Miikka Nevalainen

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän teknisten ja toiminnallisten vaatimusten kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri YAMK

Rakentaminen, talotekniikka

Opinnäytetyö

1.2.2018

Metropolia

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Miikka Nevalainen Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän teknisten ja toiminnallisten vaatimusten kehittäminen 73 sivua + 2 liitettä 1.2.2018
Tutkinto	Insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	tekniikan tohtori Aleksanteri Ekrias lehtori Jarmo Tapio

Työn tavoitteena oli kehittää Liikenneviraston sekä kuuden kaupungin ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmäpalvelun hankinnassa käytettäviä teknisiä ja toiminnallisia vaatimuksia. Ryhmän jäsenillä on eri pituisia palvelusopimuksia nykyisistä ohjausjärjestelmäpalveluista ja osa sopimuksista on päättymässä lähivuosina. Tilaajille tehtiin aiheesta erillinen selvitys, jonka pohjalta tämä opinnäytetyö on kirjoitettu. Selvityksen tuotteena syntyi teknisten ja toiminnallisten vaatimuksien mallipohja, jota voidaan käyttää tulevissa ohjausjärjestelmän kilpailutuksissa.

Työn tarkoituksena oli saada aikaiseksi kokemukseen ja tilaajien tulevaisuuden tavoitteisiin perustuvat vaatimukset ohjausjärjestelmälle ja siihen liittyvälle palvelulle. Merkittävimpänä tutkimusmenetelmänä olivat haastattelut, joita tehtiin ohjausjärjestelmien toimittajille, palveluntuottajille, kunnossapitourakoitsijoille sekä tilaajille. Selvityksen tavoitteena oli myös yhtenäistää tilaajaosapuolien ulkovalaistuksen ohjauksen toimintamalleja.

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmät ovat kehittyneet viime vuosina kiihtyvällä tahdilla, mikä johtuu muun muassa ledivalaisimien sekä erilaisten langattomien yhteyksien käytön yleistymisestä. Selvityksen avulla tilaaja saa hyvän käsityksen ohjausjärjestelmien nykytilanteesta sekä tulevaisuudennäkymistä. Lisäksi haastatteluissa löydettiin joitakin epäkohtia nykyisissä ohjausjärjestelmäpalveluiden järjestelyissä tai toiminnoissa, joihin syvennyttiin tarkemmin.

Ohjausjärjestelmien toimittajat ovat kehittäneet erilaisia ratkaisuja valaisinkohtaisen ohjauksen toteuttamiseen, mutta standardointi on vielä kesken. Kilpailun ollessa vielä auki voidaan tulevaisuuden yhteensopivuus varmistaa esimerkiksi valaisimeen asennettavalla standardoidulla liittimellä.

Työn tuloksena syntynyttä teknisten ja toiminnallisten vaatimusten mallipohjaa voidaan käyttää lähtökohtana tulevissa kilpailutuksissa. Jokainen hankintaprosessi on erilainen ja lopulliset vaatimukset määritellään aina tapauskohtaisesti.

Avainsanat	ulkovalaistus, tie- ja katuvalaistus, valaistuksen ohjausjärjestelmä, älykaupunki

Author Title Number of Pages Date	Miikka Nevalainen Developing of technical and functional requirements of outdoor lighting control system 73 pages + 2 appendices 1 February 2018
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructors	Aleksanteri Ekrias, Doctor of Science (Technology) Jarmo Tapio, Lecturer

The aim of this thesis was to develop the technical and functional requirements used in competitive tendering of outdoor lighting control system services for the Finnish Transport Agency and a group of cities in Finland. Another aim was to harmonize the control of outdoor lighting of the group. Another purpose was to establish the requirements, based on experience and future visions of the group, for lighting control systems and related services. The study was mostly conducted as interviews with control system vendors, service providers, maintenance contractors and the members of the group.

The survey offers a good understanding of the current state and prospects of outdoor lighting control systems, which have evolved a lot in the recent years. In addition, the interviews revealed some deficiencies in the current control system service arrangements and operations. These were studied further. Since standardizing of a luminaire-specific control is still in progress, future compatibility could be ensured by, for example, a standardized connector on the luminaire.

The template of the technical and functional requirements resulting from the work can be used as a starting point for future tenders. Each procurement process is different, and the definitive requirements are always determined on a case-by-case basis.

Keywords	outdoor lighting, road and street lighting, lighting control system, smart city

Sisällys

1 Johdanto 1

1.1 Tutkimusongelma, tavoitteet ja metodit 1
1.2 Tutkimuksen rajaukset 4

2 Tie- ja katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä 4

2.1 Ohjausjärjestelmän rakenne 5
2.1.1 Kenttälaitteet 6
2.1.2 Runkoverkko 7
2.1.3 Valaisinverkko 9
2.2 Eritasoiset ohjausjärjestelmät 11
2.2.1 Perinteiset ohjaustavat 12
2.2.2 Keskuskohtainen ohjausjärjestelmä 14
2.2.3 Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä 16
2.2.4 Valaistuksen ohjaus osana älykästä kaupunkia 17

3 Tilaajien ohjausjärjestelmät ja tarpeet 20

3.1 Liikennevirasto 20
3.2 Helsingin kaupunki 22
3.3 Espoon kaupunki 24
3.4 Vantaan kaupunki 26
3.5 Lahden kaupunki 27
3.6 Turun kaupunki 30
3.7 Tampereen kaupunki 31

4 Ohjausjärjestelmän vaatimuksien määrittäminen 34

4.1 Palvelusopimusmallit, vastuunjako ja hinnoittelu 35
4.1.1 Palvelusopimusmallit 35
4.1.2 Hinnoittelu 37
4.1.3 Kunnossapitourakoitsijan ja palveluntuottajan vastuut 37
4.1.4 Laitteiston kunnossapito 38
4.2 Ulkovalaistuksen ohjaus 38
4.2.1 Ohjausalueet 41
4.2.2 Ohjausperiaatteet 42
4.2.3 Varajärjestelmä 44
4.2.4 Valoantureiden asennus ja säätö 46
4.3 Tilatiedot ja hälytykset 47
4.3.1 Hälytyksien luokittelu 47

4.3.2 Keskuskohtainen järjestelmä 49
4.3.3 Valaisinkohtainen järjestelmä 51
4.4 Valaistuslaitteilta kerättävä informaatio 52
4.5 Ohjausjärjestelmän yhteydet ja tietoliikenne 53
4.6 Ohjauslaitteet 55
4.6.1 Keskuksien ohjauslaitteet 55
4.6.2 Valaisimien ohjauslaitteet 56
4.6.3 Älykaupungit 61
4.7 Käyttöliittymä ja raportit 61
4.7.1 Käyttöliittymä 61
4.7.2 Mobiilikäyttöliittymä 62
4.7.3 Raportit 63
4.8 Ohjausjärjestelmän käyttöönotto ja testaus 64
4.8.1 Pilottitesti 64
4.8.2 Tehdastestit 65
4.8.3 Käyttöönotto ja kenttätestit 66
4.8.4 Käyttöönottoprosessi 67

5 Yhteenveto ja johtopäätökset 68

Lähteet 70

Liitteet

Liite 1. Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän tekniset ja toiminnalliset vaatimukset

Liite 2. Tie- ja katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän kysely

Lyhenteet ja käsitteet

ANSI	*American National Standards Institute*. Amerikan kansallinen standardisointi-instituutti.
DALI	*Digital Addressable Lighting Interface*. Yleinen liitäntästandardi himmennettäville elektronisille liitäntälaitteille.
FAT	*Factory Acceptance Test*. Tehdastesti.
IoT	*Internet of Things*. Esineiden internet.
LPWAN	*Low-Power Wide-Area Network*. Langaton matalatehoinen laajaverkko.
NB-IoT	*NarrowBand IoT*. LPWAN-standardi.
NEMA	*National Electrical Manufacturers Association*. Kansallinen elektroniikka-alan valmistajien järjestö.
PLC	*Powerline Communication*. Tiedonsiirto sähköverkossa.
SAT	*Site Acceptance Test*. Kenttätesti.
SR	*System Ready*. Philipsin määrittelemä avoin standardi valaisimien liitäntälaitteille, jotka voivat hyödyntää uuden Zhaga-liittimen mahdollisuuksia ulkoisten ohjainlaitteiden liittämiseksi valaisimeen.
UV-7	Ulkovalaistus 7-ryhmä, johon kuuluu Liikenneviraston lisäksi Helsingin, Vantaan, Espoon, Tampereen, Turun ja Lahden kaupungit.
WAN	*Wide Area Network*. Laajaverkko eli suuren maantieteellisen alueen kattava tiedonsiirtoverkko.
WMesh	*Wireless Mesh*. Reitittävä langaton verkko.

Zhaga	Vuonna 2010 perustettu maailmanlaajuinen valaistusteollisuuden järjestö, joka standardisoi ledivalaisimien komponentteja.
1-10 V:n liitäntä	Valaisimessa oleva jänniteohjattu rajapinta, jonka kautta voidaan ohjata valaisimen tehoa.

1 Johdanto

Ulkovalaistusala on kokenut suuria muutoksia kuluvan vuosikymmenen aikana. Euroopan komission antamat energian kulutusta ja hiilidioksidipäästöjä koskevat asetukset (EY) N:o 245/2009 ja EU 347/2010) antoivat tiukat vaatimukset ulkovalaistuksen kehittymiselle perinteisten valonlähteiden markkinoille saattamisen vähenemisen johdosta [1]. Tiukentuneet määräykset ovat johtaneet ledivalaisimien yleistymiseen, minkä myötä myös valaistuksen ohjausmahdollisuudet ovat lisääntyneet.

Markkinoille on viime vuosina tullut paljon erilaisia ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmien toimittajia, joista osa on alalla täysin uusia ja osa jo pitkään alalla olleita. Lähitulevaisuudessa valaistuksen ohjauksen määrä tulee kasvamaan entisestään ja maailmanlaajuisten markkinoiden odotetaan lähes tuplaantuvan vuosien 2016 ja 2020 välillä. [2, s. 24.]

Työn tilaajana toimivaan ulkovalaistuksen kehitysryhmä UV-7:ään kuuluu Liikenneviraston lisäksi Helsingin, Vantaan, Espoon, Tampereen, Turun ja Lahden kaupungit. Ryhmän tarkoituksena on kehittää ulkovalaistusta ja jakaa siihen liittyvää tietoa. Ryhmä sai alkunsa vuonna 1972, kun Sähkölaitos 6 eli SL 6 perustettiin Helsingin ohikulkutien suunnittelun yhteydessä. Myöhemmin ryhmä laajentui Tie- ja vesirakennushallituksen eli TVH:n liittyessä siihen ja ryhmän nimeksi tuli SL 6 + TVH. Vaikea nimi muutettiin vuonna 1973 muotoon UV-7. [3.]

Tämä opinnäytetyö koostui kahdesta vaiheesta, joista ensimmäinen oli tilaajaa varten tehty selvitys tie- ja katuvalaistuksen ohjausjärjestelmien teknisistä vaatimuksista. Selvityksen tuotteena syntyi dokumentti teknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista (liite 1), jota käytetään lähtökohtana tilaajien tulevissa ohjausjärjestelmien kilpailutuksissa. Työn toisessa vaiheessa kirjoitettiin tämä opinnäytetyö, jossa käydään läpi aiheeseen liittyvää teoriaa, selvityksen tekemisen vaiheita sekä työn kannalta oleellisimmat tulokset.

1.1 Tutkimusongelma, tavoitteet ja metodit

Ulkovalaistusalan nopean kehityksen myötä ohjausjärjestelmän valinnasta on tullut haastavaa. Ohjausjärjestelmän toimittajan sijasta ohjausjärjestelmäpalvelua tarjoaa

usein kolmas osapuoli, jota koskee palvelusopimuksessa asetetut vaatimukset ohjausjärjestelmän toimivuuden suhteen. Palveluntuottaja vastaa palvelusta kokonaisuutena, jolloin tilaajan ei tarvitse järjestää ohjausjärjestelmän hallintaan erillisiä resursseja.

Lähitulevaisuudessa monen UV-7-ryhmän jäsenen nykyiset palvelusopimukset tie- ja katuvalaistuksen ohjausjärjestelmien osalta ovat päättymässä. Ulkovalaistusala on myös kokenut suuria muutoksia etähallittavien ohjausjärjestelmien yleistymisen myötä. Ryhmän aikaisemmin määrittelemät vaatimukset ohjausjärjestelmän teknisille ja toiminnallisille vaatimuksille olivat siis päivityksen tarpeessa. Tätä tehtävää varten UV-7-ryhmä tilasi LiCon-AT Oy:ltä selvityksen, joka määrittää nämä vaatimukset perustuen kokemuksiin, hyväksi todettuihin käytäntöihin sekä kirjalliseen tutkimukseen.

Tutkimuksen päätavoitteena oli luoda yhteiset kokemusperäiseen tietoon perustuvat linjaukset UV-7:n tie- ja katuvalaistuksen ohjausjärjestelmien teknisille määrittelyille. Selvityksessä tutkittiin, miten nykyisiä ohjausjärjestelmiä ja niiden mukana tarjottavaa palvelua voitaisiin kehittää, jotta ne palvelisivat monipuolisemmin ja energiatehokkaammin tilaajaa.

Osalla UV-7:n jäsenistä on edelleen useita vuosia jäljellä nykyisestä ohjausjärjestelmän palvelusopimuksesta. Vaikka merkittävin kehittämisen kohde on tulevat ohjausjärjestelmien kilpailutukset, voidaan tutkimustyön tuloksia hyödyntää myös nykyisten järjestelmien kehittämiseen sopimuksen rajoitteet huomioon ottaen.

Haasteellisen tutkimuksesta teki se, että UV-7:n eri jäsenten nykyiset ohjausjärjestelmät sekä visiot tulevaisuudesta eroavat toisistaan merkittävästi. Tampere on viime vuosina SenCity-ryhmähankkeen sekä INKA-ohjelman myötä ollut kehittämässä älykästä kaupunkia [4]. Espoo taas ei ole toistaiseksi hankkinut etähallittavaa ohjausjärjestelmää, mutta on kuitenkin ottanut sellaisen koekäyttöön [5]. Lisäksi Liikenneviraston hallinnoima valaistus on tiealueilla, mikä asettaa erilaiset vaatimukset valaistuksen ohjaukselle verrattuna kaupunkien katu- ja viheraluepainotteisiin valaistuksiin. Erilaisista lähtökohdista huolimatta kaikkien osapuolien tarpeet pyrittiin huomioimaan mahdollisimman kattavasti.

Asiakkaalle tehdyn selvityksen tavoitteena oli tehdä teknisten vaatimusten dokumentti, jota voidaan käyttää tulevissa kilpailutuksissa lähtökohtana vaatimuksia määriteltäessä.

Tutkimuksen alussa oli tärkeää määrittää oikeat tutkimusmenetelmät ja -kysymykset sekä rajata tutkimus vain kehitystyön kannalta tärkeimpiin alueisiin. Tämän kehitystyön tutkimusongelma voidaan kuvata lyhyesti tutkimuskysymyksellä: ”Miten ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän toiminnallisia ja teknisiä vaatimuksia tulisi kehittää, jotta hankittava ohjausjärjestelmä palvelisi mahdollisimman hyvin ja taloudellisesti tilaajan tarpeita?”

Tutkimuksen alkuvaiheessa määritettiin kehitystyön kannalta tärkeitä lisäkysymyksiä. Aiheen laajuuden takia kysymykset rajoitettiin vain tutkimusongelman kannalta oleellisimpiin:

- Minkälaisia ohjausjärjestelmiä markkinoilla on tarjolla ja minkälaiset ohjausjärjestelmät tilaajilla on nykyään käytössä?
- Miten ohjausjärjestelmiä, niiden käyttöä ja ylläpitoa voidaan kehittää?
- Miten saadaan toimintatavat yhtenäiseksi huomioimalla jokaisen osapuolen tarpeet?
- Mitä tilaajan tulisi vaatia ohjausjärjestelmältä tarjouspyyntöasiakirjoissa?
- Miten varaudutaan ohjausjärjestelmien kehitykseen tulevaisuudessa?

