- ja energiasäästöjen suuruuden kautta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että saatavien säästöjen tulee valaisimen elinkaaren aikana olla suurempia kuin uusien valaisimien asennuksesta koituvat ylimääräiset kustannukset.

4.2 Elohopealamppuja korvaavat suurpaine- ja monimetallilamput

Taulukossa 1 on esitetty Helsinkiin asennetut elohopealamppuvalaisimet, joihin on sijoitettu korvaava monimetalli- tai suurpainenatriumlamppu elohopealampan sijasta. Lamput on jaoteltuna pylväskorkeuksien (5, 8 ja 10 m), pylvästyyppejen (metalli, puu) ja lampujen tehojen mukaan. Valaisinmäärät haettiin hakutoiminnon avulla Trimble NIS -verkotietokannasta ja ne sisältävät Helsingin koko julkisen ulkovalaistuksen. Tässä luvussa lasketaan tarvittavan investoinnin suuruus, jotta taulukossa 1 esitetyt valaisimet voitaisiin investoida ledivalaisimiksi. [3.]

Tarkastelu koskee vain alle 30 vuotta vanhoissa pylväissä olevia valaisimia, koska sitä vanhemmat kohteet saneerataan pian muutenkin vanhan tekniikan vuoksi.

Taulukko 1. Koonti korvaavista purkauslampuista alle 30 vuotta vanhoissa pylväissä. [3]

Määrä / Valaisinlaji	Sarakeotsikot					Kaikki yhteensä
	Metallipylväät		Puupylväät			
	+ 5	+ 8	+ 10	+ 8	+ 10	
Riviotsikot						
MM 46W CM45W FLS BUD/HOR-E27	183					183
MM 72W CM70W FLS BUD/HOR-E27	3903	100	25			4028
MM 85W CMI ME-85/30-E27	70					70
Suurpainenatrium 75W	1137	105	1	23	454	1720
Suurpainenatrium 110W		9	10			19
Suurpainenatrium 115W	698	65	1	45	2009	2818
Suurpainenatrium 210W			2			2
Suurpainenatrium 220W			3		1	4
Suurpainenatrium 250W			2			2
Kaikki yhteensä	5991	279	44	68	2464	8846
Korvaava led						
110W	76W	24W	18W			

Taulukon värikoodaus kertoo suuntaa-antavasti, minkä tehoisella ledivalaisimella eri lamput voidaan korvata. Korvaavat ledivalaisimien tehot valittiin Helsingin kaupungin tekemän ledivalaisinkilpailutuksen voittaneen tuotteen mallistosta. Kilpailutuksessa valaisinvalmistajia pyydettiin antamaan valaisimet eri valaistusluokkiin ja tarjouksissa saatiin voittaneelta tarjoajalta valaisinmallit taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Saneerauksessa käytettävät ledivalaisimet

Valaistusluokka	Pylväskorkeus	Teho	Teho (himmennys huomioitu)
P3	5 m	18 W	11,1 W
P3	8 m	24 W	15,5 W
M3	10 m	110 W	75,8 W
M4	8 m	76 W	52,4 W

Tämän tarjouksen pohjalta tehtiin oletus, että kyseisiä tehoja voidaan käyttää taulukossa 1 esitettyjen valaisimien korvaamiseen. Tämä oletus saattaa vääristää todellisesta tilannetta, sillä kysesisten kohteiden valaistusluokkia ei ole tiedossa. Tulevia vertailuja varten verkkotietokantaan voisi lisätä myös valaistusluokkatiedon, jotta korvaavan uuden valaisimen valitseminen olisi helpompaa. Katujen valaistusluokista on saatavilla erillinen kartta, ja se toimiikin hyvin yleisen tarkastelun tukena, mutta sen yhdistäminen näihin laskelmiin olisi ollut liian työlästä.

Taulukon 2 oletukset ovat pohjana kustannuslaskelmille, mutta korvaavuus täytyy kuitenkin varmistaa vielä suunnitteluvaiheessa tapauskohtaisesti, jotta valaistusluokkien vaatimukset täyttyvät. Lisäksi tulee varmistaa, että liikennemäärät eivät ole muuttuneet valaistusluokan määrittämisen jälkeen. Yhteensä noin viisi tuhatta korvaavaa purkauslampua on liikuntaviraston ulkoilureiteillä, joissa periaatteessa pystyy himmentämään enemmänkin. Tätä ei ole tässä työssä otettu huomioon ja yöaikainen lisähimmentäminen vaatisi vielä lisätutkimuksia. Valaisintyypit, joissa korvaavia purkauslampuja on käytetty vaihtelevat ja vastaavantyyppisen ledivalaisimen saatavuus ja hinta vaihtelevat. Laskelmissa käytetty valaisin on edullinen perusvalaisin, jolla voidaan toteuttaa lähinnä perinteistä reittivalaistusta. Suurin osa taulukon 1 valaisimista on korvattavissa tällaisella valaisimella.

Taulukossa 2 mainitut tehot ovat ledivalaisimien kokonaistehoja. Käytännössä valaisimia kuitenkin himmennetään himmennysprofiilien mukaisesti, jolloin valaisimen käyttämä keskimääräinen teho vuoden aikana on pienempi. Taulukossa 2 esitetyt himmennyksien jälkeiset keskimääräiset tehot laskettiin taulukon 7 mukaiset himmennykset huomioiden. Valaisimien paloaika vaihtelee vuodenaikojen ja myös sään mukaan, joten vuotuista paloaikaa eri himmennystasoilla on vaikea arvioida. Laskelmissa valaisimen oletettiin olevan vuosittain täydellä teholla 1500 tuntia ja himmennettynä yhteensä 2500 tuntia taulukon 7 mukaisesti. Valaisimien vuotuisia paloaikoja on syytä tutkia tarkemmin, jotta energiankulutusta voidaan tulevissa laskelmissa arvioida tarkemmin. Paloajat voidaan selvittää esimerkiksi ohjausjärjestelmästä saatavien sytytys- ja sammutustietojen avulla.

4.3 Kustannuslaskelmat

Valaisinvaihdon rakennuskustannukset laskettiin kaavalla 1, energiakustannukset kaavalla 2 ja vuotuiset ylläpitokustannukset kaavalla 3. Kaavat 2 ja 3 ovat Liikenneviraston Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu -ohjeesta. Kaavat olivat alun perin kehitetty laskemaan tiemetrikohtaisia hintoja, mutta näitä laskelmia varten muutettiin ne valaisinkohtaisiksi. Valaisinvaihdon rakennuskustannukset laskettiin 2015 tehdyssä 1700 valaisimen kilpailutuksessa saatujen hintojen perusteella.

$$K_{rv} = H_v n \quad (1)$$

$$K_{e1} = t_1 n P_i H_e k_v \quad (2)$$

$$K_{p1} = n \left(\frac{H_{lr LED}}{t_2} + q H_{ly} + C \right) \quad (3)$$

joissa:

K_{rv}	on valaisinvaihdon rakennuskustannukset kokonaisuudessaan
K_{e1}	on saneeratun valaistuksen ensimmäisen vuoden energiakustannukset koko valaistuksen osalta
K_{p1}	on vuotuiset ylläpitokustannukset, joka sisältää ryhmä- ja yksittäisvaihdot sekä pylväisiin liittyvät kiinteät kustannukset
H_v	ovat valaisimien vaihtokustannukset metalli- tai puupylväissä sisältäen vaihtotyön, ensimmäisen valonlähteen ja muut tarvikkeet
n	on saneerattavien valaisimien määrä metalli- ja puupylväissä

P_i	on korvaavan ledivalaisimen teho kilowatteina
H_e	on sähkön kokonaishinta (0,09 €/kWh)
t_1	on vuotuinen polttoaika (4000 h)
k_v	on vakiovalovirta ohjauskerroin (0,9)
$H_{lr LED}$	on ledivalaisimen ryhmävaihtokustannukset sisältäen puhdistuksen
t_2	ledivalaistusratkaisun tarkasteluajanjakson pituus (30 a)
q	on yksittäisvaihtojen suhteellinen määrä vuosittain
H_{ly}	on ledivalaisimen, moduulin tai liitäntälaitteen yksittäisvaihdon perushinta asennustöineen
C	on kiinteät kustannukset (€/pylväs), kunnossapidollinen ja verkkokäyttölinen kustannus, joka sisältää pylväiden suoritukset ja muita pylväisiin liittyviä töitä, kuten kolarikorjauksia.