Tärkein tutkimusmenetelmä työssä oli haastattelut, joita tehtiin yli kaksikymmentä. Haastateltavia olivat nykyisten ohjausjärjestelmien toimittajat, ohjausjärjestelmän palveluntuottajat, kunnossapitourakoitsijat sekä itse tilaajat. Haastatteluita varten laadittiin kattava lista kysymyksiä (liite 2), joka lähetettiin haastateltaville etukäteen. Kysymysten pohjalta pidettiin palaveri, jossa käytiin kysymykset läpi keskustelun muodossa. Haastatteluista kirjattiin ylös oleellisimmat asiat. Osa haastateltavista olivat toimittaneet myös ennakkovastaukset ja osa haastateltiin vain sähköpostin välityksellä.

UV-7-ryhmä on teettänyt vuonna 2008 lyhyen ohjeen ”*UV-7:n ulkovalaistuksen ohjauslaitemäärittely*”, joka toimi myös tämän selvityksen yhtenä lähtötietona. Ohje on kuitenkin hyvin suppea eikä täysin ota huomioon jokaista ryhmän osapuolta. Lisäksi ohje on tehty silloin markkinoilla olevien järjestelmien pohjalta, joten se ei ota kantaa uusien ohjausjärjestelmien tarjoamiin mahdollisuuksiin.

Toinen työssä käytetty lähtötieto on Ruotsin Trafikverketin laatima ohje ”*Elkraftanläggningar. Styrsystem för belysningsanläggningar för väg*”. Ruotsi on määritellyt eri ohjaustavoille ja tiedonkeruulle tyyppiluokituksia.

Edellä mainittujen lähtötietojen lisäksi työssä tutustuttiin lukuisiin ohjausjärjestelmiin, tutkimuksiin sekä artikkeleihin. Myös jo menneiden ohjausjärjestelmien kilpailutuksien asiakirjoihin perehdyttiin kattavasti. Näiden pohjalta saatiin hyvä käsitys ohjausjärjestelmän tarkoituksesta ja toiminnasta sekä tulevaisuudennäkymistä.

1.2 Tutkimuksen rajaukset

Koska tie- ja katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä on aihealueena hyvin laaja, oli tutkimuksen rajaaminen haasteellista. Moni osa-alue vaatisi tarkempaa tutkimusta ja mahdollisesti tarjoaisi tekemistä useammankin päättötyön verran. Yksi tällainen aihe voisi olla esimerkiksi valaisinkohtaisen ohjauksen yleistymisen myötä monipuolistunut läsnäoloon perustuva valaistuksen ohjaus. Myös älykkäät kaupungit ovat alkaneet yleistyä maailmalla [6, s. 18] ja Suomessa tätä osa-aluetta on vahvasti edustanut Tampereen kaupunki, joka kuuluu myös UV-7 ryhmään. Älykkäistä kaupungeista on kerrottu lisää luvussa 2.2.4.

Tutkimus rajattiin kuitenkin koskemaan pääosin haastatteluissa esiin tulleita ongelmia ja niiden ratkaisemista. Lisäksi tilaajien haastatteluissa nousi esiin muutamia erityisiä aihealueita, joihin haluttiin kiinnittää erityistä huomiota. Älykkäiden kaupunkien toteutustapaa sekä läsnäoloon perustuvaa valaistuksen ohjausta päätettiin käsitellä vain pintapuolisesti.

2 Tie- ja katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

Ilman valoa ihminen ei voi liikkua eikä työskennellä kunnolla, joten valaistus on ihmiselle elintärkeää. Ilman valaistuksen ohjausta valaistus palaisi kuitenkin yötä päivää, mikä on varsinkin ulkovalaistuksessa tarpeetonta, sillä päivällä aurinko antaa käytännössä aina tarpeellisen valon normaaliin liikkumiseen ja työskentelyyn. Tie- ja katuvalaistuksessa valaistuksen ohjaus on siis oleellisen tärkeää.

Ulkovalaistuksen ohjauksessa on vuosien saatossa ollut käytössä vaihtelevia menetelmiä. Viimeisinä vuosina ohjausjärjestelmien kehitys on ollut kiihtyvää eikä vauhti näytä hidastuvan [2, s. 24]. Markkinoille on tullut paljon erilaisia ohjausjärjestelmiä ja toimittajia, ja asiaan perehtymättömän on usein vaikeaa selvittää, mikä sopii juuri

omaan käyttöön tehokkaimmin ja taloudellisimmin. Lisäksi monien toimittajien ohjausjärjestelmät saattavat kärsiä vielä kehitysvaiheen ongelmista.

Myös ledivalaisimien yleistyminen on helpottanut valaistuksen monipuolisen ohjauksen kehittymistä. Ledivalaisimilla on mahdollista toteuttaa lisäksi esimerkiksi läsnäoloon tai liiketunnistukseen perustuvia ohjauksia, sillä ledivalaisimet syttyvät käytännössä heti täydelle teholle toisin kuin perinteiset valonlähteet. Läsnäoloon perustuvan valaistuksen ohjauksen tavoite on valaista siellä, missä tarvitaan ja silloin, kun tarvitaan [7, s. 2]. Samaa filosofiaa voidaan käyttää aina, kun tavoitteena on rakentaa energiatehokas ja taloudellinen valaistus.

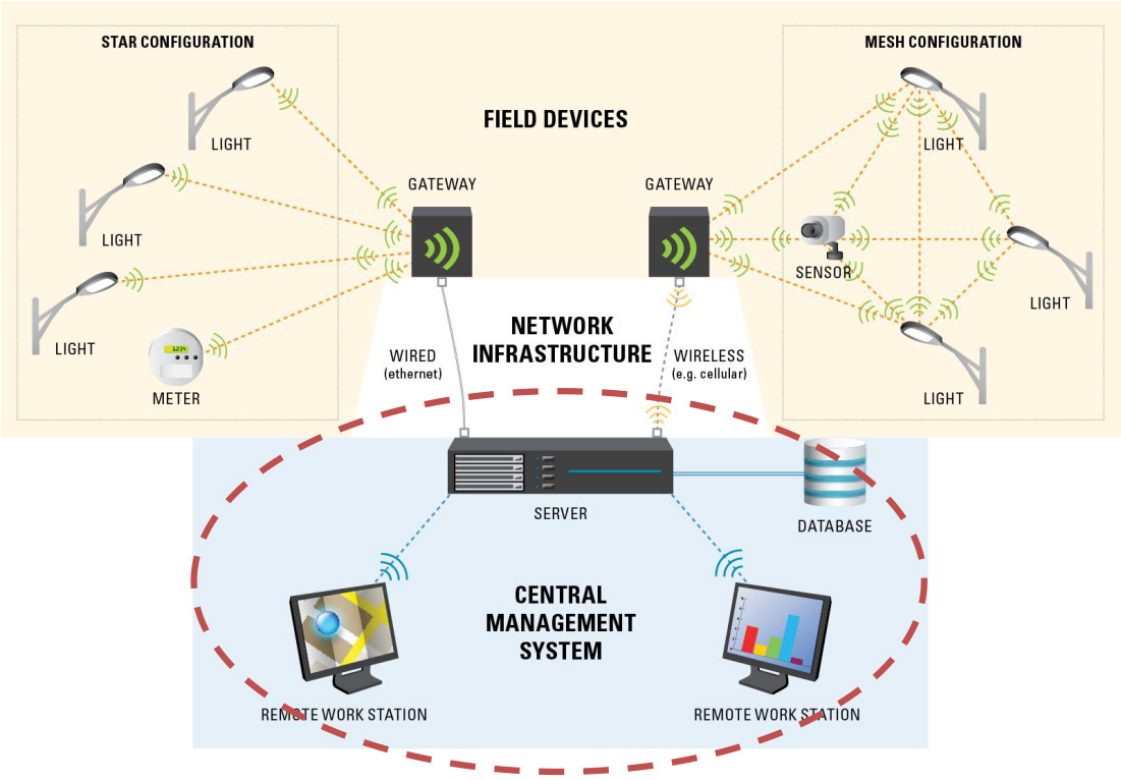
Valaistuksen ohjausjärjestelmällä voidaan tavoitella seuraavia päämääriä:

- hiilidioksidipäästöjen vähentäminen
- energiakulujen sekä ulkovalaistuksen kulutuksen vähentäminen
- monipuolisemmat ohjausmahdollisuudet
- valaistuksen toiminnan ja kunnossapidon optimointi
- uusien palveluiden ja ominaisuuksien tarjoaminen yhteiskunnalle
- kansalaisten elämän laadun parantaminen
- yleisen turvallisuuden parantaminen
- häiriövalon vähentäminen. [6; 8.]

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmällä on siis saavutettavissa sekä taloudellisia että kestävää kehitystä edesauttavia hyötyjä. Tässä kappaleessa on esitelty ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmiin liittyvää teoriaa.

2.1 Ohjausjärjestelmän rakenne

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän keskeisiä osia ovat palvelin, tietokanta, etätyöasemat, keskuksien ohjauslaitteet (reitittimet) sekä valaisimien ohjauslaitteet ja erilaiset anturit. Ohjausjärjestelmän keskiössä on tietokonepohjainen keskitetty etähallinta, joka tarjoaa kaikki jaetut palvelut keräten ja säilyttäen kaiken järjestelmän tiedon. Kuviossa 1 on esitetty yleinen ohjausjärjestelmän periaatekaavio. [8, s. 48-61.]



Kuvio 1. Keskitetyn ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän rakennekaavio [8, s. 61].

Keskitetty etähallinta koostuu palvelimesta, tietokannasta ja etätyöasemista. Palvelin voi olla ohjausjärjestelmän toimittajan hallinnassa tai se voi olla käyttäjän omistama. Palvelin kommunikoi reitittimien kanssa, jotka taas kommunikoivat valaisimien ja muiden kenttälaitteiden kanssa.

2.1.1 Kenttälaitteet

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän kenttälaitteita ovat keskuksien ohjauslaitteet, valaisimien ohjauslaitteet sekä erilaiset sensorit. Kuviossa 2 on esitetty erilaisia ohjausjärjestelmän ohjauslaitteita.

Kuvio 2. Erilaisia ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän kenttälaitteita [8, s. 50].

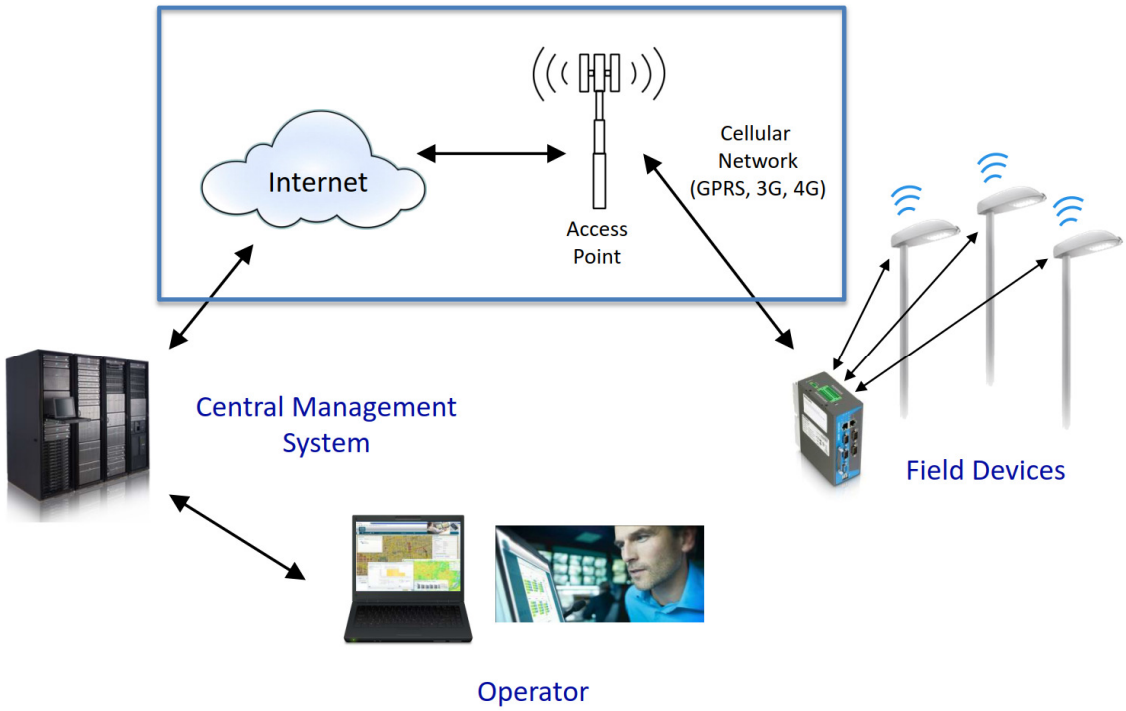
Kuviossa 2 ylemmällä rivillä on valaisimen ulkopuolelle liitettäviä ohjauslaitteita. Alemmalla rivillä on erilaisia keskuksien ohjauslaitteita. Keskuksen ohjauslaite (reititin) välittää tietoa ohjausjärjestelmän tietoverkon eri osien välillä välittäen tietoa palvelimen ja eri kenttälaitteiden välillä. Yleensä ulkovalaistuksen ohjauksessa keskuksen ohjauslaite muuttaa viestin langattoman kenttälaiteprotokollan ja laajaverkon (WAN) välillä. [8, s. 49.] Lisäksi keskuksen ohjauslaitteeseen voidaan yleensä liittää releohjauksia, sähkön mittausta, valoantureita sekä muita ulkoisia tilatietoja [9].

Valaisinkohtaisessa ohjauksessa käytettävät valaisimien ohjauslaitteet voidaan asentaa valaisimen sisälle, pylvääseen tai liittimen avulla valaisimen ulkopuolelle [9]. Valaisimen ohjauslaite välittää tietoa ja kommunikoi keskuksen ohjauslaitteiden tai suoraan tukiasemien kanssa ohjausjärjestelmässä käytettävän yhteysprotokollan mukaisesti. Valaisimen ohjauslaite valvoo ja ohjaa valaisimen tilaa, reagoi ohjelmoidulla tavalla käskyihin ja ulkoisiin tietoihin sekä tekee ohjauspäätöksiä käyttäen sisäisiä algoritmeja ja loogisia toimintoja. Ohjauslaite voi olla myös olla sensori tai muu autonomisesti toimiva laite. [8, s. 49.]

2.1.2 Runkoverkko

Tiedonsiirto palvelimelta keskuksien ohjauslaitteille tapahtuu runkoverkkoa pitkin, joka on yleensä toteutettu langattomasti mobiiliverkkoyhteydellä, kuten GPRS, 3G, LTE tai 4G. Mobiiliverkon etuna on laaja saatavuus ja peittoalue, mutta haittapuolena paikoitel-

len rajoittunut kuuluvuus. Runkoverkko voidaan rakentaa myös langallisesti valokuitua käyttäen, mutta esteeksi voi tulla sen korkea hinta. Valokuidulla saadaan kuitenkin erittäin nopea ja luotettava verkko. [8, s. 59.] Kuviossa 3 on esitetty ohjausjärjestelmä runkoverkon periaate.



Kuvio 3. Ohjausjärjestelmän runkoverkon periaate [8, s. 58].

Kuviosta nähdään, että runkoverkossa tieto kulkee kenttälaitteilta tukiasemien kautta verkkoon ja etähallintajärjestelmään. Ohjausjärjestelmän päätelaitteilla eri käyttäjät voivat näin hallita ohjausjärjestelmää reaaliajassa.