Valaistuksen ylläpito jakaantuu kunnossapitoon, huoltoon ja verkkokäyttöön. Kunnossapito on suurilta osin komponenttien yksittäisvaihtoja, joiden lisäksi siihen sisältyy muiden nopeaa korjausta vaativien vikojen korjauksia. Huolto sisältää lamppujen ryhmävaihdot, joita tehdään käytännössä kausihuoltona kesäaikaan. Verkkokäyttöön kuuluu verkkoon tehtävät kytkentämuutokset ja niiden hallinta.

Ledien huolto- ja kunnossapitokustannusten laskemiseksi tehtiin seuraavat oletukset:

- valaisimien puhdistus viiden vuoden välein kausihuollossa

- puhdistustyön hinta 6 € kpl
- uuden valaisimen/ohjainlaitteen/ledimoduulin ryhmävaihtohinta 50 % nykyisen valaisimen hinnasta
- ryhmävaihtotyö 50 € kpl, ledimoduulien ja ohjainlaitteiden ryhmävaihto tehdään 15 vuoden välein, sisältää myös valaisimen puhdistuksen
- valaisimen elinkaaren puhdistuskustannukset 24 €
- yksittäisvaihtojen suhteellinen määrä vuosittain 2 %.

Taulukossa 3 on eritelty laskennassa käytettyjä parametreja. Puu- ja metallipylväiden rakennuskustannukset poikkeavat toisistaan, koska puupylväisiin tehtäviin valaisinvaihtoihin täytyy sisällyttää myös valaisinvarren vaihto huonon täkkipulttikiinnityksen vuoksi. Uudet valaisinvarret kiinnitetään metallipannalla pylvään ympärille. AMKA-linjaan tehtävä johdotus on myös hieman kalliimpi (AMKA 26 € ja metallipylväs 20 €) toteuttaa metallipylväiden sisäiseen johdotukseen verrattuna. Vaihtokustannukset otettiin Helsingin

kaupungin ledivalaisinvaihtoihin liittyvän asennuksien kilpailutuksen voittaneen urakoitsijan tarjouksesta.

Taulukko 3 Kustannuslaskelmissa käytetyt parametrit

Pääkadut (10m)	$H_{v \text{Metalli}}$ [€/kpl]	$H_{v \text{Puu}}$ [€/kpl]	P_i [kW/kpl]	n_{metalli} [kpl]	n_{puu} [kpl]	q
LED (110 W)	278	348	0,110	18	1	2 %
Kokoojakadut (8m)	H_v [€/kpl]	$H_{v \text{Puu}}$ [€/kpl]	P_i [kW/kpl]	n_{metalli} [kpl]	n_{puu} [kpl]	q
LED (76 W)	358	428	0,076	42	2054	2 %
Tonttikadut (8m)	H_v [€/kpl]	$H_{v \text{Puu}}$ [€/kpl]	P_i [kW/kpl]	n_{metalli} [kpl]	n_{puu} [kpl]	q
LED (24 W)	238	308	0,024	264	477	2 %
KLV:t, aukiot ja puistot (5m)	H_v [€/kpl]	$H_{v \text{Puu}}$ [€/kpl]	P_i [kW/kpl]	n_{metalli} [kpl]	n_{puu} [kpl]	q
LED (18 W)	233	312	0,018	5990	0	2 %

Taulukossa 4 on eritelty laskelmissa saatuja arvoja rakennus-, ylläpito- ja energiakustannuksista, jos kaikki taulukon 1 lamput korvataan ledivalaistuksella.

Taulukko 4. Uuden ledivalaistuksen rakennus-, energia-, ylläpitokustannukset

Pääkadut	K_{rv} (metallipylväs) [€]	K_{rv} (puupylväs) [€]	K_{e1} [€/kpl]	$K_{e1, valaisin}$ [€/a]	K_{p1} [€/a]
LED	5 004	348	518	27,287	225
Kokoojakadut	K_{rv} [€]	K_{rv} [€]	K_{e1} [€/a]	$K_{e1, valaisin}$ [€/a]	K_{p1} [€/a]
LED	15 036	879 112	39 515	18,853	27 667
Tonttikadut	K_{rv} [€]	K_{rv} [€]	K_{e1} [€/a]	$K_{e1, valaisin}$ [€/a]	K_{p1} [€/a]
LED	62 832	146 916	4 141	5,589	8 299
KLV:t ja puistot	K_{rv} [€]	K_{rv} [€]	K_{e1} [€/a]	$K_{e1, valaisin}$ [€/a]	K_{p1} [€/a]
LED	1 395 670	-	24 017	4,010	67 587
Yht.	1 478 542	1 026 376	68 192		

4.4 Tulokset

Taulukossa 5 on esitetty saneerauksella saavutettavat energiasäästöt S_{e1} , ylläpitosäästöt S_{kp1} sekä sähkön kulutuksessa S_e ja hiilidioksidipäästöissä S_{CO2} tapahtuvat muutokset sekä investoinnin koroton takaisinmaksuaika.

Taulukko 5 Valaisinvaihdolla saavutetut säästöt ja investoinnin koroton takaisinmaksuaika

	Valaisimia [kpl]	K_{rv} [€]	S_{e1} [€]	S_{kp1} [€]	S_e [GWh/a]	S_{CO2} [t]	koroton takaisinmaksuaika (a)
Pääkadut	19	5 352	562	- 110	0,006	2	11,9
Kokoojakadut	2 096	894 148	54 085	- 15 215	0,601	172	23,0
Tonttikadut	741	209 748	18 899	- 2 243	0,210	60	12,6
KLV:t, aukiot ja puistot	5 990	1 395 670	164 983	12 458	1,833	524	7,9
Yhteensä	8 846	2 504 918	238 528	- 5 110	2,650	758	10,7

Pörssisähkön CO₂-ominaispäästöt

286 g/kWh

		K_{rv} [€]	K_{e1} [€]	K_{kp1} [€]	Sähkönkulutus [GWh/a]
Pääkadut	Nykytila	-	1 080	115	0,012
	Saneeraus	5 352	518	225	0,006
Kokoojakadut	Nykytila	-	93 600	12 452	1,040
	Saneeraus	894 148	39 515	27 667	0,439
Tonttikadut	Nykytila	-	23 040	6 056	0,256
	Saneeraus	209 748	4 141	8 299	0,046
KLV:t, aukiot ja puistot	Nykytila	-	189 000	80 045	2,100
	Saneeraus	1 395 670	24 017	67 587	0,267
Yhteensä	Nykytila	-	306 720	98 669	3,408
	Saneeraus	2 504 918	68 192	103 779	0,758

Nykytilan, eli korvaavien purkauslamppujen, ylläpitokustannukset koostuvat lamppujen ryhmä- ja yksittäisvaihdosta sekä näiden yhteydessä tehtävästä puhdistuksesta ja muista pienistä korjauksista. Lampunvaihdon yhteydessä valaisimen kunto on tarkastettu, pienet viat korjattu ja optiikka pudistettu. Lampunvaihdon yhteydessä valaisimet koepoltetaan ja samalla tarkastetaan myös verkon toiminta. Korvaavien purkauslamppujen ylläpitokustannukset laskettiin ledivalaisimien tapaan kaavalla 3. Lamppujen polttoajat (t_2), ryhmä- ja yksittäisvaihtojen kustannukset (H_i ja H_{iy}) sekä yksittäisvaihtojen suhteellinen määrä (q) on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Lamppujen elinikä, ryhmä- ja yksittäisvaihto kustannukset sekä yksittäisvaihtojen suhteellinen määrä

	t_2 [a]	H_1 [€/kpl]	H_{ly} [€/kpl]	q
Monimetalli	6	50	60	5 %
Suurpainenatrium	20	25	35	5 %
LED	30			2 %

Yksittäisvaihtojen keskimääräinen hinta saatiin kaikkien vuonna 2015 Pohjois Helsingin alueella tehtyjen yksittäisvaihtojen kustannuksista. Otokseen sisältyi 609 yksittäisvaihtoa ja näiden työn osuuden hinnaksi oheiskustannuksineen tuli noin 20 €/kpl. Yksittäisvaihtoja tehdään jatkuvasti tuntityöveloituksella muiden vikojen korjauksien yhteydessä. Verkossa esiintyvien vikojen korjauksen yhteydessä tehdyissä koepoltoissa havaitut palaneet lamput vaihdetaan samalla kertaa. Helsingin vikailmoitusjärjestelmään tulee vuosittain noin 4000 ilmoitusta ja iso osa näistä on juuri yksittäisvaihtoa vaativia vikoja. Taulukon 6 ryhmävaihtokustannukset ja lamppuihin liittyvät kustannukset ovat kilpailutettuja yksikköhintoja.