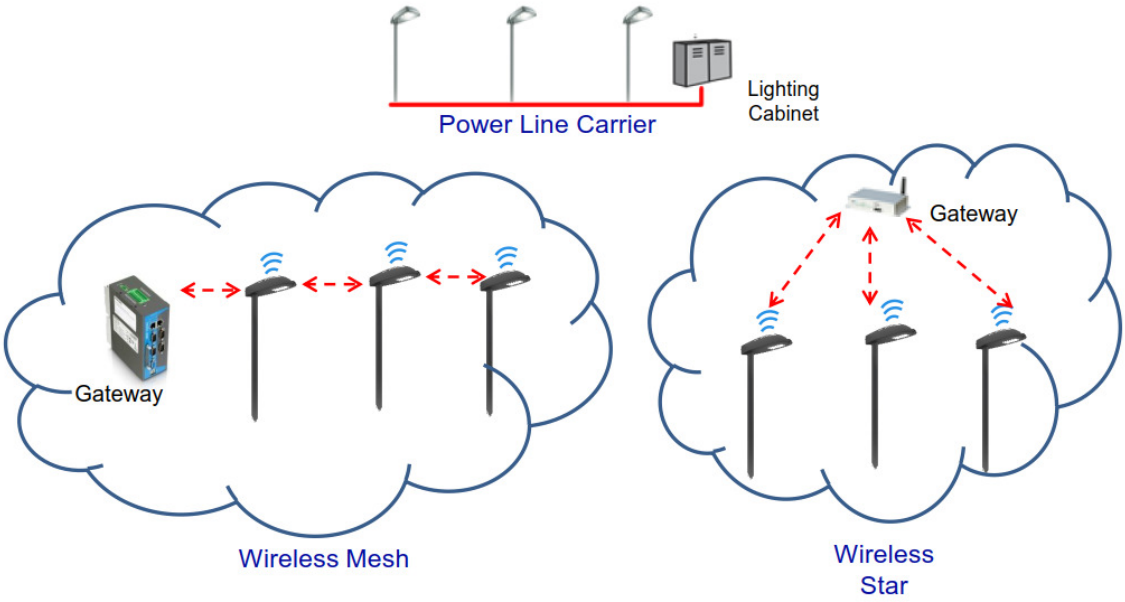
Yleinen tekniikka ohjausjärjestelmän runkoverkon toteutukseen on mobiiliverkko käyttäen 2G- ja 3G-yhteyksiä. Mobiiliverkon peittoalue on Suomessa kattava, minkä takia yhteys on saatavilla lähes kaikkialla. Katveita kuitenkin löytyy eikä mobiiliverkko ole täysin vakaa. Nopeus mobiiliverkossa riittää valaistuksen ohjaamiseen hyvin, mutta jos tavoitteena on liittää ulkovalaistusverkkoon myös muita palveluita laajassa mittakaavassa, tarvitaan suurempia tiedonsiirtonopeuksia. [10, s. 46.]

Kun tarvitaan 2G- ja 3G-verkkoja suurempia tiedonsiirtonopeuksia langattomasti, voidaan käyttää 4G-verkkoa. 4G-verkon peittoalue on kuitenkin vielä toistaiseksi pienempi kuin 2G- ja 3G-verkoilla. Lisäksi 4G-verkko on kalliimpi. Tulevaisuudessa 5G-verkko

voi tarjota jo erittäin nopeita tiedonsiirtomahdollisuuksia, mutta sen määrittelyt ovat vielä kesken. [10, s. 32-34.]

2.1.3 Valaisinverkko

Valaisinkohtaisessa ohjauksessa tarvitaan tiedonsiirtoa myös keskuksilta valaisimille ja muille mahdollisille laitteille, kuten liiketunnistimille. Tätä osuutta kutsutaan valaisinverkoksi, joka voidaan toteuttaa langattomasti tai nykyistä sähköverkkoa hyödyntäen siirtämällä tietoa sähköverkossa (Powerline Communication) [8, s. 51]. Kuviossa 4 on esitetty erilaisia valaisinkohtaisen ohjauksen yhteysmenetelmiä.



Kuvio 4. Valaisinverkon eri toteutustavat: tiedonsiirto sähköverkossa, langaton mesh-verkko sekä langaton tähtimäinen verkko [8, s. 51].

Tiedonsiirto sähköverkossa käyttää hyödykseen valaistusverkon sähkönsyöttöä, joten verkko on käytännössä jo valmiiksi olemassa. Langattomia menetelmiä ovat langaton mesh ja tähtimäinen langaton verkko. Langattomassa mesh-verkossa jokainen valaisimen ohjauslaite toimii myös reitittimenä ja välittää tietoa eteenpäin. Tähtimäisessä verkossa taas erilliset tukiasemat kommunikoivat suoraan valaisimien kanssa.

Langaton mesh-verkko (Wireless Mesh, WMesh) on reitittävä langaton verkko, jonka sisällä voidaan liikkua ja vaihtaa tukiasemaa yhteyden katkeamatta. Tällä hetkellä langattoman mesh-verkon ongelmana on sen standardoimattomuus. Tekniikka on hyvin kilpailtu, ja erilaisia protokollia on olemassa suuri määrä. Verkkotekniikan puolella on

suuria toimijoita kuten Cisco, ZigBee ja Bluetooth. ZigBee on tällä hetkellä melko yleisesti käytössä valaistuksen ohjauksessa. [10, s. 23-26.]

Langattomat mesh-verkot ovat nopeita, mutta niiden kantama on lyhyt. Lyhyttä kantamaa kompensoi verkon automaattinen reititys, mikä usein mahdollistaa muun verkon toiminnan yhden laitteen vikaantuessa sekä suojaa palvelunestohyökkäyksiltä. Tekniikan muita haasteita ovat häiriöt, kuuntelualttius, kanavien tukkeutuminen sekä eri järjestelmien välinen yhteensopimattomuus. Mesh-verkkojen skaalautuvuus mahdollistaa järjestelmän helpon ja lähes rajattoman laajennettavuuden, joten menetelmä toimii hyvin kasvavassa kaupunkiympäristössä. [10, s. 25.]

Langattomien mesh-verkkojen käyttämä taajuus 2,4 GHz kärsii paikoitellen ruuhkautumisesta kuluttajatuotteiden, kuten kännyköiden ja WLAN-tukiasemien takia. Laajenevissa määrin laitteet ovat alkaneet tukea myös 5 GHz:n taajuutta, jonka kantama on kuitenkin pienempi, mutta samalle taajuusalueelle mahtuu enemmän tukiasemia. [10, s. 25-26.]

Pitkän kantaman verkkotekniikat (LPWAN), kuten LoRa, Sigfox ja Ingenu, hyödyntävät aina erillistä tukiasemaverkkoa. Näissä tekniikoissa on pieni tiedonsiirtonopeus, mutta suuri kantama, joten yhdellä tukiasemalla voidaan kattaa laaja alue. Laitteet käyttävät matalaa taajuutta 868 Mhz, joka on vapaassa käytössä, mutta rajoittunut tiedonsiirtonopeudeltaan. [10, s. 21-23.]

Pitkän kantaman verkot ovat edullisia ja helppoja käyttöönottaa, koska tukiasemia on vähän eikä mesh-tyylistä ketjua tarvitse rakentaa. Ratkaisu on toimiva yksinkertaisissa kokonaisuuksissa. Laajempaa käyttöä rajoittaa kuitenkin pieni tiedonsiirtonopeus. Verkkojen suojaus on hyvä, mutta yhden tukiaseman kaatuminen tai siihen kohdistuva palvelunestohyökkäys poistaa käytöstä laajan kokonaisuuden. [10, s. 21-23.]

Tulevaisuudessa LPWAN-verkkotekniikat tulevat yleistymään. Vuoden 2017 aikana Digita rakensi LoRa-verkkoon 150 uutta tukiasemaa ja määrä laajenee vuoden 2018 aikana 400:aan [11]. Tavoitteena on 85 %:n väestökattavuus ja 95 %:n yrityskattavuus Suomessa [12]. Connected Finland toimii Sigfox-verkon operaattorina, jonka väestökattavuus Suomessa on 85 % [13]. NB-IoT-tekniikkaa edustaa Suomessa operaattorit, joista DNA:lla verkon Suomen väestön peitto on jo 85 % [14].

Langattomien mesh-verkkojen yhteensopivuusongelmat voidaan ratkaista eräänlaisella hybridiverkolla. Ratkaisussa tietoliikenne voidaan järjestää esimerkiksi Tamperelaisen Wirepasin kehittämällä Pino-protokollalla, joka on rajattomasti skaalautuva. Hybridiverkossa jokainen tukiasema tarjoaa ulospäin myös muita radiorajapintoja, kuten Bluetooth, WLAN ja ZigBee. Hybridiverkkoon voidaan kytkeytyä usealla erilaisella päätelaitteella valaisinverkon pysyessä vakaana. Ratkaisussa ohjausjärjestelmän hinta kasvaa kuitenkin hyvin suureksi sekä verkon kompleksisuus lisääntyy merkittävästi. [10, s. 26-27.]

2.2 Eritasoiset ohjausjärjestelmät

Haastatteluista ja markkinakartoituksesta selvisi, että ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmät voidaan karkeasti jakaa neljään eri tasoon. Tasoluokitus ottaa kantaa ohjausjärjestelmän toiminnallisuuteen, mutta ei tekniseen toteutukseen. Suuremman tasoluokan ohjausjärjestelmät sisältävät aina pienemmän tasoluokan ominaisuudet. Seuraavassa on esitetty nämä ohjausjärjestelmätasot ja niiden lyhyet kuvaukset.

Ohjausjärjestelmätaso 1: Perinteiset ohjaustavat

- perinteiset ohjaustavat
- ei etähallittavaa keskitettyä ohjausta.

Ohjausjärjestelmätaso 2: Keskuskohtainen ohjausjärjestelmä

- keskitetty keskuskohtainen etähallittava ohjausjärjestelmä
- mahdollisuus valaistuksen ohjaamiseen ulkoisella anturitiedolla.

Ohjausjärjestelmätaso 3: Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä

- keskitetty keskuskohtainen etähallittava ohjausjärjestelmä
- mahdollisuus valaisinkohtaiseen ohjaukseen
- mahdollisuus valaisinkohtaiseen ohjaukseen ulkoisella anturitiedolla.

Ohjausjärjestelmätaso 4: Valaistuksen ohjaus osana älykästä kaupunkia

- IoT-tyyppinen koko kaupungin kattava pilvipalvelualusta
- mahdollisuus liittää muun infran laitteita järjestelmään langattomasti.

Tason 1 ohjausjärjestelmä on yksinkertaisin ja edullisin hankintakustannuksiltaan. Käytännössä tason 1 toteutuksessa ei ole lainkaan varsinaista ohjausjärjestelmää, vaan

kyseessä on ns. perinteisin menetelmin toteutettu ohjaus. Tason 2 ohjausjärjestelmä on keskuskohtainen ja etähallittava, mutta ei kykene valaisinkohtaiseen ohjaukseen. Tason 3 ohjausjärjestelmä kykenee tason 2 lisäksi valaisinkohtaiseen ohjaukseen. Tason 4 toteutuksessa ohjausjärjestelmää käytetään perinteistä valaistuksen ohjausta laajempiin käyttötarkoituksiin ja se voi myös tarjota palvelualustan muun infran toiminnoille. Taulukossa 1 on esitetty työn tilaajien tämänhetkinen sijoittuminen tasoluokituksessa.

Taulukko 1. Työn tilaajien sijoittuminen ohjausjärjestelmätasoluokituksessa vuonna 2017.

Ohjausjärjestelmätaso 1	Espoo
Ohjausjärjestelmätaso 2	Lahti
Ohjausjärjestelmätaso 3	Tampere, Helsinki, Vantaa, Turku, Liikennevirasto
Ohjausjärjestelmätaso 4	

Taulukosta nähdään, että suurin osa UV-7 -ryhmän jäsenistä on tällä hetkellä tasolla 3, koska heidän käyttämässä ohjausjärjestelmässä on tarjolla mahdollisuus valaisinkohtaiseen ohjaukseen. Espoo ohjaa valaistusta pääosin perinteisin menetelmin, mutta tekee kokeiluita etähallittavalla ohjausjärjestelmällä [5]. Lahdella on käytössään etähallittava ohjausjärjestelmä, joka ei sellaisenaan mahdollista valaisinkohtaista ohjausta [15].

Seuraavat alaluvut on jaoteltu edellä esiteltyjen tasoluokkien mukaan ja niissä kerrotaan tarkemmin kunkin järjestelmätason ominaisuuksista, rakenteesta sekä markkinoilla olevista ratkaisuista.

2.2.1 Perinteiset ohjaustavat

Ohjausjärjestelmätaso 1 sisältää kaikki perinteiset valaistuksen ohjausmenetelmät, joita on käytetty ennen etähallittavien keskitettyjen ohjausjärjestelmien markkinoille tuloa. Etähallittavat ohjausjärjestelmät sisältävät usein perinteisten ohjaustapojen komponentteja osana laajempaa järjestelmää.

Astronominen kello

Astronominen kello on laite, joka määrittää tietokantaan perustuen oletetun auringon lasku- sekä nousuajat halutulle kalenteripäivälle sekä maantieteelliselle sijainnille. Laitteen avulla voidaan suoraan ohjata valaistusta ilman erillistä valoanturia. Ohjauksessa käytetään yleensä viiveitä auringonnousu- ja laskuaikoihin nähden. Astronomisen kellon huonona puolena on se, että se ei ota huomioon vallitsevaa valoisuustasoa, mikä voi olla hyvinkin alhainen varsinkin esimerkiksi pilvisinä ja sateisina päivinä. [8, s. 45.]

Esimerkiksi Espoon kaupunki käyttää tällä hetkellä astronomisia kelloja katuvalaistuksen ohjaamiseen. Jokaisessa katuvalaistuskeskuksessa on oma astronominen kello, joka kytkee valot päälle ja pois tietokantaan perustuvien auringonnousu- ja laskuaikojen sekä esiasetettujen viiveiden mukaan. [5.]

Hämäräkytkin

Hämäräkytkin tunnistaa valon määrän ja sulkee valaistusta ohjaavan koskettimen esiasetetun rajan alittuessa [16]. Tie- ja katuvalaistuksessa hämäräkytkimiä asennetaan usein keskukseen tai muuhun paikkaan, jossa häiriövalon määrä on mahdollisimman pieni. Hämäräkytkimellä ohjataan yleensä yhtä keskusta kerrallaan, mutta ohjausta voidaan myös vyöryttää seuraavassa kappaleessa kuvatulla tavalla.

Ketjutus

Ketjutus tai vyörytys on yksinkertainen ja edullinen ohjausmenetelmä, jossa käytetään erillisiä ohjauskaapeleita kytkentätiedon kuljettamiseen keskusten välillä. Menetelmä on kuitenkin altis vian monistumiselle ohjauksen sarjakytkennän takia. [17.]

Valaistuksen ajoittainen vähentäminen

Tie- ja katuvalaistuksessa on jo useita vuosia käytetty valaistuksen ajoittaista vähentämistä ja joissakin tapauksissa jopa sammuttamista. Valaistusta vähennetään silloin, kun liikenne on vähäistä. Valaistuksen vähentämisellä on kuitenkin yleensä haitallinen vaikutus liikenneonnettomuuksien määrään. [18.]

Perinteisillä valonlähteillä vähentäminen on toteutettu kaksitehokuristimilla, säästömuuntajilla tai tyristoritekniikkaan perustuvilla ohjauslaitteilla, jotka aina lisäävät investointikustannuksia. Säästömuuntaja on kustannustehokas ja helppo asentaa, mutta rajoittaa muun muassa syöttöjen pituutta. Tästä johtuen se sopii parhaiten taajamiin, missä valaistuskeskuksia on tiheämmin kuin tiealueilla. [18.]

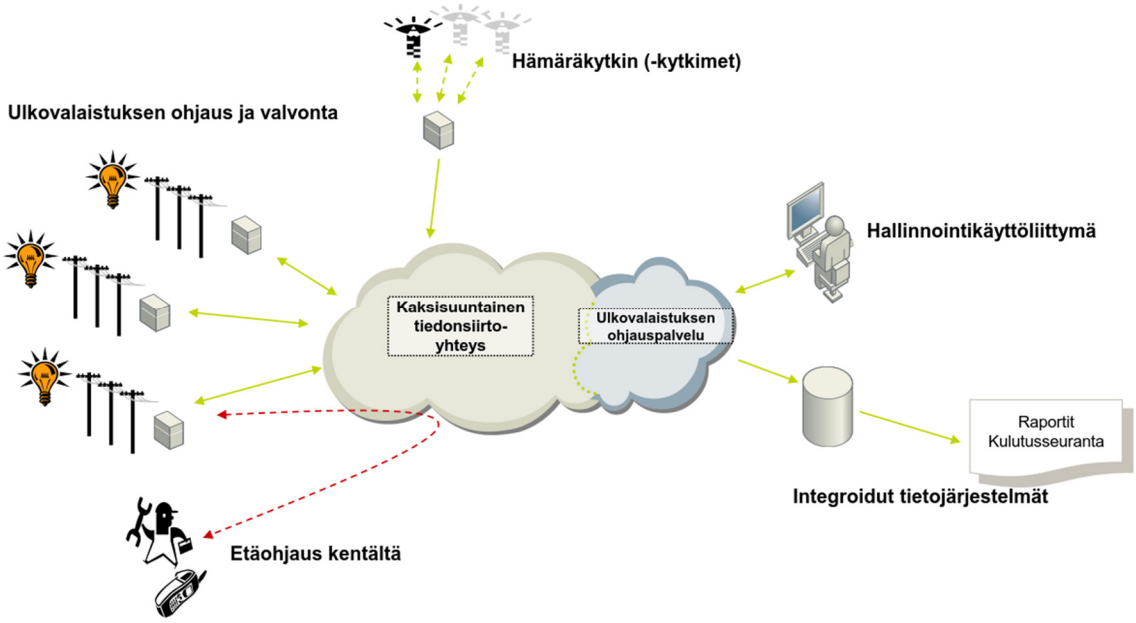
Ennakkoon ohjelmoitu himmennysprofiili

Ledivalaisimien yleistymisen myötä ajoittaisen vähentämisen järjestämisestä on tullut yksinkertaisempaa ja edullisempaa. Valaisimet voidaan tilata valmiiksi ohjelmoidulla himmennysprofiililla, joka himmentää valaistusta vähäisen liikenteen aikaan. Tällä menetelmällä on muutamia arvokkaita etuja:

- tehtaalla ohjelmoitu himmennysprofiili ei vaadi lisätöitä työmaalla
- vapaasti valittava himmennysprofiili yhdellä tai useammalla portaalla
- ei lisää investoinnin kustannuksia
- ei tarvitse kunnossapitoa.

2.2.2 Keskuskohtainen ohjausjärjestelmä

Kun puhutaan ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmästä, on lähtötasona keskuskohtainen ohjaus, jossa valaistusta voidaan hallita etänä. Keskuskohtainen ohjausjärjestelmä käyttää perinteisiä menetelmiä osana ohjausjärjestelmää. Kuviossa 5 on esitetty Telian Lahdelle tarjoaman ohjausjärjestelmän periaatekuvaus.



Kuvio 5. Telian Lahden kaupungille toimittaman ohjausjärjestelmäpalvelun periaatekuvaus. Valaistuksen ohjaus toimii keskuskohtaisesti [19].

Keskuskohtaisessa ohjausjärjestelmässä jokaiseen ohjattavaan keskukseen on asennettu käytössä olevan järjestelmän mukainen keskuksen ohjauslaite, joka Telian ohjausjärjestelmässä on sähkömittari. Ohjausjärjestelmän avulla ohjataan sähkömittarin kuormanohjauskoskettimia, jotka ohjaavat valaistuksen ohjausreleitä. Sähkömittarit tarjoavat usein kaksi ohjauskosketinta ja yhden sisääntulon ulkoista tilatietoa varten, joten ryhmäkohtaisien ohjauksien toteuttaminen on rajoittunutta. [20.]

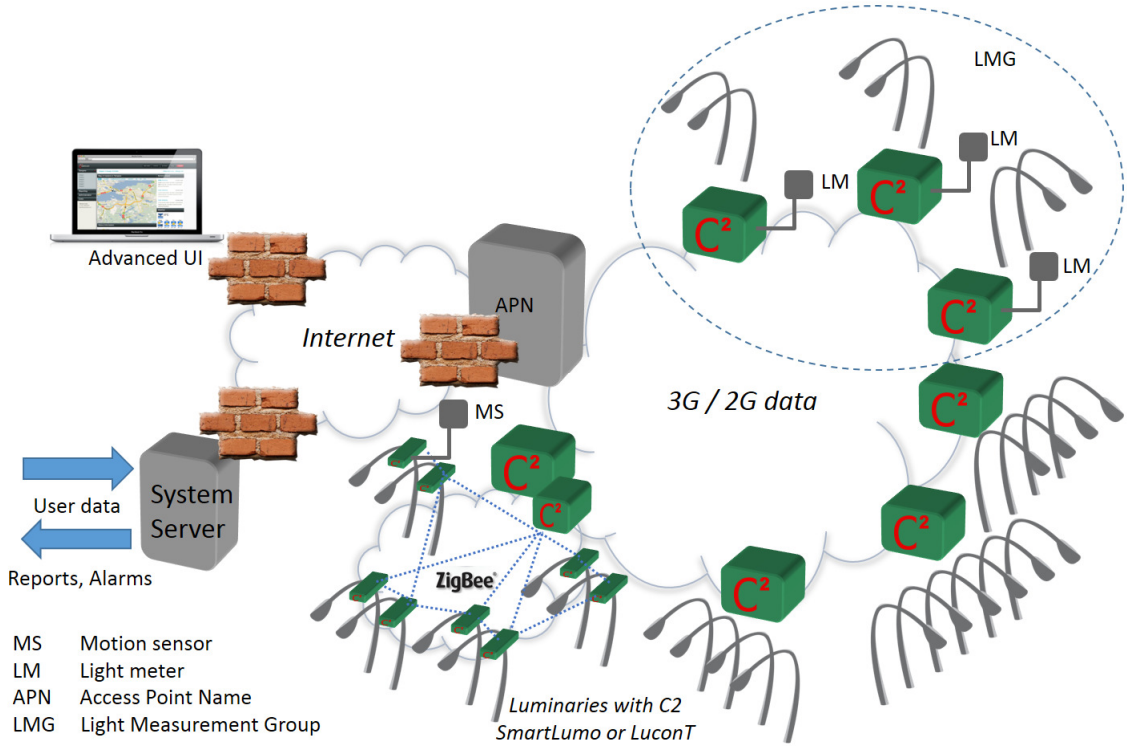
Ohjausjärjestelmässä valaistusta ohjataan hämäräkytkimien avulla. Hämäräkytkimen tieto viedään sen yhteyteen asennetulle sähkömittarille, josta tieto saadaan ohjausjärjestelmään. Ohjausjärjestelmä välittää tiedon valaistusta ohjaaville sähkömittareille, jotka ohjaavat kuormanohjauskosketinta tilanteen mukaan. [20.]

Keskuksen ohjauslaitteet ovat yhteydessä ohjausjärjestelmän palvelimelle runkoverkon avulla, joka on toteutettu 2G- ja 3G-verkkojen avulla [20]. Edellä mainitut mobiiliverkon katveet ovat verkon rakenteesta johtuvia ominaisuuksia [21], joiden vaikutusta voidaan vähentää laitteiden huolellisella sijoittelulla. Nopeus mobiiliverkossa riittää pienten kokonaisuuksien tai kriittisyydeltään alhaisten tietojen siirtämiseen, kuten valaistuksen ohjaus. Mikäli tarpeissa on siirtää suuria tietomääriä, voi nopeampien kiinteiden kuituyhteyksien käyttö tarpeeseen. [10, s. 21.]

Palvelimeen liitetyillä työasemilla voidaan hallita järjestelmää etänä. Lisäksi valaistusta voidaan ohjata mobiililaitteilla esimerkiksi tekstiviestien avulla. Sähkömittareiden käyttäminen ohjauksessa mahdollistaa energiankulutuksen tietojen keräämisen järjestelmään ilman erillisiä lisälaitteita. Ulkovalaistuskeskuksissa on kuitenkin aina oltava mittarit, joten ohjausjärjestelmän käyttöönoton edellyttämät muutokset ovat vähäisiä. [20.]

2.2.3 Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä

Valaisinkohtaisessa ohjausjärjestelmässä on keskuskohtaisen ohjausjärjestelmän lisäksi mahdollisuus valaisinkohtaiseen ohjaukseen. Vaikka ohjausjärjestelmä on valaisinkohtainen, se ei tarkoita sitä, että valaisinkohtaisia ohjauksia olisi käytössä laajemmin. Tällä hetkellä valaisinkohtaista ohjausta käytetään lähinnä valituissa erityiskohteissa, joissa halutaan ohjata ja kerätä tietoa keskuskohtaista ohjausta tarkemmin. Kuviossa 6 on esitetty C2 SmartLight Oy:n toimittaman ohjausjärjestelmän periaatekaavio.



Kuvio 6. C2 SmartLight-järjestelmän periaatekaavio [22].

Valaisinkohtaisessa ohjauksessa on keskuskohtaisten laitteiden lisäksi asennettu valaisimiin tai pylväisiin ohjauslaitteet (C2 järjestelmässä SmartLumo tai LuconT), jotka kommunikoivat keskuksen ohjauslaitteiden kanssa [9]. Valaisinkohtaisen ohjauksen

kommunikaatio voidaan toteuttaa joko langattomasti tai valaistusverkon nykyistä kaapelointia käyttäen [10, s. 21-35].

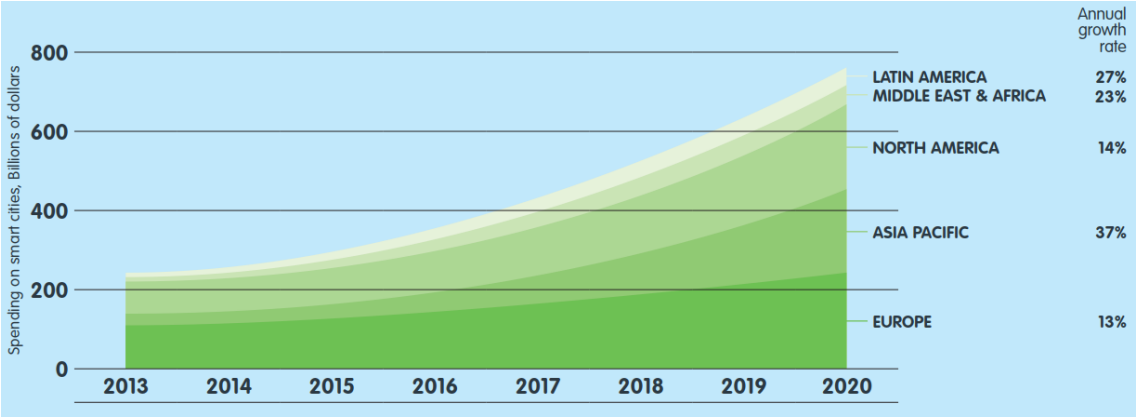
2.2.4 Valaistuksen ohjaus osana älykästä kaupunkia

Älykkäät kaupungit (Smart City) ovat käsitteenä vielä melko uusia. Älykäs kaupunki on eri lähteissä määritelty vaihtelevalla tavalla. Lontoolaisen Future Cities Catapultin teknologia- ja innovaatiojohtaja Jarmo Eskelinen kuvailee älykästä kaupunkia seuraavin sanoin:

> Älykäs kaupunki on sellainen, joka pystyy hyödyntämään dataa yli toimialarajojen. Haluamme elää kaupungissa ilman kilkkeitä niin, että äly on strukturoituna infraan huomaamattomalla tavalla. Parhaimmillaan älykäs kaupunki on näkymätön. [23.]

Älykkäältä kaupungilta odotetaan siis saumatonta ja älykästä palveluiden tuottamista siten, että käyttäjä ei sitä itse edes huomaa. Myös valaistuksesta ja sen ohjauksesta sanotaan samaa. Älykäs valaistuksen ohjaus toimii hyvin, kun käyttäjä ei sitä edes itse huomaa, mutta vaikutus näkyy kuitenkin sähkölaskussa energian säästön muodossa [24]. Älykkäällä kaupungilla haetaan kuitenkin muitakin hyötyjä, mutta ennen todellisten älykaupunkien rakentamista, on vielä todistettava rakentamisen kannattavuus [23].

Älykäs kaupunki yleistyi konseptina vuonna 2010, ja siitä lähtien kiinnostus aiheeseen on kasvanut räjähdysmäisesti. Hallitukset ja päättäjät ovat kamppailleet älykkäisiin kaupunkeihin liittyvien lupaustensa kanssa, mutta se ei ole hidastanut tekniikan kehittäjiä. Lähivuosina älykkäiden kaupunkien markkinat tulevatkin kasvamaan merkittävästi, kuten kuvio 7 osoittaa. [25.]

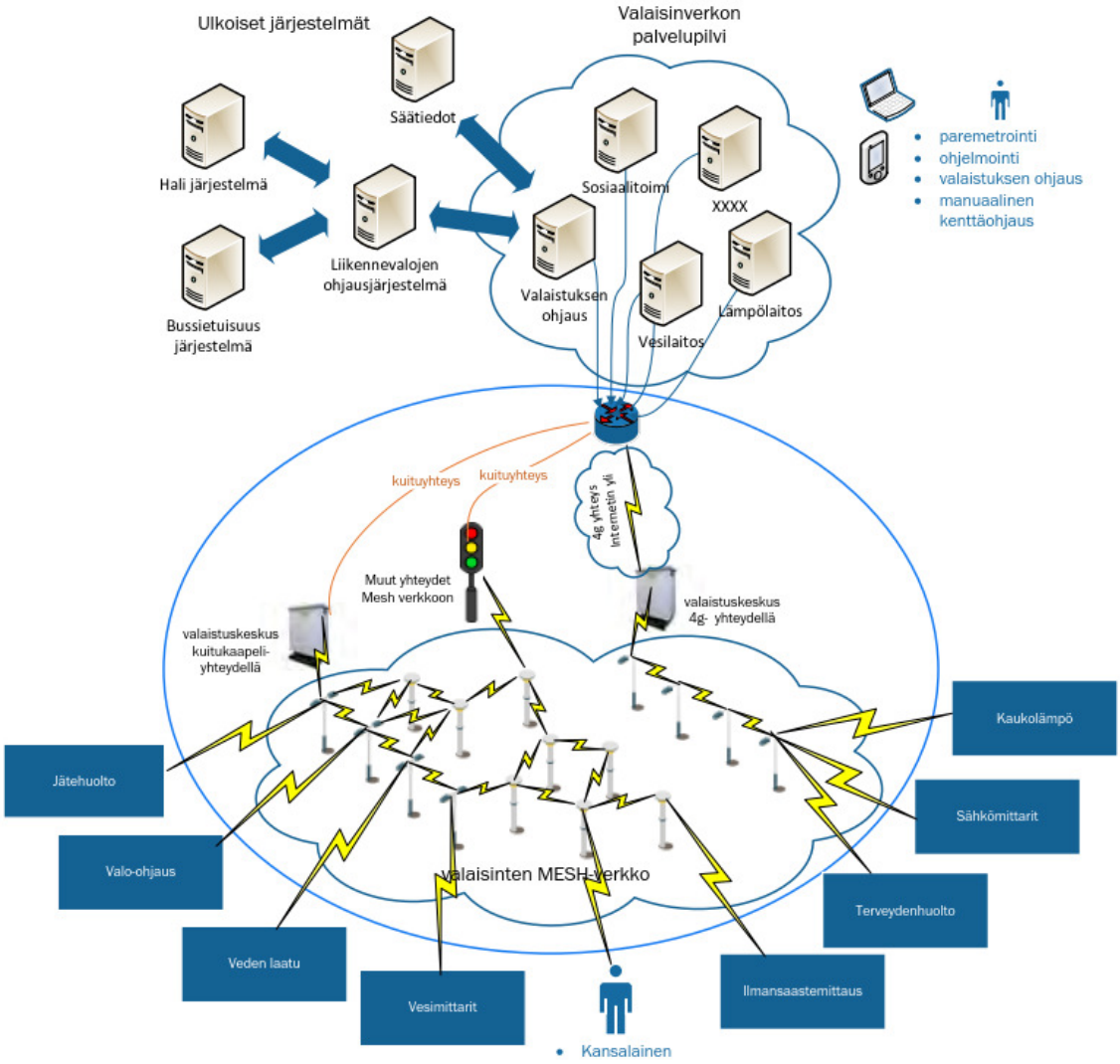


Kuvio 7. Älykkäiden kaupunkien markkinoiden kasvu maailmalla vuosina 2013-2020 [25].