Himmennyksiä ei näiden korvaavien purkauslamppujen yhteydessä ole käytössä, joten niitä ei tarvitse huomioida. Energiankulutuksessa otettiin kuitenkin huomioon myös liitäntälaitteiden tehot.

Laskelmien mukaan korvaavista purkauslamppuista ledivalaistukseen siirryttäessä vuotuiset huolto- ja kunnossapitokustannukset pysyvät käytännössä samoina. Vuotuiset energiakustannukset puolestaan laskevat noin 240 000 €. Kaikkien korvaavien purkauslamppujen saneeraus- ja kunnossapitokustannukset ovat noin 2,5 milj. euroa ja investoinnin koroton takaisinmaksuaika on 10,7 vuotta.

4.5 Johtopäätökset

Kevyenliikenteenväylillä, puistoissa ja aukioilla monimetalli-lamppujen hinta ja vikaherkkyys ovat sen verran suuret, että huolto- ja kunnossapitokustannukset putoavat ledeihin siirryttäessä. Suuritehoisten lamppujen poistuminen taas pienentää näiden alueiden

energiankulutusta ja tuo säästöjä sitä kautta. Näiden alueiden saneerauksen takaisinmaksuajaksi tulee 7,9 vuotta. Näiden osalta takaisinmaksuaika on sen verran lyhyt, että saneeraus on perusteltua.

Valaistussaneerauksessa on kuitenkin otettava takaisinmaksuajan ja energiasäästöjen lisäksi muitakin seikkoja huomioon. Saneeraus kannattaa aloittaa vaiheittain huonokuntoisimmista ja ongelmallisimmista valaisimista. Jotkin muovivalaisimet ovat kaupunkikuvallisesti ja tekniikaltaan heikkoja. Esimerkiksi erään paljon käytetyn valaisinmallin muovioptiikka ei kestä suuritehoisen suurpainenatriumlampun lämpöä ja optiikoita joudutaan vaihtamaan metallisiksi.

Taulukossa 1 esitetyt 115 W ja 75 W korvaavat suurpainenatriumlamput on asennettu suurilta osin huonokuntoisiin valaisimiin muun muassa ulkoilureiteille ja ne voitaisiin todennäköisesti korvata taulukossa ehdotettua 76 watin valaisinta pienitehoisemmalla valaisimella. Osassa näistä liikuntaviraston valaisimissa on käytössä kaksoiskuristin, joka mahdollisti korvaavan 75 W suurpainenatriumlampun käytön. Kuten luvussa 4.2 todettiin, näitä voidaan himmentää myös nykyisiä asetuksia enemmän. Saatavat energiasäästöt ovat näiden osalta siis todennäköisesti todellisuudessa suuremmat ja takaisinmaksuaika lyhempi. Ulkoilureiteillä valaisimen kaupunkikuvallisuus ei ole niin tärkeää ja edullinen perusvalaisin soveltuu sinne erittäin hyvin.

Laskelmien tuloksien luotettavuuteen vaikuttavat kohteiden valaistusluokkatiedon puuttuminen ja epävarmuus oletetun korvaavan ledivalaisimen sopivuudesta. Mahdolliset verkkotietokannassa olevat inhimilliset virheet esimerkiksi pylväskorkeuksissa voivat myös luoda pienen virheen laskelmiin. Nämä virheet eivät tosin ole yleisiä. Ledien huolto- ja kunnossapitokustannuksien suuruus on myöskin vain arvio. Jonkun verran lisäkustannuksia saattaa tulla myös esimerkiksi pylväshattujen lisäämisestä puupylväisiin, sekä mahdollisista pylväskohtaisten sulakkeiden uusimisesta. Vanhemmissa pylväissä olevat sulakkeet ja sulakepohjat on usein syytä vaihtaa.

Näiden seikkojen lisäksi saneerauspäätöksissä tulee ottaa huomioon myös ledien kehitys, sekä nykyisten lampputyypin poistuminen markkinoilta. Vanhoja lamppuja löytyy vielä jonkin verran varastoista, mutta saneeraus täytyy olla tehtynä viimeistään siinä vaiheessa, kun lamput loppuvat. Valkoisten ledien valotehokkuus on tällä hetkellä noin 150

lm/W ja vuoteen 2020 mennessä sen odotetaan nousevan noin 200 lm/W arvoon asti, eli noin 10 lm/W vuosittain. Valaisimen valotehokkuus on luonnollisesti tätä pienempi. Tämän tarkastelun ulkopuolelle jäi joitakin taulukossa 1 esitettyjä tehokkaampia korvaavia purkauslamppuja, koska laskelmista rajattiin pois kaikki yli 30 vuotta vanhoissa pylväissä olevat valaisimet. Ne olisi syytä käydä läpi ja viedä saneeraukseen, koska tekniikka on todennäköisesti niiden osalta jo elinikänsä päässä.

Myös suuritehoiset uudet ledivalaisimet alkavat olla varteenotettavia vaihtoehtoja isotehoisia valaisimia vaativiin kohteisiin ja niistä kannattaisikin käynnistää valaisinkilpailutus. Saatujen hintojen ja toisaalta noin 10 lm/W valontuoton lisäys huomioiden tulisi suunnitella mistä ja milloin valaisinvaihtojen teko, myös muiden kuin korvaavien purkauslampujen, osalta kannattaa aloittaa. Saneerauspäätösten tueksi tulee myös laskea millaiset kustannukset saneerauksista oletettavasti syntyvät ja millaiset säästöt saavutetaan, jos valaisinvaihdot toteutetaan tulevina vuosina. Tulevaisuuteen sijoituvissa laskelmissa tulee ottaa huomioon ledivalonlähteiden kehitys.

Kiireellisimpiä saneerattavia tällä hetkellä ovat kuitenkin isotehoiset korvaavat purkauslamput. Ne poistuvat markkinoilta ensi vuonna ja ovat yleensä kiinni huonokuntoisissa valaisimissa, joihin ei enää saa varaosia. Ne kuluttavat eniten energiaa ja ovat yleensä aukioille sijoitettuja suurpainenatriumlamppuja. Aukioille sopisi keltaista valoa paremmin ledivalaisimien parempi värintoisto. Näihin suuritehoisiin purkauslampuihin lukeutuu myös 350 W korvaava suurpainenatriumlamppu, joka jäi tässä työssä tehdyn tarkastelun ulkopuolelle pylväiden ikärajan vuoksi. [20.]

Investointikustannusten suuruuden vuoksi laajempi saneeraus vaatii toteutuakseen päätöksen kaupunginhallitukselta. Saneerauksella saavutetaan energiankulutuksen piene-
nemisen myötä myös 758 tonnin vuotuiset säästöt hiilidioksidipäästöissä, joka vaikuttaa osaltaan myös saneerauspäätöksen tekemiseen.

5 Ledivalaistukseen siirtymisen hyödyt

Ledivalaistukseen siirtymisessä on monia hyötyjä: muun muassa saavutettavat energiansäästöt, tekniikan oletettu pitkäikäisyys, valaisimien parempi ohjattavuus, RGB ja muu tehostevalaistus ja erilaisten optiikoiden mahdollisuudet. Paremmin hallittavissa olevalla optiikalla valaisimen valo saadaan haluttuun paikkaan aiempaa täsmällisemmin, joten valaisimen optimointi erilaisiin käyttötarkoituksiin on helpompaa. Näiden lisäksi valaisimen kunnon seuranta paranee, jos DALI-väylän kautta otetaan esimerkiksi lämpötila- ja virtatietoja ylläpidon käyttöön.

5.1 Energiansäästö, ohjattavuus ja valkoinen valo

Ledien tulo ulkovalaistukseen tuo suuria energiansäästöjä valonlähteiden hyötysuhteen paranemisen myötä. Energiansäästöä tulee myös parantuvan ohjattavuuden ansiosta. Valaisimiin ohjelmoitavien himmennysprofiilien avulla valaistustasoa voidaan säätää kellonaikojen mukaan ja laskea valaistustasoa siltä ajalta, kun liikennemäärät ovat vähäisiä. Valaisinkohtaisella ohjausjärjestelmällä voidaan mukaan liittää myös erilaisia antureita esimerkiksi liiketunnistimia tai antaa painonappien avulla ohjausmahdollisuus valaistuksen käyttäjille esimerkiksi suljetuissa koirapuistoissa tai leikkipaikoilla.