Kaaviosta nähdään, että selkeästi suurimmat markkinat ovat tällä hetkellä Euroopassa, mutta Aasian ja Pohjois-Amerikan markkinat kasvavat nopeammalla vauhdilla. Kokonaisuudessaan maailman älykaupunkien markkinoiden suuruuden on ennustettu lähes tuplaantuvan vuosien 2017 ja 2020 välillä.

Suomessa tällaisen älykkään kaupungin kehittämistä on vahvasti ajanut Tampereen kaupunki, joka piti kaupungin Smart City IoT -mallin määrittelyn aloitustilaisuuden 3.11.2017. Tilaisuudessa esiteltiin, kuinka Tampereen kaupunki, yritykset ja organisaatiot yhdessä määrittelevät Smart City IoT -mallin, sekä kaupungin tarpeet. Halukkailla on mahdollisuus vaikuttaa Tampereen kaupungin Smart City IoT -mallin suunnitteluun, sisältöön ja hankintaan. Pilottihankkeita on tarkoitus toteuttaa vuonna 2018, mutta lopullisen eri järjestelmistä koostuvan kokonaisuuden hankinta on vielä auki. [26.]

Tampereen kaupunki teetti vuonna 2017 selvityksen, jonka tavoitteena oli määritellä Tampereen kaupungin julkisen ulkovalaistuksen ohjauksen tavoitteet ja toimintalinjat vuosille 2017–2028. Selvityksessä tutkittiin erilaisia ulkovalaistuksen ohjauksen vaihtoehtoja sekä selvitettiin mahdollisuudet ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän uudistamiseksi useita tahoja yhdistäväksi ja palvelevaksi koko kaupungin sensoriverkoksi. Tampereen visioima IoT-malli tukeutuu vahvasti ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmään ja sen alustava toimintaperiaate-esimerkki on esitetty kuviossa 8. [10, s. 6, 17.]



Kuvio 8. Tampereen kaupungin tulevan ohjausjärjestelmän toimintaperiaate-esimerkki [10, s. 18].

Kuten kuviosta nähdään, rakentuu useiden tahojen käyttämä langaton sensoriverkosto ulkovalaistusverkon ympärille. Tämä johtuu siitä, että ulkovalaistusverkko muodostavaa itsessään luonnollisen fyysisen alustan, jota hyödyntämällä voidaan rakentaa laaja sensoriverkko. Selvityksen pohjalta todennäköisin käytettävä sensoriverkon yhteystekniikka on langaton mesh-verkko, mutta tarkempi tekninen toteutus ratkeaa vasta myöhemmin. [10, s. 43, 46.]

Sensoriverkon toiminnan keskiössä on IoT-pilvipalvelu, joka mahdollistaa rajapinnat eri tahojen tietojärjestelmien välillä. Lisäksi tietoa voidaan kerätä, jalostaa ja jakaa eri tahojen kesken. [10, s. 17.] Koska älykkäiden kaupunkien tekniset määrittelyt ovat vielä tekemättä, ei tässä selvityksessä lähdetty asiaa tarkemmin tutkimaan. Älykaupungit on

kuitenkin pidettävä mielessä valaistuksen ohjausjärjestelmän vaatimuksia määriteltäessä, jotta ohjausjärjestelmä ei rajoita älykaupungin rakentumista tulevaisuudessa.

3 Tilaajien ohjausjärjestelmät ja tarpeet

Työn tilaajana toimivaan UV-7-ryhmään kuuluu kuusi kaupunkia sekä Liikennevirasto. Jokaisella ryhmän jäsenellä on valaistuksen ohjauksen kannalta omat tavoitteet, tarpeet sekä rahoitus. Nämä tekijät vaikuttavat siihen, minkälainen ohjausjärjestelmä on käytössä ja minkälaisia tavoitteita seuraavaan kilpailutukseen asetetaan. Seuraavissa alaluvuissa esitellään lyhyesti UV-7-ryhmän jäsenten ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmien nykytilanteet, niistä kertyneet kokemukset ja tulevaisuuden visiot.

3.1 Liikennevirasto

Liikenneviraston tievalaistusverkko kattaa koko Suomen tieverkoston. Suurimman eron UV-7:n muihin jäseniin tekee se, että tievalaistusverkko painottuu maanteiden valaistukseen ja puistoja, toreja tai aukioita ei ohjausjärjestelmän piirissä ole. Lisäksi Liikennevirastolla on suhteellisen paljon tunneleita, mutta niissä on kuitenkin käytössä erillinen ohjausjärjestelmä. Tievalaistusverkko koostui vuonna 2016 noin 245 000 valaisimesta ja tievalaistuskeskuksia oli noin 4020 kpl. Taulukossa 2 on esitetty liikenneviraston tievalaistusverkon sekä ohjausjärjestelmän yleiset tiedot. [27.]

Taulukko 2. Liikenneviraston ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän tiedot vuodelta 2016 [27].

Valaisimet kpl	245000
Teho MW	47,8
Energia GWh/v	165,0
Teho/valaisin W/kpl	195
Pylväät kpl	-
Tievalaistuskeskukset kpl	4020
Sähköenergian hinta €/v	-
Kunnossapidon hinta €/v	-
Polttoaika h/v	3600
Ohjausjärjestelmä	Caverion/GPRS
Omaisuudenhallintajärjestelmä	KeyLight
Muut sovellukset	Tierekisteri
Ledivalaisimien osuus %	-

Liikennevirasto solmi vuonna 2009 sopimuksen Caverion Suomi Oy:n (silloinen YIT Kiinteistötekniikka) kanssa tievalaistuksen ohjausjärjestelmän palvelun toimittamisesta. Ohjausjärjestelmä toimii edellä esitellyn ohjausjärjestelmäluokituksen tason 3 mukaisesti. Runkoverkkona käytetään 2G- tai 3G-yhteyksiä ja järjestelmässä on mahdollisuus myös valaisinkohtaiseen ohjaukseen langatonta mesh-verkkoa hyödyntäen. [28.]

Ohjausjärjestelmä on valtakunnallinen ja sen keskiössä on tietojärjestelmä, jonka avulla tieto kulkee ohjauslaitteiden sekä käyttäjien välillä. Suurin osa valaistuksista kuuluu ohjausjärjestelmän piiriin ja ohjaus on hajautettu. Ohjausjärjestelmän hallinnointiin käytetään karttapohjaista verkkoselaimessa toimivaa käyttöliittymää. [28.]

Ohjausjärjestelmän avulla eri käyttäjien on mahdollista seurata tievalaistusverkon tilaa ja tarvittaessa ohjata valaistusta etänä. Ohjauslaitteita on mahdollista ohjata myös paikallisesti. Ohjausjärjestelmällä voidaan tuottaa raportteja, joita voidaan käsitellä käyttöliittymän avulla. Järjestelmästä saadaan tarvittaessa myös vikatiedot kunnossapitoa varten. Palvelu toimii palveluntuottajan palvelimilla, ja siihen sisältyy järjestelmän ympärivuorokautinen valvonta. [28.]

Koska Liikenneviraston tievalaistusverkko kattaa käytännössä koko Suomen etelästä pohjoiseen, on valoantureita sijoitettu lukuisiin paikkoihin ympäri maata. Suomi on jaettu 24 eri ohjausalueeseen sekä muutamaan erikoisohjausalueeseen. Jokaisella ELY-keskuksella on useita ohjausalueita, joiden ohjauksessa sovelletaan aina kahden lähimmän valoanturin mittaamia arvoja. [28.]

Johtimet kiinnitetään laitteeseen irrotettavilla liittimillä, jotka nopeuttavat rikkoutuneen tievalaistuskeskuksen ohjauslaitteen vaihtamista kentällä. Ohjauslaite on vesitiivis, joten se voidaan asentaa myös vedelle alttiiseen paikkaan. Ohjauslaite on osittain modulaarinen, joten osa sen komponenteista on vaihdettavissa, mikäli tekniikka muuttuu. [28.]

Liikennevirasto on ollut tyytyväinen ohjausjärjestelmään ja siihen liittyvään palveluun. Suuressa kokonaisuudessa yksinkertaisen ja selkeän ohjausjärjestelmän sekä käyttöliittymän tärkeys korostuu. [27.]

Caverion valvoo ohjausjärjestelmän tilaa ja ilmoittaa ulkovalaistusverkkoon liittyvistä vioista tievalaistuksen kunnossapitourakoitsijalle tai korjaa vian itse. Palveluntuottajan

vastuulla on ohjausjärjestelmään liittyvät viat. Tievalaistusverkon kunnossapitourakoitsijat vastaavat ulkovalaistusverkon vioista. Jokaisella ELY-keskuksella on tievalaistuksen kunnossapidosta omat urakka-aluekohtaiset sopimuksensa. Tästä johtuen kunnossapidon sekä ohjausjärjestelmäpalvelun yhdistäminen yhden sopimuksen alle ei Liikenneviraston kohdalla ole tavoiteltavaa. [27.]

Liikennevirastolla ja ELY-keskuksilla on tällä hetkellä käynnissä useita kokeiluja uusista ohjausjärjestelmätekniikoista erilaisissa pilottikohteissa (mm. Lumine-järjestelmä Seinäjoella ja Oulussa). Pilottikohteiden tavoitteena on optimoida tievalaistuksen ohjausta mm. läsnäoloon ja säähän perustuen. Lisäksi pilottikohteista saatuja kokemuksia tullaan hyödyntämään tulevassa tievalaistuksen ohjausjärjestelmän palvelusopimuksen kilpailuttamisessa. [27.]

Sopimus Caverion Suomi Oy:n kanssa päättyy vuonna 2019, joten uuden järjestelmän hankinta on aiheena ajankohtainen. Liikenneviraston hallinnassa on lähes 250 000 tievalaisinta, joista suurin osa on edelleen perinteisillä valonlähteillä varustettuja. Uuden järjestelmän hankinnassa ja sopimuksen teknisissä määrittelyissä tulee ottaa huomioon uudet markkinoilla olevat tekniikat ja toteutustavat sekä erilaiset keinot energian säästöjen saavuttamiseksi. Tievalaistusverkon vuosittainen energiankulutus on noin 165 GWh, joten säästöpotentiaali on erittäin suuri. [27.]

Tievalaistusverkon hyödyntäminen perinteistä käyttötarkoitusta laajemmin on haastavaa, sillä valaistusverkko on kaupunkeja harvempaa. Näin ollen valaistusverkkoon yhdistettävät palvelut jouduttaisiin usein sitomaan taajama-alueiden läheisyyteen. Tässäkin tapauksessa palveluiden toteuttaminen edellyttäisi käytännössä laajaa yhteistyötä kyseessä olevan kunnan kanssa. Lisäksi törmäysturvalliset pylväät myös asettavat rajoitteita raskaampien ohjauskomponenttien tai tukiasemien kiinnittämiselle.

3.2 Helsingin kaupunki

Helsingin kaupungin ulkovalaistusverkossa oli vuonna 2016 noin 87 000 ulkovalaisinta ja noin 1 700 ulkovalaistuskeskusta. Vaikka ulkovalaistuksen uudisrakentaminen ja saneeraaminen toteutetaan lähes poikkeuksetta ledivalaisimin, on niiden osuus kaikista ulkovalaisimista toistaiseksi 7,7 %. Määrä kuitenkin kasvaa kovaa vauhtia. Taulukossa 3 on esitetty Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän yleiset tiedot. [29.]

Taulukko 3. Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän tiedot vuodelta 2016 [29].

Valaisimet kpl	86900
Teho MW	11,8
Energia GWh/v	47,4
Teho/valaisin W/kpl	136
Pylväät kpl	71400
Ulkovalaistuskeskukset kpl	1700
Sähköenergian hinta €/v	4 040 000
Kunnossapidon hinta €/v	2 000 000
Polttoaika h/v	3980
Ohjausjärjestelmä	C2/GPRS
Omaisuudenhallintajärjestelmä	Tekla NIS/KeyLight
Muut sovellukset	KeyUV
Ledivalaisimien osuus %	7,7

Helsingin kaupunki solmi sopimuksen ohjausjärjestelmän palveluntuottamisesta ISS Palvelut Oy:n kanssa vuonna 2014. Järjestelmä on hankittu palveluna, mutta laitteiston kaupunki omistaa itse. Sopimuksen kesto on 15 vuotta, joten uuden ohjausjärjestelmän hankinta ei ole ajankohtainen. ISS:n toimittamassa palvelussa ohjausjärjestelmän toimittajana on C2 SmartLight Oy. Ennen nykyisen sopimuksen alkua Helsingillä oli käytössä Caverion Suomi Oy:n ohjausjärjestelmä. Vanhan ohjausjärjestelmän mukaisia laitteita on vielä käytössä keskustan alueella, mutta ne tulevat vaihtumaan uuteen järjestelmään lähiaikoina. [29.]

Sopimuksen alkuvaiheissa palveluntuottajalla oli haasteita valaistuksen oikeiden sytytys- ja sammutusaikojen määrittämisessä. Nämä haasteet johtuivat muun muassa valoantureiden vikatilanteista, yhteysongelmista sekä vikaantuneista laitteista. [29.]

Helsingin kaupungilla on ulkovalaistusverkon kunnossapitosopimus Suomen Energia-Urakointi Oy:n kanssa. Kunnossapitourakoitsijalle on toimitettu tunnukset ohjausjärjestelmään, mutta haastatteluihin mennessä urakoitsija ei ollut saanut koulutusta järjestelmään. Ohjausjärjestelmän käyttö kunnossapidon tukena on toistaiseksi ollut vähäistä. [30.]

Helsingin ollessa Suomen pääkaupunki ei ole yllättävää, että tulevaisuuden tähtäimenä on älykäs kaupunki mukaan lukien ulkovalaistusverkko [29]. Kaupungilla on yli kymme-

nen vuotta nykyistä palvelusopimusta jäljellä, joten lähitulevaisuudessa tavoitteet ja toimenpiteet keskittyvät nykyisen järjestelmän kehittämiseen. Tässä vaiheessa olennaista on oikeiden ulkovalaistuksen ohjausta koskevien periaatteiden määrittäminen tulevaisuuden varalle, jotta myöhemmässä vaiheessa älykkään kaupungin rakentaminen ulkovalaistusverkon tuella olisi mahdollista.

3.3 Espoon kaupunki

Espoon kaupungin ulkovalaistusverkossa oli vuonna 2016 noin 51 900 valaisinta ja 585 ulkovalaistuskeskusta katuvalaistuksen käytössä. Ledivalaisimien osuus kaikista ulkovalaisimista on noin 4,2 %. Taulukossa 4 on esitetty Espoon kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän yleiset tiedot. [5.]

Taulukko 4. Espoon kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän tiedot vuodelta 2016 [5].

Valaisimet kpl	51900
Teho MW	6,2
Energia GWh/v	24,1
Teho/valaisin W/kpl	119
Pylväät kpl	40500
Ulkovalaistuskeskukset kpl	585
Sähköenergian hinta €/v	1 682 000
Kunnossapidon hinta €/v	1 183 000
Polttoaika h/v	3870
Ohjausjärjestelmä	Astronominen kello
Omaisuudenhallintajärjestelmä	Tekla NIS
Muut sovellukset	Gerako/Tekla
Ledivalaisimien osuus %	4,2

Espoon kaupungilla ei ole keskitettyä, koko kaupungin kattavaa ohjausjärjestelmää ulkovalaistuksen ohjaukseen. Jokaiseen ulkovalaistuskeskukseen on asennettu erillinen astronominen kello, jonka avulla ulkovalaistusta ohjataan esiohjelmoiduin viivein. Ohjaustapa on yksinkertainen ja kustannustehokas, mutta sen haittapuolena on etähallinnan puuttuminen sekä se, että ohjaus ei perustu vallitsevan valon määrään. Tästä johtuen voi aiheutua tilanteita, jolloin valaistus syttyy tai sammuu olosuhteisiin nähden liian aikaisin tai liian myöhään. Tällä hetkellä astronomiset kellot on säädetty siten, että valaistus syttyy 20 minuuttia auringonlaskun jälkeen ja sammuu 10 minuuttia ennen auringonnousua. [5.]

Lähes kaikissa Espoon kaupungin ulkovalaistuskeskuksissa on säästömuuntajat, joilla ulkovalaistusta saadaan himmennettyä. Säästömuuntajilla saadaan perinteisten purkauslamppujen energiankulutus matalammaksi. Säästömuuntajalla ohjattuja verkkoja saneerattaessa on ledivalaisimiksi aina valittava sellaiset, jotka toimivat halutulla tavalla jännitteen pudotuksesta huolimatta. Espoossa on yleensä otettu säästömuuntajat pois käytöstä niissä keskuksissa, joiden jakelemaan verkkoon on asennettu ledivalaisimia. [5.]

Espoon kaupungin käyttäjäorganisaatio on ollut nykyiseen yksinkertaiseen ulkovalaistuksen ohjaustapaan tyytyväinen. Käyttökustannukset ovat alhaiset, vaikka ohjaus ei olekaan täysin optimoitu. Astronomisten kellojen aikoja joudutaan kuitenkin tarkistamaan normaalisti syksyn ensimmäisellä kunnossapitokierroksella. [5.]

Espoon kaupungilla on sopimus ulkovalaistusverkon kunnossapidosta Suomen Energia-Urakointi Oy:n kanssa. Käytännössä kunnossapitourakoitsijalle kuuluu samalla myös ulkovalaistuksen ohjauksen hallinta, joka työllistää muun muassa astronomisten kellojen täsmäyskierroksilla. [5.]

Espoon kaupunki seuraa markkinoita ja harkitsee siirtymistä etähallittavaan ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmään. Valaisinkohtaiseen ohjaukseen kaupungilla ei ainakaan suuressa mittakaavassa, ole kiinnostusta. Tavoitteena on saada mahdollisimman yksinkertainen ja varmatoiminen etähallittava ohjausjärjestelmä, jolla valaistuksen sytytys- ja sammutusajat saataisiin optimoitua ja kunnossapitotoimenpiteiden määrä pidettyä pienenä. Lähiaikoina Espoo aloittaa kokeilun, jossa tutkitaan muutaman keskuksen alueella etähallittavan ohjausjärjestelmän toimivuutta. [5.]

Espoon kaupungin tavoitteena on omistaa ja hallinnoida tulevan ohjausjärjestelmän laitteet itse, mikä voisi tarkoittaa erillisen ohjausjärjestelmän palvelusopimuksen poisjäämistä. Ratkaisu voi olla hyvä siltä kannalta, että ohjausjärjestelmän parissa työskentelevien osapuolien määrä olisi pienempi. Toinen mahdollisesti todennäköisempi vaihtoehto on antaa ohjausjärjestelmän hallitseminen kunnossapitourakoitsijan vastuulle, jolloin se ei vaatisi resursseja itse tilaajalta. [5.]

3.4 Vantaan kaupunki

Vantaan kaupungin ulkovalaistusverkossa oli vuonna 2016 noin 42 000 valaisinta ja 447 ulkovalaistuskeskusta. Ledivalaisimien osuus kaikista ulkovalaisimista oli noin 23,8 %. Taulukossa 5 on esitetty Vantaan kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän yleiset tiedot. [31.]

Taulukko 5. Vantaan kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän tiedot vuodelta 2016 [31].

Valaisimet kpl	42000
Teho MW	5,1
Energia GWh/v	17,5
Teho/valaisin W/kpl	119
Pylväät kpl	38335
Ulkovalaistuskeskukset kpl	447
Sähköenergian hinta €/v	1 422 000
Kunnossapidon hinta €/v	818 000
Polttoaika h/v	3450
Ohjausjärjestelmä	C2/GPRS
Omaisuudenhallintajärjestelmä	KeyLight/UV
Muut sovellukset	-
Ledivalaisimien osuus %	23,8

Vantaan kaupunki solmi kaksitoistavuotisen sopimuksen ulkovalaistuksen ohjauspalvelun tuottamisesta ISS Palvelut Oy:n kanssa vuonna 2011. Käytössä oleva ohjausjärjestelmä on C2 SmartLight, ja se on pääpiirteiltään samanlainen kuin Helsingin kaupungin ohjausjärjestelmä. Vantaan kaupungin palvelusopimuksessa palveluntuottaja vastaa kuitenkin järjestelmästä kokonaisuutena, laitteet mukaan lukien. [31.]

Haastatteluissa kävi ilmi, että ohjausjärjestelmän käyttöönoton jälkeen järjestelmän vakaan toiminnan saavuttaminen kesti tarpeettoman pitkään ja aiheutti haasteita palveluntuottajalle. Alkuun järjestelmän käytössä ilmeni paljon yhteysongelmia ja valaistuksen oikeiden sytytys- ja sammutusaikojen määrittäminen oli haasteellista. Lisäksi vaikeuksia aiheuttivat jatkuvat kuormahälytykset sallittujen poikkeamien ollessa liian pienet tai raja-arvojen virheelliset. Kun ohjausjärjestelmän vakaa toiminta saavutettiin, on järjestelmä toiminut sen jälkeen riittävän hyvin. Suuri osa edellä mainituista ongelmista olisi korjattavissa käyttöönottovaiheen huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella. [31.]

Haastattelujen perusteella ohjausjärjestelmän raportointia ja käyttöliittymän selkeyttä voisi parantaa. ISS toimittaa tietyin väliajoin listan toteutuneista ulkovalaistuksen sytytyksistä ja sammutuksista, joissa näkyy ohjauksen toimivuus. Nykyisellä järjestelmällä tilaaja joutuu selvittämään liian paljon tietoja palvelun tuottajalta tai suoraan ohjausjärjestelmän toimittajalta. Myös vuosikalenterin puuttuminen aiheuttaa ylimääräistä työtä muun muassa kausivalaistuksien toteutuksissa. [31.]

Vantaan kaupungin ulkovalaistusverkon kunnossapidosta vastaa Eltel Networks Oy. Urakoitsija käyttää kunnossapitotöissään ohjausjärjestelmää, mutta vain keskuskohtaisessa ohjauksessa. [31.]

Vantaan kaupungilla on vielä noin kuusi vuotta nykyistä palvelusopimusta jäljellä, joten uuden järjestelmän hankinta ei ole ajankohtainen. Ledivalaisimien osuus kaupungissa on kohtalaisen suuri, noin 23,8 %, ja niiden himmennys on toteutettu suuremmaksi osaksi ennakkoon ohjelmoiduilla liitäntälaitteilla himmennystaulukon mukaisesti. Uusia valaisimia on asennettu jonkin verran myös valaisinkohtaisilla ohjainlaitteilla ja osa näistä standardoidulla NEMA-liittimellä. [31.]

Tulevalta ohjasjärjestelmältä Vantaan kaupunki odottaa paljon kehitystä nykyiseen järjestelmään verrattuna. Lisäksi toiveena on, että ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmään voisi yhdistää omaisuudenhallintaa sekä tilastointia. Todennäköisesti myös jatkossa pääpaino on keskuskohtaisella ohjauksella, mutta mikäli valaisinkohtaiselle ohjaukselle saadaan jokin merkittävä perustelu uusien mahdollisuuksien myötä, voi myös valaisinkohtainen järjestelmä tulla kyseeseen. [31.]

Tulevien hankintojen kannalta Vantaalla halutaan painottaa hankinta-asiakirjojen tarkkaa määrittelyä varsinkin siinä tapauksessa, jos järjestelmä hankitaan investointina. Investoinnin kannalta tulee ottaa huomioon erityisesti laitteiden elinikä ja takuu. [31.]

3.5 Lahden kaupunki

Lahden kaupungin ulkovalaistusverkosta vastaa LE-Sähköverkko Oy. Lahden kaupungin ulkovalaistusverkossa oli vuonna 2016 noin 30 330 valaisinta ja 514 ulkovalaistuskeskusta. Ledivalaisimien osuus kaikista ulkovalaisimista oli noin 7,0 %. Nastolan ulkovalaistusverkko liitettiin kuntaliitoksen myötä Lahden kaupunkiin vuonna 2016. Taulu-

kossa 6 on esitetty Lahden kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän yleiset tiedot sisältäen myös Nastolan alueen. [15.]

Taulukko 6. Lahden kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän tiedot vuodelta 2016 [15].

Valaisimet kpl	30330
Teho MW	3,8
Energia GWh/v	10,4
Teho/valaisin W/kpl	125
Pylväät kpl	28162
Ulkovalaistuskeskukset kpl	514
Sähköenergian hinta €/v	826 500
Kunnossapidon hinta €/v	686 300
Polttoaika h/v	4030
Ohjausjärjestelmä	Telia/GPRS
Omaisuudenhallintajärjestelmä	PowerGrid
Muut sovellukset	-
Ledivalaisimien osuus %	7,0

Lahden kaupungin ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmä poikkeaa muista tekniseltä toteutukseltaan. Ohjausjärjestelmäpalvelun tarjoaa Telia Oyj, ja sen keskiössä ovat operaattorin toimittamat ulkovalaistuskeskuksien sähkömittarit, joiden kuormanohjausreleillä ulkovalaistusta voidaan ohjata keskuskohtaisesti etänä. [15.]

Tiedonsiirto sähkömittareille tapahtuu mobiiliverkon (2G tai 3G) avulla ja palvelimet ovat Telian hallinnassa. Sähkömittareissa on kaksi kuormanohjausrelettä, joten niillä on mahdollista ohjata kahta ryhmää tai toteuttaa tehonpudotus. Lisäksi mittareissa on mahdollisuus seurata yhtä ulkoista tilatietoa, jota voidaan käyttää esimerkiksi keskuksen oven tai ylijännitesuojan seurantaan. Ohjauslaitteen ollessa sähkömittari saadaan järjestelmällä seurattua myös sähkönkulutusta ja kuorman käyttäytymistä. Järjestelmä on yksinkertaisuudestaan huolimatta kustannustehokas, koska erillistä ulkovalaistuskeskuksen ohjauslaitetta ei tarvita. [15.]

Käyttöliittymä toimii internet-selaimessa ja keskukset näkyvät luettelona eikä karttapohjaista näkymää ole. Varsinaista mobiilikäyttöliittymää järjestelmä ei tarjoa, mutta käyttöliittymä toimii mobiililaitteiden selaimissa ilman lisäosia. [15.]

LE-Sähköverkko Oy on pitänyt hämäräkytkimien asennuksen, kunnossapidon ja seurannan hallinnoinnin itsellään. Koko kaupungin alueella on käytössä kaksi hämäräkytkintä, jotka sijaitsevat LE-Sähköverkko Oy:n toimistorakennuksen katolla eri puolilla rakennusta. Ohjausjärjestelmässä ei ole hämäräkytkimen virheellisestä toiminnasta ilmoittavaa hälytystä, joten ulkovalaistuksen ohjauksen toteutumista on seurattava mahdollisten vikojen varalta. [15.]

Ohjauspalveluun ei sisälly mittareiden ylläpitoa, sillä Lahden kaupunki osti mittarit asennuksineen järjestelmän käyttöönoton yhteydessä. Näin ollen LE-Sähköverkko Oy vastaa mittareiden kunnossapidosta. [15.]

LE-Sähköverkko Oy valvoo ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmää aktiivisesti, joten heillä on kokemusta myös järjestelmän päivittäisestä käytöstä. Järjestelmä on toiminut vakaasti ja yhteysvikoja on esiintynyt kohtalaisen vähän. Ohjauspalvelun puolesta teknisen tuen saatavuus on ollut haasteellista. Oikean henkilön tavoittaminen on hidasta ja vaikeaa. [15.]

Lahden kaupunki rahoittaa katuvalaistuksen kunnossapidon ja LE-Sähköverkko Oy määrittää ulkovalaistusverkon kunnossapidon toimintalinjat käytettävissä olevan rahoituksen puitteissa. Ulkovalaistuksen kunnossapito on kilpailutettu ja kaupungin kunnossapitourakoitsijana toimii Destia Oy, joka vastaa kunnossapidosta virka-aikoina. Virka-aikojen ulkopuolella ilmoitukset menevät LE-Sähköverkko Oy:lle, joka ohjaa niitä tarvittaessa kunnossapitourakoitsijalle tai LE-Sähköverkko Oy:n omalle kunnossapitohenkilöstölle. Nastolan alueella ulkovalaistusverkon kunnossapidosta vastaa Suomen Energia-Urakointi Oy. [15.]

LE-Sähköverkko Oy on ollut nykyiseen ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmään tyytyväinen sen toimintavarmuutensa takia. Kunnossapidon yhteydessä on kuitenkin ilmennyt tarvetta keskuksien ohjaamiseen alueittain. Nykyinen mobiiliohjaus tekstiviestillä on hankalaa ja hidasta. Lisäksi karttapohjainen käyttöliittymä selkeyttäisi järjestelmän käyttöä ja keskuksien paikantamista. [15.]

Palvelusopimus Telian kanssa on voimassa vuoteen 2024 asti, joten uuden järjestelmän hankinta ei ole lähiaikoina ajankohtainen. LE-Sähköverkko Oy on ollut ohjausjärjestelmään tyytyväinen, koska se tarjoaa hyvän hinta-laatusuhteen. [15.] Hämäräkytki-

mien asennus olisi kuitenkin hyvä määritellä tarkemmin ja hämäräkytkimien valvontaa automatisoida.

3.6 Turun kaupunki

Turun kaupungin ulkovalaistusverkossa oli vuonna 2016 noin 28 450 valaisinta ja noin 380 ulkovalaistuskeskusta. Ledivalaisimien osuus kaikista ulkovalaisimista oli noin 28,1 %. Taulukossa 7 on esitetty Turun kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän yleiset tiedot. [32.]

Taulukko 7. Turun kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän tiedot vuodelta 2016 [32].

Valaisimet kpl	28450
Teho MW	3,3
Energia GWh/v	14,4
Teho/valaisimet W/kpl	134
Pylväät kpl	24000
Ulkovalaistuskeskukset kpl	380
Sähköenergian hinta €/v	900 000
Kunnossapidon hinta €/v	600 000
Polttoaika h/v	3600
Ohjausjärjestelmä	C2/GPRS
Omaisuudenhallintajärjestelmä	Tekla NIS
Muut sovellukset	Gerako/Tekla
Ledivalaisimien osuus %	28,1

Turun kaupunki solmi kymmenvuotisen sopimuksen ulkovalaistuksen ohjauspalvelun tuottamisesta Turku Energia Oy:n kanssa vuonna 2015. Ohjausjärjestelmän toimittajana on C2 SmartLight Oy, ja järjestelmä on pääpiirteiltään samanlainen kuin Helsingin sekä Vantaan kaupunkien ohjausjärjestelmät. Turun tapauksessa kyseessä on täysi palvelusopimus, eli myös laitteet kuuluvat sen piiriin. [32.]

Nykyisen ohjausjärjestelmän toiminnassa ja palvelussa on esiintynyt haasteita varsinkin käyttöönottovaiheessa. Yleisimmät ongelmat ovat olleet yhteysvikoja, ja ulkovalaistusta on jouduttu ohjaamaan varajärjestelmällä. Myös viestintäongelmat kunnossapidon ja ohjausjärjestelmän palveluntuottajan kanssa ovat hankaloittaneet ulkovalaistuksen toimivuutta. Lisäksi raporttien tekeminen suoraan järjestelmästä ei täysin onnistu.

Vuosikalenterista voisi olla ulkovalaistuksen ohjauksen kannalta merkittävää hyötyä. [32.]

Kokemuksien mukaan ohjausjärjestelmästä on hankala saada luotettavaa palautetta. On esiintynyt tilanteita, joissa laite on hävittänyt yhteyden eikä minkäänlaista hälytystä ole muodostunut. Epäluotettavat seurantatiedot tekevät järjestelmän toiminnan arvioinnista haastavaa. [32.]