Ledien ja monimetallilampun värintoistoindeksi on ($R_a > 60$) keltaista valoa tuottavaan suurpainenatriumlamppuun ($R_a < 25$) verrattuna parempi, ja ne sopivatkin tämän vuoksi hyvin kukkaistutuksille ja muille alueille, joissa värien halutaan toistuvan luonnollisella tavalla. Ihmisten subjektiivisten kokemusten mukaan valkoinen valo koetaan keltaista valoa kirkkaammaksi, vaikka valaistustasot ovat todellisuudessa samat. Jalankulkijat kokevat ympäristön yleensä turvallisemmaksi valkoisessa valossa suhteessa keltaiseen valoon. Ihmissilmä herkistyy valon lyhemmille aallonpituuksille valaistustason laskiessa ja valkoista valoa käytettäessä ääreisnäkeminen hämärässä paranee. Väreillä on myös vaikutusta kohteiden ja esteiden näkyvyyteen ja kuljettajien havaitsemisetaisyyskyysiin. [13, s. 7]

Valkoinen valo ei kuitenkaan aina ole paras vaihtoehto, vaan suurpainenatriumin keltaiselle valollekin on omat käyttökohteensa. Esimerkiksi Helsingin Puuvallilassa suurpainenatriumlamppuun päädyttiin sen luoman tunnelman takia. Vanhalla puutaloalueella keltainen valo korostaa punaisia sävyjä ja luo vanhanaikaiseen miljööseen sopivan tunnelman. Kellertävä valaistus muistuttaa perinteistä kaasuväläistystä. Punaisten sävyjen korostamisen vuoksi suurpainenatriumlamppu soveltuu hyvin myös tiilisten julkisivujen valaisuun.

Ihmisen silmän mykiön tiedetään kellastuvan iän myötä. Sen läpäisevyys lyhyiden (sinisten) aallonpituuksien osalta heikkenee, mutta pysyy samana pidempien, eli punaisten aallonpituuksien alueella. Tämä suosii keltaista valoa. Valonlähteet, joilla on laaja spektri (valkoinen valo) aiheuttavat ihmisten subjektiivisten kokemusten mukaan herkemmin häikäisyä. Myös valon väriämpötila vaikuttaa häikäisyn kokemiseen: mitä viileämpi värisävy sitä voimakkaampi häikäisy. Häikäisyn vaikutus kasvaa myös iän myötä. Kuljettajien näöntarkkuus ja havaitsemisnopeus ovat parempia monokromaattisessa valaistuksessa. Ihmisen näkökenttä kapenee nopeuden kasvaessa jolloin ääreisnäön merkitys vähenee. Valkoisen valon, ja varsinkin sinisten aallonpituuksien, haitallisista vaikutuksista ympäristöön, ihmisiin ja muihin eläinlajeihin ei myöskään tällä hetkellä tunneta riittävästi. Aihe on kuitenkin ollut paljon esillä erilaisissa kansainvälisissä tapahtumissa ja tieteellisissä julkaisuissa. [10, 13 s. 7-8]

5.2 Ylläpito

Ledivalaisimiin siirtyminen muuttaa ulkovalaistuksen ylläpitoa oleellisesti. Tällä hetkellä valaisimien huoltoa rytmittää purkauslamppujen ryhmävaihtoväli. Lampunvaihdon yhteydessä valaisimen kunto on tarkastettu, pienet viat korjattu ja optiikka sekä kupu puhdistettu. Ledimoduulien elinikä on perinteisiä purkauslamppuja pidempi, joten valonlähteen vaihtotyötä ei tarvitse tehdä niin usein. Ledivalaisimien kohdalla laitteiden teknisen elinikä oletetaan olevan jo yli 20 vuotta. Tämä elinikä kattaa kaiken valaisimen tekniikan: ohjainlaite, optiikka, ledimoduulit ja runko. Ledien huoltovälin määritteleväksi työksi jää siis valaisimen puhdistus. Jos valaisinta ei ole enää jatkossa tarvetta avata niin usein, tai ollenkaan, puhdistus voitaisiin tehdä myös ulkoa päin esimerkiksi vesisuihkulla, jos valaisimen IP-luokitus ja ympäristön olosuhteet sen sallivat. Purkauslamppujen kohdalla

optiikan puhdistus tarkoittaa yleensä valaisimen kuvun ja peilin pyyhkimistä puhtaaksi käsin lampunvaihdon yhteydessä.

Ledien ylläpidosta ei kuitenkaan ole käytännön kokemusta. Ledivalaisimet eivät kuitenkaan ole yhtä herkkiä likaantumaan kuin purkauslamppuvalaisimet. Purkauslamppujen korkeat lämpötilat aiheuttavat sen, että valaisimen peili ja ennen kaikkea kupu kuumelevat huomattavasti, jolloin katupöly ja muu lika palaa kupuun kiinni. Ledivalaisimissa syntyvä lämpö taas on helpommin hallittavissa ja se johdetaan jäähdytyslementtien avulla pois päin valaisimen optiikasta ja kuvusta, jolloin valaisimen kupu eli Helsingin tapauksessa tasolasi, ei pääse kuumenemaan eikä lika pala lasiin kiinni. Tutkimuksia likaantumiseen liittyen on aluillaan, mutta ne ovat pitkäaikaisia eikä tuloksia vielä ole saatavilla. Tämän lisäksi likaantuminen on hyvin paikkasidonnaista ja uutta tekniikkaa käyttönotettaessa olisikin hyvä tehdä valaistusvoimakkuusmittauksia heti valaisimen asennuspäivästä lähtien. Näin saadaan kerättyä tietoa likaantumisesta johtuvasta valaistusvoimakkuuden alenemisesta. Paikallisella tasolla likaantumiseen vaikuttaa ainakin ympäristön epäpuhtaudet, ilmankosteus, valaisimen rakenne ja asennuskorkeus. Vilkaasti liikennöidyillä kaduilla katupölyä nousee ilmaan enemmän kuin hiljaisemmilla tonttikaduilla, joka luonnollisesti nopeuttaa valaisimien likaantumista.

5.3 Valaisimesta saatavat tiedot

Jotta valaisimelta saadaan tuotua tietoja ohjausjärjestelmän käyttöön, tulee valaisimen liitäntälaitteen ja valaisinkohtaisen ohjauslaitteen käyttää keskinäiseen kommunikointiin DALI-standardia, joka kykenee kaksisuuntaiseen liikenteeseen. Vanhempaa standardia, eli 1–10 V-ohjausta, voidaan käyttää ainoastaan himmennystason valaisimelle viemiseen jännitetasoa muuttamalla. Valaisinkohtaisen ohjauksen käyttäminen on vielä suhteellisen kallista, koska sen toteuttamiseksi valaisimiin joudutaan viemään ylimääräisiä laitteita, eli valaisinkohtainen ohjauslaite. Parempi vaihtoehto olisi yhdistää liitäntälaite ja valaisinkohtainen ohjauslaite yhdeksi kokonaisuudeksi. [20.]

Tulossa olevan DALI 2-standardin lupailaan tuovan mukanaan vielä paremmat raportointimahdollisuudet valaisimelta ulospäin. [15]

Valaisimesta on hyvä saada ainakin virtatieto ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän käyttöön. Muita seurattavia suureita voisivat olla esimerkiksi elektroniikan ja sen ledimoduulin lämpötila, joita seuraamalla voidaan arvioida valaisimen kuntoa. Komponenttien lämpötilan nousua voidaan arvioida myös valaisimen käyttämästä virrasta. Ledivalaisimen lämpösuoja rajoittaa automaattisesti virtaa, mikäli se on vaarassa ylikuumentua. Tietojen pohjalta voidaan ohjelmoida myös erilaisia hälytyksiä, jotka nopeuttavat vikojen korjaamista. Virtatiedon avulla voidaan varmistaa myös valaisimeen ohjelmoidun himmennysprofiilin toiminta. Ilman tällaista seuranta valaisimen käyttämän himmennysprofiilin toiminnan osalta täytyisi luottaa vain valaisinvalmistajaan. Kansalaispalautteeseen ei himmennysten osalta voi luottaa, sillä himmennysten väliset erot eivät ole silmämääräisesti havaittavissa.

Käytössä olevan himmennuksen tason voi siis tällä hetkellä varmistaa valaisinkohtaisen ohjainlaitteen kautta valaisimen käyttämästä virrasta. Toinen vaihtoehto etänä tehtävään himmennysprofiilin seurantaan on tarkkailla valaistuksen kokonaisenergiankulutusta. Se onnistuu esimerkiksi keskuksessa olevan verkkoyhtiön energiamittarin avulla. kWh-mittarin tuntimittauksen pohjalta voidaan periaatteessa tarkastaa, onko energiankulutus pudonnut himmennysasetusten mukaisesti. Sähkönmyyjät tarjoavat palveluita, joiden avulla kulutustietoja on mahdollista tarkastella käyttöpaikoittain. kWh-mittari mittaa kuitenkin kaikkea keskuksessa olevaa valaistusta, joten himmennuksen toiminnan saa selvitettyä vain ottamalla laskelmissa huomioon myös muun kuin keskuksen perässä olevan ledivalaistuksen. Energiankulutustieto on myös mahdollista tuoda suoraan kWh-mittarissa olevalta koskettimelta ulkoisten järjestelmien käyttöön. [7, s. 19]

Himmennyksen toimintaa voidaan seurata myös valaistuksen ohjausjärjestelmään liitettävien valaistuskeskuksen virta- ja jännitemittauksien avulla. Sen avulla voidaan reaaliajassa seurata keskuksen virtaa ja jännitettä. Mittamuuntajat voidaan asentaa myös valaistuslähtöihin, jolloin esimerkiksi vikojen sijaintiin päästään paremmin käsiksi. Ohjausjärjestelmään liitettävästä mittauksesta on paljon muutakin hyötyä. C2MU on Helsingissä käytössä olevaan C2 SmartLightin ohjausjärjestelmään liitettävä mittausyksikkö. Yöhimmennysten toteutumisen seuraamisen lisäksi sen avulla voidaan saada muun muassa hälytyksiä koko vaiheen virtojen nopeasta romahtamisesta tai virta-arvojen poikkeamista asetelluista raja-arvoista. Keskeisesti sen avulla voidaan analysoida vikoja,

luokitella vikojen vakavuusasteita, seurata valaistusinfrastruktuurin muutoksia ja keskus-
ten alaisten valojen palamisstatusta. Mittaukset tukevat siis verkkokäyttöä, ja niiden
avulla saadaan kuormitustietoa. Myrskytuhojen korjausvaiheessa keskuskohtaiset mit-
taustiedot nopeuttavat korjaustoimintaa.

6 Valaisimien dokumentointi

Ledivalaistuksen dokumentointi on tärkeää koko valaistuksen rakentamis- ja ylläpitoprosessin kannalta. Valaisimien tarkat tiedot löytyvät laitteiden valmistajilta, mutta nyt, kun ledivalaisimet alkavat yleistyä, kilpailu markkinoilla kovenee ja heikoimmat yritykset puutoavat mahdollisesti pois kilpailusta, joten on tärkeää että tiedot ovat verkonhaltijan omilla tietojärjestelmissä.

Ledivalaisimien standardointi on vielä kesken, ja markkinoilla olevat valaisimet ovat hyvin erilaisia. Tästäkin syystä valaisimien teknisistä tiedoista on hyvä pitää myös omaa tietokantaa eikä luottaa siihen, että tiedot ovat aina saatavilla valmistajilta. Oman verkkotietojärjestelmän käyttö valaisimien dokumentointiin helpottaa myös valaisimien huoltoa, kunnossapitoa sekä näiden suunnittelua, koska se mahdollistaa valaisimen haun niiden ominaisuuksien pohjalta. Tietokantaan tulee tallentaa laajasti tietoa valaistusverkon kaikista komponenteista. Dokumentoinnin avulla esimerkiksi ledivalaisimet, joissa on keskenään sama laitevika, voidaan paikantaa verkkokartalta ja tarvittaessa korjata.

6.1 Dokumentointiprosessi

Valaisimien dokumentointi osana rakennusprosessia etenee tällä hetkellä seuraavasti: Valaistussuunnitteluvaiheessa selvitetään valaisimilta vaadittavat ominaisuudet ja ehdotetaan sen pohjalta, mitä valaisimia käytetään. Suunnitelma tulee tarkastettavaksi ja lähtee toteutukseen, mikäli muutoksia ei ole tarvetta tehdä. Kun rakennushanke on myöhemmin viety loppuun, urakoitsija dokumentoi eli digitoi tiedot asennetuista valaisimista verkkokartalle. Näin syntyy verkkotietojärjestelmän LED-tuotekortti. Tämän jälkeen hankkeen rakennuttaja tarkastaa digitoinnin ja pyytää tarvittaessa tekemään korjauksia. Kun hanke on otettu vastaan ja takuu-aika alkaa, siirtyy valaistus ylläpitoon.

Valaisimien tiedot voidaan kuitenkin dokumentoida rakennusprosessin eri vaiheissa. LED-tuotekortin voi täyttää myös esimerkiksi valaisinvalmistaja tai maahantuojaja. Jos rakennusprojekti viivästyy ja valaisimet ehtivät sillä aikaa kehittyä, on perusteltua käyttää valaisimen uudempaa mallia tai kokonaan toista valaisinta. Tässä tapauksessa LED-tuotekorttiin digitoitujen tietojen on myös muistettava muuttua ajantasaisiksi.

6.2 Digitoinnin ohjelmallinen tukeminen

Valaisimien tiedot voitaisiin dokumentoida, myös esimerkiksi esitäytetyiksi valaisinkortiksi verkkotietojärjestelmän ”Lisää suosikkikohteita” -toiminnolla. Esitäytetyt kortit nopeuttavat urakoitsijan dokumentointia, kun eniten käytettyjen valaisimien tiedot on täytetty suurilta osin valmiiksi. Verkkotietokantaan saadaan myös ajettua tietoja suoraan valaistussuunnitelmasta, joten yksi vaihtoehto on tehdä suunnitelman pohjalta alustava digitointi, jossa valaisintiedot olisivat jo mukana ja ajaa se jo valmiiksi verkkotietojärjestelmään. Urakoitsijan dokumentoijan tarvitsisi tässä tapauksessa tehdä digitointiin muutoksia vain jos alkuperäisestä suunnitelmasta on poikettu ja tarkastaa, että verkko on yhtenäinen ja järjestelmän laskentaominaisuudet sekä muut toiminnot toimivat kuten pitääkin.

LED-tuotekortin digitointia voidaan tukea myös pakkosyöttökenttien avulla tai korostamalla tärkeitä kenttiä tuotekortista tehostevärillä. Pakkosyöttökentillä tarkoitetaan kenttää, joka on täytettävä päästäkseen digitoinnissa eteenpäin. Näin saadaan varmistettua, että ainakin oleellisin tieto tulee tallennettua. Verkkotietokanta mahdollistaa myös hierarkian rakentamisen eri kenttien välille. Esimerkiksi kun tuotekortille valitaan valaisimen valmistaja, ohjelma antaa alasvetovalikkoon vaihtoehtoiksi kyseessä olevan valmistajan eri tuoteperheet. Kun tuoteperhe on valittu, valittavaksi tulevat tuoteperheiden eri valaisinnallit ja niin edelleen. Myös tiedon syöttötapaan kannattaa kiinnittää huomiota, kun päätetään LED-tuotekorttiin lisättäviä tietoja. Kun käytetään pudotusvalikoita ja esiaseiteltuja vaihtoehtoja, kirjoitusvirheet jäävät pois ja tieto on esitetty jokaisen valaisimen kohdalla samalla tavalla. Tämä helpottaa tietojen hakua tietokannasta esimerkiksi ylläpitoa varten. Avoimia tekstikenttiäkin tarvitaan mahdollisten lisätietojen merkitsemistä varten. [11.]

6.3 Tietokantaan merkittävät tiedot

Kuten koko valaistusverkosta, myös ledivalaisimista kannattaa verkkotietokantaan tallentaa tietoa mahdollisimman laajasti.