Kun ohjausjärjestelmän palvelusopimus solmittiin, oli ulkovalaistuksen kunnossapitourakoitsijana Turku Energia Oy. Tällöin ulkovalaistuksen kunnossapidossa oli yksi osapuoli vähemmän, joten myös viestintävaikeudet olivat harvinaisempia. Ulkovalaistusverkon kunnossapito kilpailutettiin uudelleen vuonna 2016, ja sopimus siirtyi Destia Oy:lle. Tämän jälkeen kunnossapidon ja ohjausjärjestelmän palveluntuottajan yhteydenpito on hankaloitunut ja vastuualueiden määrittelyssä on ilmennyt haasteita ja epäselvyyksiä. Haastatteluvaiheessa nykyinen kunnossapitourakoitsija ei ollut saanut koulutusta ohjausjärjestelmään, joten sen käyttö oli heidän osalta vähäistä. [32.]

Turun kaupungilla on useita vuosia palvelusopimusta jäljellä, joten uuden sopimuksen kilpailutus ei ole ajankohtaista. Tällä hetkellä ohjausjärjestelmän kannalta olisi hyödyllistä paikata sopimuksien ristiriidat ja keskittyä kehittämään nykyistä järjestelmää. [32.]

3.7 Tampereen kaupunki

Tampereen kaupungin ulkovalaistusverkossa oli vuonna 2016 noin 41 100 valaisinta ja 322 ulkovalaistuskeskusta. Ledivalaisimien osuus kaikista ulkovalaisimista oli noin 10,7 %. Viime vuosina Tampereen kaupungin kehityksen painopiste on ollut uuden ohjausjärjestelmän linjauksien selvityksessä ja tutkimustyö jatkuu edelleen. Taulukossa 8 on esitetty Tampereen kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän yleiset tiedot. [4.]

Taulukko 8. Tampereen kaupungin ulkovalaistuksen sekä ohjausjärjestelmän tiedot vuodelta 2016 [4].

Valaisimet kpl	41130
Teho MW	4,7
Energia GWh/v	16,8
Teho/valaisin W/kpl	116
Pylväät kpl	35000
Ulkovalaistuskeskukset kpl	322
Sähköenergian hinta €/v	1 432 134
Kunnossapidon hinta €/v	691 753
Polttoaika h/v	3750
Ohjausjärjestelmä	C2/GPRS
Omaisuudenhallintajärjestelmä	KeyLight
Muut sovellukset	Gerako/Tekla
Ledivalaisimien osuus %	10,7

Tampere oli Suomen ensimmäinen kaupunki, joka otti käyttöön koko kaupungin kattavan älykkään ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän. Palvelusopimus solmittiin vuonna 2008 kymmeneksi vuodeksi C2 Information Systems Oy:n kanssa. Ohjausjärjestelmäpalvelun tavoitteena on ulkovalaistuksen käytön optimointi sekä energia- ja kunnossapitosäästöjen saavuttaminen. Kyseessä on täysi palvelusopimus, jossa kuukausimaksuun kuuluu myös laitteisto. Vuonna 2015 palvelusopimus siirtyi Lassila & Tikanoja Oy:lle, mutta ohjausjärjestelmän toimittajana on edelleen C2 SmartLight Oy. Palvelusopimus päättyy vuonna 2018, mutta kaupunki jatkaa nykyisellä ohjausjärjestelmällä, kunnes uusi ohjausjärjestelmä on kilpailutettu. [4.]

Tampereella eniten haasteita ovat teettäneet yhteysviat järjestelmän ja ulkovalaistuskeskusten ohjauslaitteiden välillä, jotka monesti korjaantuvat ohjauslaitteen uudelleenkäynnistämisellä. Ohjauslaitteiden kellot eivät myöskään pysy aina oikeassa ajassa, mikä aiheuttaa hämmennystä ja vääriä kytkentäaikoja varsinkin varajärjestelmällä. Valoantureiden toiminnassa on myös ilmennyt poikkeamia, mikä on johtanut ulkovalaistuksen virheellisiin sytytys- ja sammutusaikoihin. [4.]

Tampereella on käytössä ulkovalaistuskeskuksen oven asennon ja ylijännitesuojan tilan seurannat. C2:n ohjausjärjestelmässä on vain yhden ulkoisen tilatiedon seurantamahdollisuus, mistä johtuen nämä tiedot eivät ole eriteltävissä järjestelmässä. Oven tilatieto on hyödyllinen sen tuoman lisäturvan ja ilkivallansuojan kannalta. Haittapuolena on väärät hälytykset esimerkiksi sellaisissa tapauksissa, joissa urakoitsija käy kes-

kuksella, mutta unohtaa ilmoittaa siitä valvomoon. Osasyy siihen, että ilmoitusta ei tehdä on se, että puhelun tekeminen on hidasta kankean vastausjärjestelmän takia. [4.]

Nykyisen ohjausjärjestelmän vikailmoitujärjestelmän suurimpina haasteina ovat olleet vikailmoitusten epäluotettavuus ja vikailmoitusten reaaliaikaisuuden puute. Edellä mainituista tekijöistä johtuen ohjausjärjestelmän avulla saavutettuja kunnossapitosäästöjä ei toistaiseksi ole pystytty luotettavasti todentamaan. [4.]

Tampereen kaupungilla on kunnossapitosopimus Tampereen Vera Oy:n kanssa. Kunnossapitourakoitsijalla on tunnukset ohjausjärjestelmään ja he käyttävät sitä aktiivisesti. Ohjausjärjestelmän kunnossapito on arkisin klo 7:00-15:30 L&T:lla, mutta näiden aikojen ulkopuolella kunnossapito on ostettu kunnossapitourakoitsijalta. [4.]

Tampereen kaupunki on mukana kaksivuotisessa SenCity-ryhmähankkeessa, jonka tavoitteena on kehittää ulkovalaistusinfrastruktuurista palvelualusta, joka luo mahdollisuudet älykkäästi ohjatulle valaistukselle ja uusille innovatiivisille palveluille. SenCity-ryhmähanke kuuluu INKA-ohjelman Älykäs kaupunki ja uudistuva teollisuus -teeman alle. [4.]

Tampereen kaupungin visiona on koko kaupungin kattava älykäs sensoriverkko, jolle ulkovalaistusverkko tarjoaa alustan. Ulkovalaistus on vain osa suurempaa kokonaisuutta, johon liittyy muu kaupunki-infra, kuten julkinen liikenne, liikennevalot, sääasemat, jätehuolto, vesihuolto ja videovalvonta. [4.]

Järjestelmä tulee olemaan hyvin erilainen verrattuna nykyisin käytössä oleviin järjestelmiin ja sen keskiössä on IoT-alusta, jossa kaikki sensori- ja muu data kerätään ja käsitellään. Järjestelmän on oltava avoin, monipuolinen ja skaalautuva sekä mahdollistettava erilaisten laitteiden liittämisen. IoT-alustaan rakennetaan rajapinnat eri järjestelmiin, kuten infran kunnossapito, vesi, kaukolämpö, sähkölaitos ja jätehuolto. Myös muita tietolähteitä tullaan liittämään järjestelmään, kuten säätiedot, liikennemäärien seuranta, joukkoliikenne ja liikennevalot. [4.]

Tampereen kaupunki aikoo käyttää runkoverkon rakentamiseen pääosin kuituverkkoa, koska osa järjestelmistä vaatii suurempaa tiedonsiirtokapasiteettia. Nykyisen kuituverkon lisäksi tavoitteena on rakentaa laajasti uutta kuituverkkoa koko kaupungin alueelle, mm. raitiotien yhteydessä. Alueilla, joilla kuituverkon rakentaminen on saatavaan hyö-

tyyn nähden liian kallista, käytetään 4G-verkkoa. Valaisinverkko tullaan toteuttamaan langattomasti yhdellä tai useammalla eri tekniikalla (mesh, LoRa, MultiFire, NB-LTE jne.). [4.]

Tällä hetkellä Tampereella on käynnissä useita pilottihankkeita, joissa testataan eri tekniikoita ja toteutustapoja sensoriverkon rakentamiseksi. Järjestelmässä varaudutaan suuruusluokaltaan noin 100 000 sensorin määrään. Pilottikohteista saatujen tietojen perusteella Tampere laatii määrittelyt järjestelmän vaatimuksille, jonka jälkeen uuden järjestelmän hankinta voidaan toteuttaa. [4.]

4 Ohjausjärjestelmän vaatimuksien määrittäminen

Tilaajalle ryhdyttiin määrittämään ohjausjärjestelmän teknisiä ja toiminnallisia vaatimuksia siten, että kokonaisuudesta saataisiin mahdollisimman hyvin jokaista UV-7-ryhmän jäsentä palveleva. Tavoitteena oli saada kokemusperäiseen tietoon perustuvat vaatimukset ohjausjärjestelmälle ja siihen liittyvälle palvelulle. Suuri osa tämän kappaleen sisällöstä pohjautuu tehtyihin haastatteluihin. Lisäksi tietyt osiot vaativat myös laajempaa tutkimusta.

Teknisten ja toiminnallisten vaatimuksien mallipohja on esitetty liitteessä 1. Tässä luvussa kerrotaan taustaa ja perusteluita listatuille ratkaisuille. On kuitenkin huomattava, että ohjausjärjestelmälle esitetyt vaatimukset on tehty koko ryhmän tarpeiden mukaan ja ala elää tällä hetkellä murrosvaihetta tekniikan kehittyessä nopeasti. Kilpailutusvaiheessa dokumentti käydään tarkasti läpi ja mallipohjaan tehdään tarvittavat muutokset tilaajan tarpeiden ja vallitsevan markkinatilanteen mukaan.

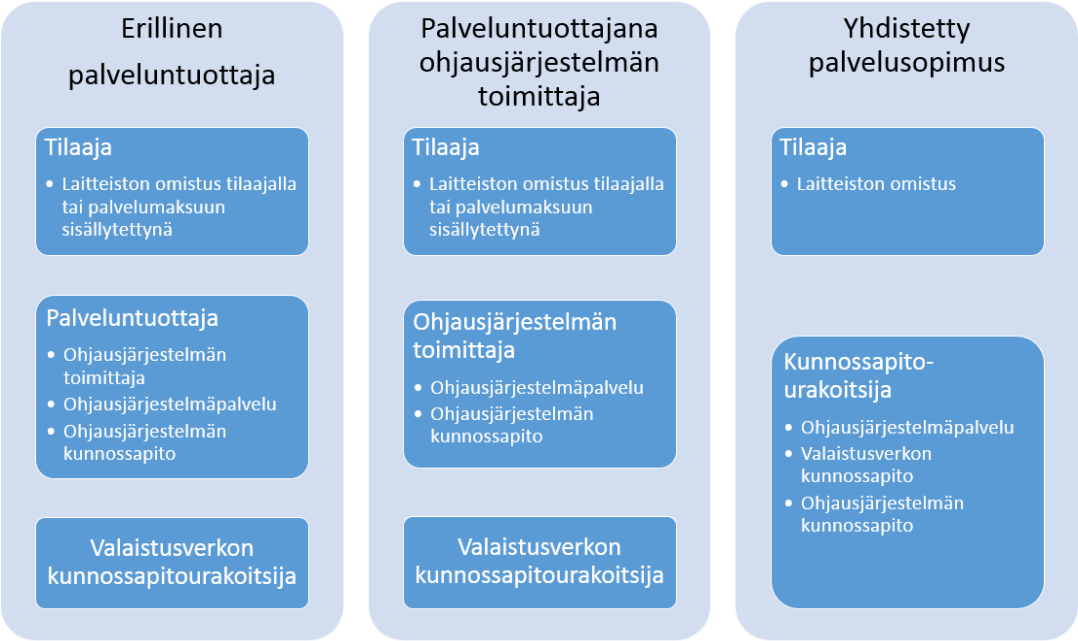
Tehdyissä haastatteluissa nousi esiin muutamia toistuvia epäkohtia koskien nykyisiä ohjausjärjestelmiä ja niiden palvelusopimuksia. Ongelmista osa johtuu suoraan ohjausjärjestelmästä, ja osa taas on riippuvaisia palvelusopimuksen määrittelyistä tai muista tekijöistä. Tässä luvussa käydään läpi näitä epäkohtia sekä ehdotetaan parannuskeinoja niiden kehittämiseksi.

4.1 Palvelusopimusmallit, vastuunjako ja hinnoittelu

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän palvelusopimus ja siihen liittyvät toiminnot sekä vastuut on mahdollista jakaa usealle eri taholle. Usein osapuolia on kolme: tilaaja, ohjausjärjestelmän palveluntuottaja sekä valaistusverkon kunnossapitourakoitsija. Hinnoittelu ja vastuiden jako on mahdollista toteuttaa monella eri tavalla, joista tässä luvussa on esitetty yleisempiä ja hyväksi todettuja menetelmiä.

4.1.1 Palvelusopimusmallit

Haastatteluissa selvisi, että yhteydenpito eri osapuolien välillä ei aina toimi toivotusti. Ohjausjärjestelmän toimivuuden ja selkeyden kannalta onkin järkevää pitää palvelusopimus mahdollisimman yksinkertaisena. Palvelusopimukseen voidaan myös sisällyttää ulkovalaistusverkon kunnossapito, jolloin osapuolia on mahdollisimman vähän. Tällöin viestintäongelmat ja aukot kunnossapidossa saadaan lähes kokonaan poistettua. Kunnossapidon sisällyttäminen samaan sopimukseen ohjausjärjestelmäpalvelun kanssa on kuitenkin haastavaa, sillä sopimuksien kilpailutusvälit ovat usein erilaiset kunnossapidon kilpailutusvälien ollessa huomattavasti lyhyempiä. Lisäksi palveluntarjoajan resurssit ja ammattitaito eivät välttämättä riitä kunnossapitoon. Kuviossa 9 on esitetty kolme erilaista palvelusopimusmallia ja niissä mukana olevat osapuolet.



Kuvio 9. Kolme yleisintä palvelusopimusmallia sekä niiden osapuolet ja vastuun jakautuminen.

Kun kyseessä on *erillinen palveluntuottaja*, mukana on kolme osapuolta: tilaaja, palveluntuottaja sekä kunnossapitourakoitsija. Kyseisessä versiossa palveluntuottaja on jokin erillinen taho, esim. urakoitsija. Palveluntuottaja toimittaa tilaajalle ohjausjärjestelmäpalvelua valitsemallaan ohjausjärjestelmällä. Mallin ongelmana on se, että palveluntuottaja ei välttämättä tunne ohjausjärjestelmää kovin hyvin. Tästä voi syntyä viestintäpuutteita, palvelun hitautta ja joskus ohjausjärjestelmän toimintahäiriöitä. Yleensä tässä mallissa laitteet sisältyvät kuukausimaksuun, mutta niin tarvittaessa tilaaja voi ostaa ne myös itselleen.

Mikäli *palveluntuottajana on ohjausjärjestelmän toimittaja*, on malli hyvin samanlainen kuin edellä mainittu. Poikkeavuutena on kuitenkin se, että palveluntuottaja on itse ohjausjärjestelmän toimittaja. Tämän mallin etuna on se, että palveluntuottajalla itsellään on kattavat tiedot ja ammattitaito liittyen toimitettavaan ohjausjärjestelmään. Tällöin vältytään turhalta palvelun hitaudelta ja järjestelmän väärinkäytöltä. Laajoissa kokonaisuuksissa ohjausjärjestelmän toimittajalle tulee usein esteeksi resurssiongelmat lähinnä valvonnan ja kunnossapidon osalta. Pienissä kokonaisuuksissa mallia on kuitenkin käytetty.

Yhdistetty palvelusopimus tarkoittaa sitä, että yksi toimittaja tarjoaa koko palvelun sisältäen myös ulkovalaistusverkon kunnossapidon. Tässä mallissa on se hyvä puoli, että eri osapuolien välinen viestintä on selkeämpää. Tämä toteutustapa olisi suositeltava tilaajan kannalta, mutta sen toteutus ei usein onnistu valaistusverkon kunnossapidon sekä ohjausjärjestelmäpalvelun sopimuskausien eripituisten jaksojen sekä toimittajan resurssien ja ammattitaidon vähyyden takia.