Esimerkkejä tietokantaan merkittävistä tiedoista:

- **Valmistaja** (pudotusvalikko)
- **Tuoteperhe** (pudotusvalikko)
kertoo valaisimen mallin.
- **Tuoteperheen koodi** (pudotusvalikko)
kertoo tarkemmin valaisimen ominaisuuksista. Koodiin on usein upotettu tieto esimerkiksi valaisimen optiikasta ja tehosta.
- **Valaisin ID-numero**
on jokaisella valaisimella oleva yksilöllinen koodi.
- **Sähkönumero**
- **Takuu (a)**
- **Kokonaisteho (W)**
sisältää elektroniikan.
- **Valovirta (lm)**
- **Valotehokkuus (lm/W)**
kertoo valaisimen hyötysuhteen.
- **Ylijännitesuoja liitäntälaitte (kV)**
on valaisimen liitäntälaitteessa oleva ylijännitesuoja. Vaiheen ja nollan, vaiheen/nollan ja maan välillä on omat arvonsa.
- **IP-luokka (pudotusvalikko)**
on ledivalaisimissa yleensä IP65 tai IP66. IP66 luokan valaisimet voi pestä painepesurilla.
- **Väriämpötila (K)**
- **Varintoisto (Ra)**
- **Constant Light Output (CLO)**
pitää valaisimen valovirran vakiona nostamalla ledimoduuleille menevää virtaa valaisimen ikääntyessä.
- **Erillinen ylijännitesuoja (kV)**
- **IK-luokka (pudotusvalikko)**
on valaisimen ilkevaltaluuokka.
- **Suojalasi/kupu (pudotusvalikko)**
- **Valaisimen väri (RAL)**
on valaisinrungon väri.

- **Kiinnitys (pudotusvalikko)**
kertoo onko kyseessä katto-, maa-, pylväs-, ripustus-, seinä- vai varsivälaisin
- **Käyttötarkoitus (pudotusvalikko)**
kertoo onko kyseessä tie-, katu-, puisto-, taide-, pollari, alikulku- siltavalaisin vai valonheitin.
- **Valaistusluokka**
- **Kallistus**
- **Optiikka**
- **Ketjutettavuus (pudotusvalikko)**
- **Värivalo (pudotusvalikko)**
- **Liitántälaite (pudotusvalikko)**
kertoo liitántälaitteen valmistajan.
- **Himmennysprofiili (pudotusvalikko)**
on valaisimen valaistusluokan mukainen himmennysprofiili.
- **Ohjattavuus (pudotusvalikko)**
kertoo liitántälaitteessa olevat ohjausmahdollisuudet.
- **Valaisinkohtainen ohjauslaite (pudotusvalikko)**
kertoo valaisinkohtaisen ohjauslaitteen mallin ja sijainnin (pylväs, valaisin tai keskus).
- **Ledipaneelin vaihtovuosi**
kertoo valaisimien ledimoduulin seuraavan vaihtopäivän.
- **Liitántälaitteen vaihtovuosi**
kertoo valaisimien liitántälaitteen seuraavan vaihtopäivän.
- **Seuraava kuntotarkastus**
on päivämäärä, joka kertoo seuraavan kuntotarkastuksen ajankohdan. Kuntotarkastus sisältää myös pesun.
- **Huollettu**
on viimeisimmän kuntotarkastuksen ja puhdistuksen päiväys.
- **Lisävarusteet**
- **Lisätteksti**
on vapaa tekstikenttä muita merkintöjä varten.

Uv-valopiste, 822 - led-valaisin

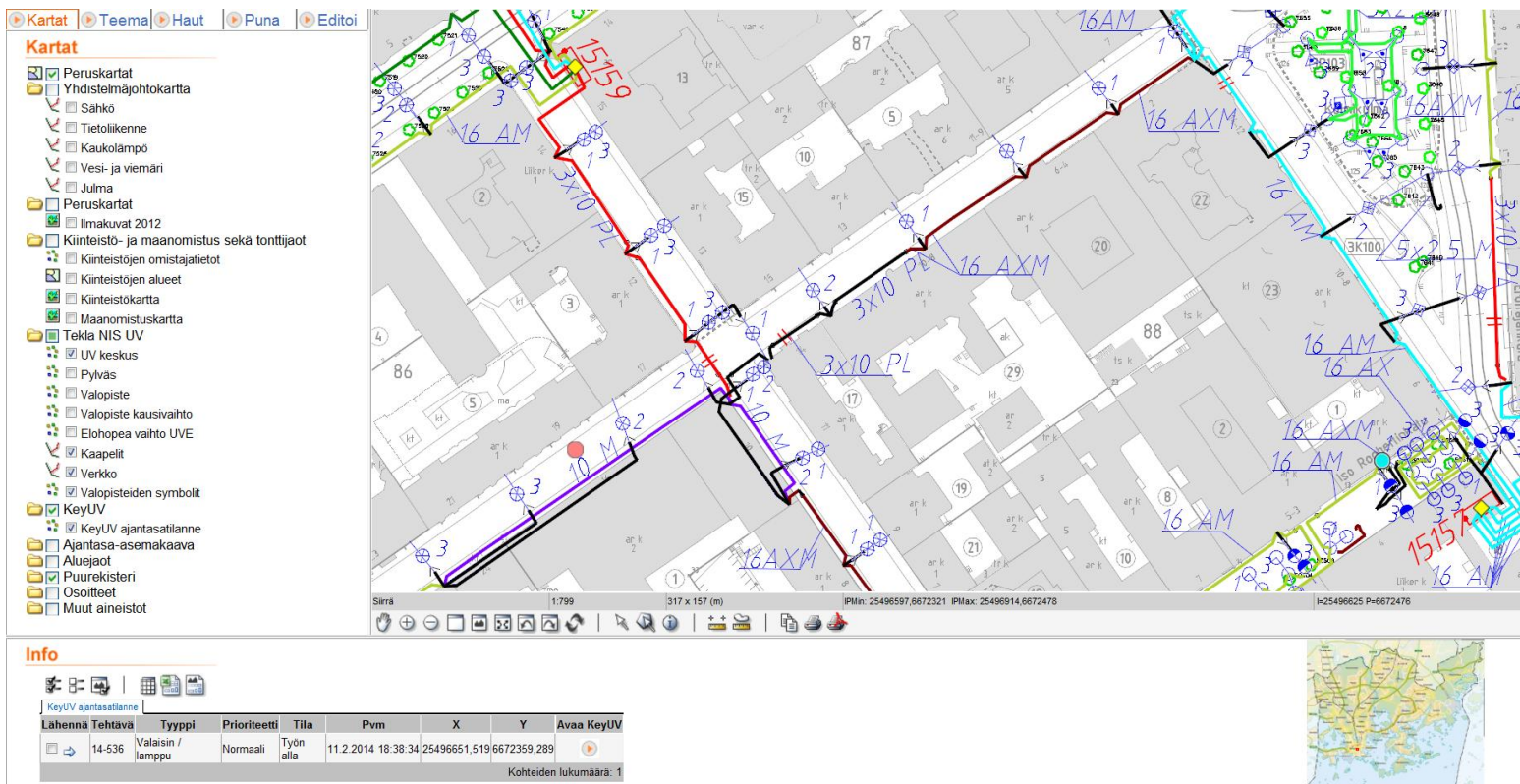
Huomautus +		Kunnossapitotiedot		Mittauserä	
Yleistiedot	Tekniset tiedot	Sijainti	Vapaat attribuutit	Vapaat attribuutit -lista +	Liitteet
led-valaisin					
Valmistaja	Ei määritelty		Valaisin ID-numero		
Tuoteperhe	Ei määritelty		Sähkönnumero		
Tuoteperheen koodi	Ei määritelty		Takuu(a)	Ei määritelty	
Kokonaisteho(W)			Väriämpötila(K)		
Valovirta(lm)			Värintoisto(Ra)		
Valotehokkuus(lm/W)			Constant Light Output (CLO)	Ei määritelty	
Ylijän.suoja liitäntälaite(kv)			Erillinen ylijännitesuoja(kv)		
IP-luokka	Ei määritelty		IK-luokka	Ei määritelty	
Suojalasi/kupu	Ei määritelty		Kallistus		
Valaisimen väri (RAL)			Optiikka		
Kiinnitys	Ei määritelty		Ketjutettavuus	Ei määritelty	
Käyttötarkoitus	Ei määritelty		Värivalo	Ei määritelty	
Liitäntälaite	Ei määritelty		Ohjattavuus	Ei määritelty	
Himmennysprofiili			Valaisinkohtainen ohjauslaite	Ei määritelty	
LED-paneeli vaihtovuosi	Ei määritelty		Seuraava kuntotarkistus		
Liitäntälaitteen vaihtovuosi	Ei määritelty		Huollettu		
Lisävarusteet			Lisäteksti		

OK Hyväksy Peruuta Ohje

Kuva 4 LED-tuotekortti

Kuvassa 4 on verkkotietojärjestelmän valaisinkortti, johon valaisintiedot digitoidaan. Valaistusluokkatieto puuttuu vielä tästä versiosta, mutta kortti on muokattavissa ja puuttuvia

tietoja voidaan lisätä tarvittaessa myöhemminkin. Valaistusluokka on toisaalta perusteltua esittää myös muiden karttapohjaisten aineistojen yhteydessä. Kun kaikki tiedot löytyvät samasta paikasta, on esimerkiksi valaistussuunnitelmien teko nopeampaa.



Kuva 5. Huvila-järjestelmä

Kuvassa 5 on kuvankaappaus Huvila-järjestelmästä, joka yhdistää useiden kunnallisten toimijoiden tietokantoja sekä kuvassa puurekisterin verkkotietojärjestelmän tiedot. Valaistusluokkatieto sopii hyvin näiden tietokantojen jatkoksi ja esitettäväksi samaan kuvaan. Valaistussuunnittelussa on paljon huomioonotettavia asioita, kuten maanalaiset rakenteet sekä puut ja muut maanpäälliset rakenteet.

7 Ledivalaistuksen tuomat haasteet

Asukkaille selkeimmin näkyvä haaste tulee olemaan yhtenäisen kaupunkikuvan säilyttäminen. Ledivalaisimet kehittyvät edelleen kovaa vauhtia. Uusia malleja tulee ja vanhoja poistuu markkinoilta hyvinkin nopeasti, joten kunnossapidon yhteydessä vanhaa valaisinta vastaavan mallin löytäminen on jo nyt haastavaa. Muita mahdollisia haasteita ovat himmennuksen vaikutus tehokertoimeen, valaisimen käynnistysvirtapiikki sekä uusien valaisimien ylläpidon suunnittelu ja toteutus, ainakin siinä vaiheessa, kun ledivalaisimia aletaan ohjata dynaamisesti.

7.1 Himmentämisen vaikutus tehokertoimeen

Ledivalaisimen himmentäminen laskee sen verkosta ottamaa tehoa, mutta vaikuttaa samalla myös valaisimen tehokertoimeen. Taulukossa 6 on esitetty mittaustulokset erään Helsingissä käytössä olevan valaisimen käyttäytymisestä himmennettäessä. Kun valaisinta himmennetään, sen käyttämä pätöteho pienenee suhteellisen lineaarisesti, mutta loisteho pysyy likimain vakiona. Tämän vuoksi valaisimen tehokerroin putoaa himmennettäessä. Ledivalaisimet ovat kuitenkin tehoiltaan suhteellisen pieniä, joten loiskuorma ei ole kovinkaan suuri. Tämän lisäksi Helsingissä käytössä olevia ledivalaisimia himmennetään enimmillään 40 prosenttiin alkuperäisestä tehosta. Mittauksessa ollutta valaisinta käytetään pääosin valaistusluokassa P3, jolloin himmennysprosentit ovat 70 ja 40. Näillä himmennystasoilla valaisimen tehokerroin on 0,91 ja 0,83. 70 prosentin himmennys on käytössä neljä tuntia päivässä klo 23.00-01.00 ja 05.00-7.00. Pienemmälle teholle (40 %) valaisimet asetetaan klo 01.00-05.00. Himmennystasot sekä esimerkkivalaisimen mittaustulokset on esitetty luvussa 8.

7.2 Käynnistysvirtapiikki

Ledi on puolijohdekomponentti, joka lähettää valoa, kun sen läpi kulkee sähkövirtaa. Toimiakseen ledit vaativat matalaa tasajännitettä, joka muunnetaan 230 V vaihtojännitteestä erillisellä elektronisella liitäntälaitteella eli driverilla. Käynnistysvirtapiikillä tarkoitetaan virtaa, jonka driver ottaa hetkellisesti käynnistyessään. Tyypillisesti virtapiikki on kestoltaan alle yhden jakson mittainen ja suuruudeltaan huomattavasti normaalia virtaa

suurempi, purkauslamppujen ottamaan käynnistysvirtaan verrattuna jopa kaksinkertainen. [1; 4]

Käynnistysvirtapiikin suuruus riippuu syöttävän jännitteen vaiheesta käynnistyshetkellä. Pahin virtapiikki syntyy jännitteen kulman ollessa 90 astetta. Tässä tapauksessa, syöttöjännitteen ollessa 230 V, driverin ensiöpuolen jännite voi nousta 0 voltista 300 volttiin lähes välittömästi. [1; 4]

Virtapiikkiä voidaan pienentää pehmokäynnistyksen avulla. Silloin valaisinta ei ajeta heti täydellä teholla, vaan se käynnistetään himmennettynä. Valaisimien drivereissa voidaan käyttää esimerkiksi NTC-vastuksia, joiden tarkoitus on rajoittaa käynnistysvirtaa, kun vastus on kylmä. Normaalikäytössä vastus lämpenee ja sen resistanssi pienenee. Resistanssi ei kuitenkaan koskaan putoa noltaan, joten se luo ylimääräisiä häviöitä. Käynnistysvirtapiikki rajoittaa peräkkäin asennettavien ledivalaisimen määrää, ja se tulee ottaa huomioon valaistussuunnittelussa.

Lediteholähteet eli driverit ovat tekniikaltaan hakkuriteholähteitä, joten harmonisten yliaaltojen määrä lisääntyy ja pahimmassa tapauksessa aiheuttaa sähkönladullisia ongelmia. Tätä olisi syytä tutkia jatkossa lisää, kun ledivalaisimet yleistyvät.

8 Mittaustuloksia ja kaavioita

Taulukossa 6 on esitetty erään ledivalaisimen tehojen käyttäytyminen himmennettynä.

Taulukko 6. Himmennyksen vaikutus ledivalaisimen tehoon

Himmennys-% (tehosta jäljellä)	0	1	2	4	6	8	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
P [W]	0,5	4,7	4,7	4,7	4,7	4,6	4,6	6,7	8,7	10,6	13	15	17,1	19,5	21,4	23,5
S [VA]	5,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8	8,1	9,3	11,3	13	15,1	16,7	18,8	20,8	22,6	24,6
Q [VAR]	5,3	6,8	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,6	7,4	7,5	8	7,9	8	8	7,6	7,4
PF	0,08	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,66	0,71	0,77	0,83	0,86	0,89	0,92	0,93	0,95
COS	0,09	0,6	0,6	0,58	0,58	0,58	0,58	0,7	0,77	0,83	0,86	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96
E [lx]	0	7	7	7	7	7	8	15	23	30	38	45	52	60	66	74

Asennuskorkeus 3,85m, mittapisteen etäisyys pylväästä 1,7m

Taulukossa 7 on esitetty Helsingissä käytössä olevat himmennysprofiilit. Himmennykset on määritelty valaistusluokittain ja ne ohjelmoidaan valaisimiin jo tehtaalla.

Taulukko 7. Himmennysprofiilit

Valaistusluokka	Himmennys, jäljelle jäävä valaistustaso prosentteinä																		Muuttuvan valaistuksen valaistusluokat	
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07	08		09
M1 (AL1)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	50	50	50	50	75	100	100	100	100	M1 – M2 – M3 – M2 – M1
M2 (AL2)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	50	50	50	50	70	100	100	100	100	M2 – M3 – M4 – M3 – M2
M3a (AL3)	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100	M3 – M4 – M5 – M4 – M3
M3b (AL4a)	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100	M3 – M4 – M5 – M4 – M3
M4 (AL4b)	100	100	100	100	100	100	100	100	70	70	40	40	40	40	70	70	100	100	100	M4 – M5 – M6 – M5 – M4
M5 (AL5)	100	100	100	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	60	60	100	100	100	M5 – M6 – P5 – M6 – M5
M6	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	M6 – P6 – M6
P1 (K1)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	50	50	50	50	75	100	100	100	100	P1 – P2 – P3 – P2 – P1
P2 (K2)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	50	50	50	50	70	100	100	100	100	P2 – P3 – P4 – P3 – P2
P3 (K3)	100	100	100	100	100	100	100	100	70	70	40	40	40	40	70	70	100	100	100	P3 – P4 – P5 – P4 – P3
P4 (K4)	100	100	100	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	60	60	100	100	100	P4 – P5 – P6 – P5 – P4

Leikkikenttiä varten on tällä hetkellä kehitteillä valaistusohje. Niitä varten olisi hyvä lisätä oma valaistusluokka himmennysprofiiliin. Leikkipaikoille sovelletaan tällä hetkellä samoja himmennystasoa kuin kevyenliikenteenväylille (P3 ja P4), vaikka käytännössä alueiden käyttäjät eroavat toisistaan. Leikkipaikkoja voisi pitää kevyenliikenteenreitteihin verrattuna pidempään himmennettynä ja tämän lisäksi alueilla voisi hyvin hyödyntää esi-

merkiksi paikallisohjausta painonappien avulla. Painonappiohjaus vaatii selkeät sisäänkäynnit alueelle toimiakseen hyvin. Portille lisätään painonapit, joilla himmennetty valaistus ohjataan tarvittaessa täydelle teholle. Muita hyviä kohteita paikallisohjaukselle ovat erilaiset urheilupaikat, kuten esimerkiksi skeittipuistot ja palloilukentät. Ohjaus voidaan toteuttaa näillä alueilla myös liiketunnistimilla tai painonappien ja liiketunnistimien yhdistelmällä. Yhdistelmässä painonapeilla ohjataan valaistus päälle ja liiketunnistimia käytetään läsnäolotunnistukseen, jolloin valaistus sammuu automaattisesti, kun kentällä ei ole enää käyttöä.

9 Yhteenveto

Tässä työssä oli tavoitteena selvittää, millaisia haasteita ledeihin siirtyminen voi tuoda mukanaan, mitä uuteen tekniikkaan siirryttäessä on syytä ottaa huomioon, mitä asioita uusista valaisimista tulee dokumentoida ja miten hallitaan ledivalaisimien ylläpito.

Ledivalaisimiin siirtyminen vaikuttaa eniten valaistuksen ylläpitoon. Uuden tekniikan ylläpidosta ei ole käytännön kokemusta ja valaisimien suuri vaihtuvuus saattaa aiheuttaa vaikeuksia säilyttää yhtenäistä kaupunkikuvaa. Valaisimien huoltoa rytmittää jatkossa valaisimen puhdistus eikä niinkään valonlähteen vaihto. Valaisimista tulee myös dokumentoida tietoa laajemmin, jotta vikatapauksissa korvaavan tuotteen löytäminen on mahdollista.

Työn yhteydessä tehtiin myös kustannuslaskelmat elohopealamppuja korvaavien suurpainenatrium- ja monimetallilamppu valaisimien vaihtamisesta ledeihin. Laskelmien yhteydessä nousi esille takaisinmaksuajan ja investointikustannusten lisäksi muitakin asioita, joita saneerauksissa on syytä ottaa huomioon. Varsinaisia tuloja valaistusinvestoinneista ei kaupunkiorganisaatiossa tule, joten investointeja tehdään ennen kaikkea energiasäästöjen ja ylläpitosäästöjen ja muun muassa kaupunkitilan viihtyvyyden tai turvallisuudentunteen lisäämiseksi. Investointeihin vaikuttavat myös muiden infrarakentajien rakentamisaikataulu. Usein on kokonaistaloudellisesti kannattavampaa saneerata ulkovalaistusverkkoa samaan aikaan muiden toimijoiden kanssa, kuin toimia yksin, vaikka verkon komponenttien tekninen elinikä ei olisikaan vielä aivan lopussa. Valaistussaneeraus kannattaa aloittaa vaiheittain isotehoisimmista purkauslamppuista, sekä kuntoisimmista ja ongelmallisimmista valaisimista ja huomioida myös ledivalaisimien jatkuva kehitys.

Laskelmia tehdessä täytyi perehtyä ulkovalaistuksen ylläpitoon niin ledien kuin purkauslamppujen osalta ja uuden valaistuksen rakentamiseen liittyvien kustannusten selvittäminen taas vaati perehtymistä valaisinvaihtojen käytännön toteutukseen. Työn yhteydessä syntyi laskentataulukko, jota voidaan jatkossa käyttää erilaisten valaisinvaihtojen kustannusvertailujen tekemiseen muuttamalla käytettävien komponenttien lähtötietoja, kuten esimerkiksi tehoa, himmennysprofiilia, kunnossapito- ja huoltokustannuksia. Pohjana tälle taulukolle toimi Helsinki LED –selvityksen yhteydessä laadittu kustannusvertailu ja liikennevirastolle tehdyt kaavat valaistuksen kunnossapidosta.

Aihe on erittäin mielenkiintoinen ja ajankohtainen, sillä EU-määräykset kieltävät suuren osan perinteisistä valonlähteistä ja ledien määrä ulkovalaistusverkossa tulee lisääntymään huomattavasti lähivuosien aikana. Yksi mielenkiintoinen kehityskohde on valaistuksen dynaaminen ohjaus. Ledivalaisimia voidaan ohjata valaisinkohtaisesti esimerkiksi liikennemäärien mukaan ja valaisimen tehoa on mahdollista nostaa, ainakin yöhimmenysten ajalla, esimerkiksi valaisimen likaantuessa. Näin voidaan tehdä optimointia energiakustannusten ja valaisimen ylläpidon välillä.

Lähteet

- 1 Advanced lightning technologies. LED Driver Inrush Currents. Verkkodokumentti. Haettu 24.2.2015 osoitteesta <http://adlt.com.au/technology/%EF%BB%BFled-driver-inrush-currents/#sthash.ej7feaBM.dpbs>.
- 2 Helsingin kaupunginhallituksen päätös 7.4.2015: Iltakouluasia, Helsinki LED-hankkeen selvitys ledeihin siirtymisen aikatauluista.
- 3 Haastattelu, Tommi Valve ja Jukka Kasa. 1.10.2015.
- 4 Harmonics issued from LED Lamp Driver. Analytical Study of Harmonics Issued from LED Lamp Driver. Verkkodokumentti. Haettu 26.2.2015 osoitteesta http://www.iaeng.org/publication/IMECS2014/IMECS2014_pp683-686.pdf.
- 5 Understand compatibility, performance, and dimming issues in LED lighting (MAGAZINE) Verkkodokumentti. Haettu 27.2.2015 osoitteesta <http://www.ledsmagazine.com/articles/iif/print/volume-2/issue-6/features/understand-compatibility-performance-and-dimming-issues-in-led-lighting-magazine.html>.
- 6 Is your power infrastructure ready for an LED installation? Verkkodokumentti. Haettu 27.2.2015 osoitteesta <http://led-lighting-power-supplies.com/ready-for-led-installation/>.
- 7 Tuntimittauksen periaatteita, Energiateollisuus. Verkkodokumentti. Haettu 11.11.2015 osoitteesta http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/sahkomarkkinat/Sanomaliikenne/tuntimittausuositus_2010_linkit_paivitetty.pdf.
- 8 Motiva. Verkkodokumentti. Haettu 11.3.2016 osoitteesta <http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/ecodesign-direktiivi>.
- 9 Haastattelu, Olli Markkanen, Toimistopäällikkö 24.8.2015.
- 10 Haastattelu. Olli Markkanen, Toimistopäällikkö 30.1.2016.
- 11 Haastattelu. Jukka Kasa, Rakennuttaja ja Jouko Manninen, Hankevastaava 27.1.2016.
- 12 Haastattelu. Jarmo Yrttiaho, Hankevastaava 8.3.2016.
- 13 HELSINKI LED -hanke, Selvitys ledeihin siirtymisen aikataulusta ja kustannuksista. Haettu 10.11.2015 osoitteesta <http://dev.hel.fi/paatokset/media/att/91/91503f57b8294ca40871db2b0cd50ce52694ce42.pdf>.

- 14 Haastattelu. Tommi Valve 25.2.2016.
- 15 Helvar, DALI 2 what does it mean to you? Verkkodokumentti. Haettu 10.4.2016 osoitteesta <http://www.helvar.com/news/dali-2-what-does-it-mean-you>.
- 16 Taloussanomat Oy. Taloussanastoa. Verkkodokumentti. Haettu 21.4.2016 osoitteesta <http://www.taloussanomat.fi/porssi/sanakirja/termi/investointi>.
- 17 Virpi Tevä-Helminen. 2013. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opetusmoniste, Investointilaskenta ja päätöksenteko.
- 18 Kaupungin Valot. Helsingin valaistuksen kaupunkikuvalliset periaatteet. Verkkojulkaisu. Haettu 21.4.2016 osoitteesta http://www.hel.fi/static/rakvv/kaupungin_valot.pdf.
- 19 Haastattelu. Jari Kivi, Rakennuttaja, Olli Markkanen. 27.4.2016.
- 20 Haastattelu. Olli Markkanen, Toimistopäällikkö 29.4.2016.
- 21 Haastattelu. Timo Karjalainen, kunnossapitopäällikkö 29.4.2016.