Yhdistetyn palvelusopimuksen soveltaminen on yksinkertaisinta siten, että tilaaja hankkii laitteet itselleen ja palveluntuottaja vastaa sekä ohjausjärjestelmän että valaistusverkon toiminnasta. Palveluntuottaja toimii tässä mallissa vastaavalla tavalla, kuin valaistuksen kunnossapitourakoitsija, mutta vastuualueeseen kuuluu lisäksi ohjauspalvelu sekä ohjausjärjestelmän kunnossapito. Mahdolliset korjaukset tehdään siis yksikköhintojen mukaan tai tuntityönä, kuten valaistusverkon kunnossapidossa. Tässä mallissa kilpailutusväli on hyvä pitää lyhyenä, esimerkiksi viiden vuoden mittaisena.

4.1.2 Hinnoittelu

Ohjausjärjestelmän hinnoittelu on yleensä kuukausihintaperusteinen ja sen suuruus määräytyy ohjauslaitteiden määrän mukaan. Erilaisille ohjauslaitteille määritetään eri tasoiset hinnat. Tärkeimmät komponentit ovat keskuksen ohjauslaite ja valaisimen ohjauslaite. Mikäli erillisille antureille (painikkeet, liiketunnistimet jne.) on tarvetta, on myös niille hyvä pyytää erilliset kuukausihinnat.

Täydessä palvelusopimuksessa kaikki laitteisto maksetaan kuukausihinnalla sopimuskauden aikana. Joissakin tapauksissa sopimukseen voidaan määrittää optio laitteiston ostamisesta tilaajan omistukseen kesken sopimuskauden tai sopimuskauden lopussa. Todennäköisesti kuitenkin nopeasti kehittyvä tekniikka ehtii vanheta sopimuskauden aikana, joten uusi järjestelmä toteutetaan uusilla laitteilla. Palveluntuottajalta edellytetty sopimuskauden aikana tehty kehitystyö tehdään kuitenkin yleensä erikseen tilattuna tuntityönä.

Rahoituksen kannalta voi joissakin tapauksissa olla helpompaa ostaa laitteet omaksi ja hankkia palvelu erikseen ohjauslaitekohtaisella kuukausihinnalla. Sopimuskauden aikana ja sen päätyttyä tilaaja omistaa laitteet, mutta yleensä uusi ohjausjärjestelmän sopimus tuo mukanaan myös uudet laitteet.

Ohjausjärjestelmän käyttöönottourakka voidaan toteuttaa myös erillisenä muusta palvelusopimuksesta. Tällöin palvelusopimuksen hinnoittelua voidaan saada tarkemmaksi ja niin sanottuja piilokustannuksia ei käyttöönoton osalta pääse syntymään.

4.1.3 Kunnossapitourakoitsijan ja palveluntuottajan vastuut

Haastatteluissa kävi ilmi, että kommunikaatio tilaajan, palveluntuottajan ja kunnossapitourakoitsijan kanssa ei aina toimi ongelmitta. Joissakin tapauksissa sopimuksien velvoitteet ovat olleet epäselviä, jolloin vastuiden määrittäminen on ollut haasteellista. Tällaisia tilanteita on pyrittävä välttämään, sillä niiden paikkaaminen jälkikäteen ei aina ole helppoa. Pahimmillaan tilanne saattaa jatkua pidempään ja siitä aiheutuneet ongelmat huomataan vasta, kun ne ovat kasvaneet turhankin suuriksi.

Erityistä huomiota tulee kiinnittää kunnossapidon urakkarajoihin. On suositeltavaa, että ohjausjärjestelmän valvonta ja kunnossapito ovat palveluntuottajan vastuulla vuoro-

kauden ympäri. Joissakin tapauksissa palveluntuottajan resurssit voivat kuitenkin olla rajalliset ja kunnossapidon osa-alueita joudutaan siirtämään kunnossapitourakoitsijalle.

Kunnossapidon kannalta on tärkeää myös fyysisten rajojen määrittely ohjausjärjestelmän ja ulkovalaistusverkon rajapinnoissa. On suositeltavaa, että palveluntuottajan vastuulle kuuluu koko ohjausjärjestelmä laitteineen aina ohjausjohtimiin asti. Keskuksissa olevat ohjausreleet ja kontaktorit kuuluvat kunnossapitourakoitsijan vastuulle. Valaisinkohtaisessa ohjauksessa ohjauslaitteet sekä niiden liittäminen valaisimeen kuuluvat palveluntuottajan vastuulle. Mikäli liitos on tehty esimerkiksi NEMA- tai Zhaga-liittimellä, kuuluu valaisimessa kiinteästi oleva naarasliitin kunnossapitourakoitsijan vastuulle.

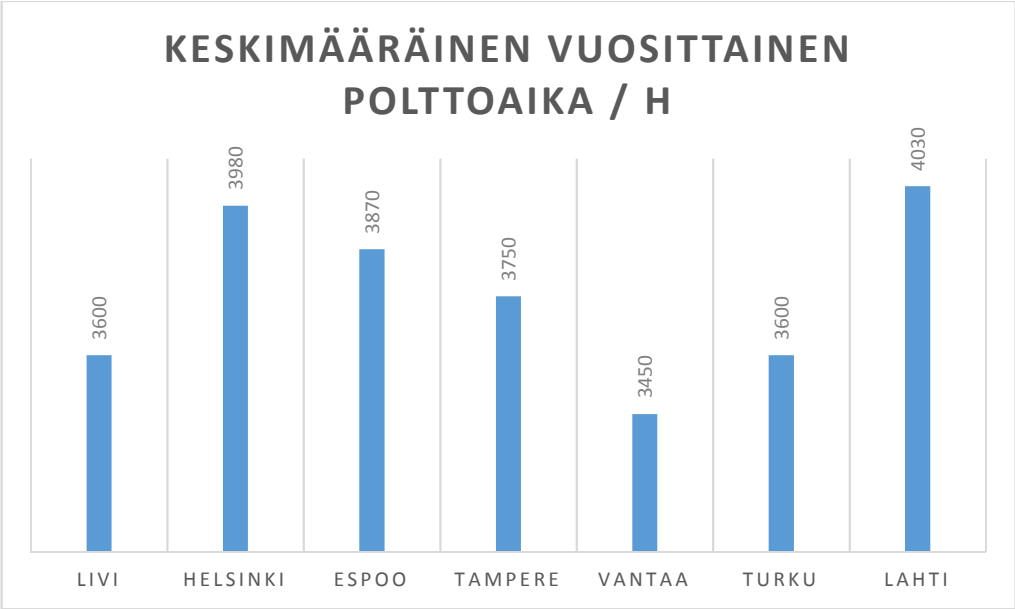
4.1.4 Laitteiston kunnossapito

Ohjausjärjestelmän kunnossapitokustannusten osalta tärkeitä huomioon otettavia seikkoja ovat:

- Palvelusopimus ja laitteiden takuu: Yleisimmät takuut laitteille ovat 2–3 v, mutta myös pidempiä takuusopimuksia voidaan solmia. Tukisopimus suositellaan tehtäväksi koko ohjausjärjestelmän elinkaaren ajaksi. Mikäli ohjausjärjestelmä hankitaan kokonaispalveluna, vastaa palveluntuottaja järjestelmästä kokonaisuutena.
- Tarve laitteiden uusimiselle elinkaaren aikana: Laitteiden eliniän tulee kattaa koko ohjausjärjestelmän elinkaari. Kokonaispalveluun on sisällyttävä rikkoutuneiden laitteiden vaihtaminen uusiin.
- Laitteiden päivittäminen: Laitteet on pystyttävä päivittämään. Tämä tarve tulee ottaa huomioon laitteistoa valittaessa.

4.2 Ulkovalaistuksen ohjaus

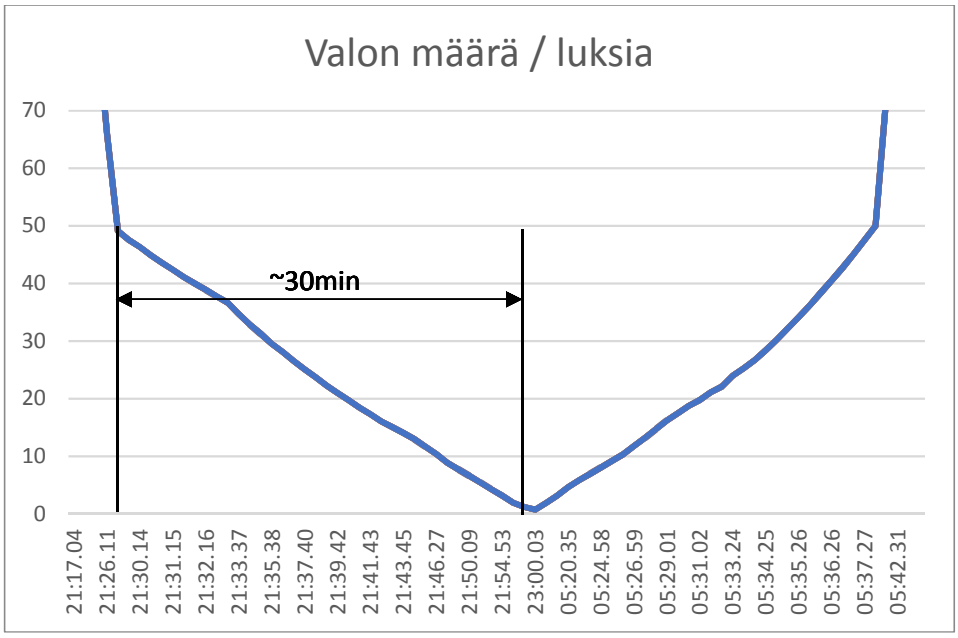
Ulkovalaistuksen sytytys- ja sammutusperiaatteita tarkentamalla on mahdollista saavuttaa energiansäästöjä, koska vuosittaiset polttotunnit vähenevät. Lisäksi oikea-aikainen valaistuksen ohjaus tarjoaa parempaa palvelua tienkäyttäjälle, koska myös pilvisinä aamuina ja iltoina valaistus on päällä riittävän kauan. Kuviosta 10 nähdään, että UV-7-ryhmän sisällä keskimääräisten vuosittaisten polttotuntien välillä on suuria eroja.



Kuvio 10. UV-7:n jäsenten keskimääräiset vuosittaiset polttoajat. UV-7:n keskiarvo on 3754 h.

Vantaan kaupungilla polttoaika on hyvin alhainen, vain 3450 tuntia. Korkein polttoaika on Lahden kaupungilla, 4030 tuntia. Kummallakin kaupungilla on käytössä keskitetty ohjausjärjestelmä, mutta toteutuksessa ja raja-arvoissa on eroja. Lisäksi maantieteellinen sijainti vaikuttaa polttoaikoihin. Vuositasolla pohjoisessa olevalla kohteella on alhaisemmat polttotunnit kuin vastaavalla kohteella, joka sijaitsee etelässä. Merkittävän eron polttoaikoihin tekee kuitenkin raja-arvojen mukaan määräytyvät valaistuksen sytytys- ja sammutusajat, joissa on ryhmän jäsenten välillä suuria poikkeavuuksia. Valoantureille määriteltyjä raja-arvoja ei voi kuitenkaan suoraan verrata keskenään, sillä anturin mittaama arvo on aina hyvin riippuvainen asennuspaikasta, suunnasta ja muista ympäristön vaikutuksista.

Kuviossa 11 on esitetty erään valoanturin mittaamat arvot illan hämärtyessä ja aamulla auringon noustessa. Kyseisenä päivänä hämärän kesto on ollut noin 30 min illalla ja aamulla. Kuviosta nähdään, että jo 10 luksin virhe valaistuksen sytytyksessä tai sammutuksessa vaikuttaa ajallisesti valaistuksen polttoaikaan noin kymmenestä viiteentoista minuuttia päivässä. Kesällä vaikutus on suurempi kuin talvella, ja lisäksi sääolosuhteet vaikuttavat siihen merkittävästi. Mikäli mittauksessa tai ohjauksessa on jatkuva 10 luksin lisä aamuin illoin, syntyy siitä vuositasolla arvioituna noin 100 tuntia lisää valojen palamista.

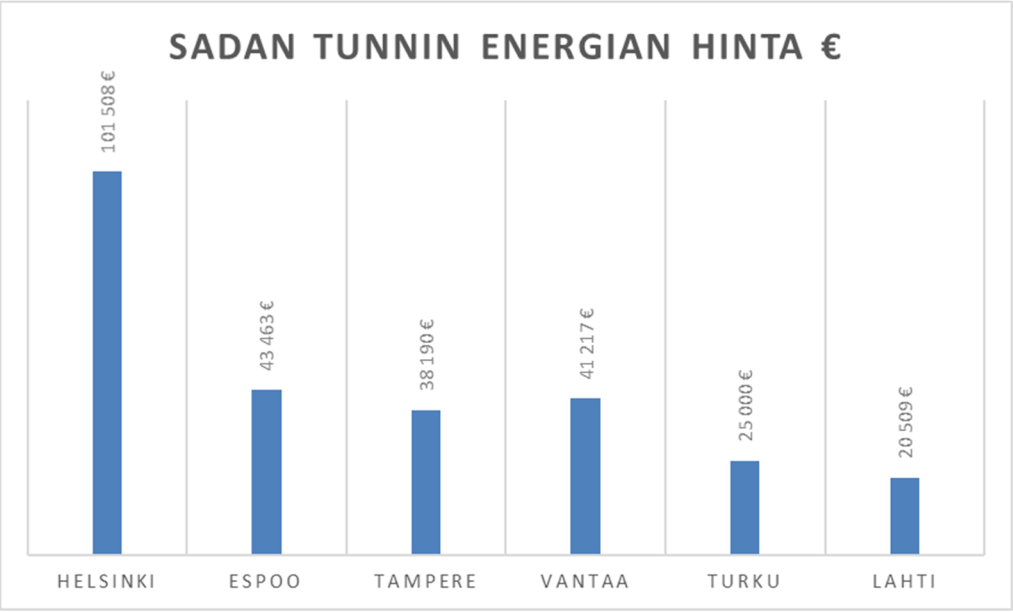


Kuvio 11. Erään valoanturin mittaamat arvot auringon laskun ja nousun ajalta [28].

Vaikka valaistus palaisikin hieman vähimmäistarvetta enemmän, se ei suoraan tarkoita sitä, että se olisi turhaa valojen polttamista. Valaistuksen ohjauksen optimoinnissa pyritään löytämään mahdollisimman hyvä tasapaino energian kulutuksen sekä ihmisille tarjottavan palvelun välillä. Vallitsevan valon määrän ollessa kuitenkin selkeästi tarvittavaa korkeampi, voidaan puhua jo tarpeettomasta valojen polttamisesta.

Kuviosta 11 nähdään myös, että käyrä tekee jyrkän taitoksen 50 luksin kohdalla. Tästä voidaan päätellä, että valaistuksen ohjauksen kannalta merkittävät muutokset tapahtuvat 50 luksin ja 0 luksin välillä. Sama asia toistuu kaikkina vuodenaikoina. Tämä tarkoittaa sitä, että valoanturit voidaan optimoida toimimaan tällä alueella, jolloin tuloksista saadaan tarkempia.

Kuviossa 12 on esitetty, kuinka paljon edellä mainittu sadan tunnin virhe valaistuksen ohjauksessa vaikuttaa energiakustannuksiin vuositasolla kunkin ryhmän jäsenen kulutuksen ja sähkön hinnan mukaan. Valaistuksen ohjauksen optimoinnilla saavutettavat kustannussäästöt ovat hyvin tapauskohtaisia ja toteutuksesta riippuvaisia, mutta kuviossa annetut summat antavat osviittaa siitä, millaisia säästöjä ohjauksen optimoinnilla voidaan teoriassa saavuttaa.



Kuvio 12. Sadan tunnin energian hinta UV-7:n jäsenillä laskettuna vuoden 2016 toteutuneen sähköenergian hinnan ja kulutuksen mukaan.

Osalla ryhmän jäsenistä valaistuksen ohjaus on jo kohtalaisen hyvin optimoitu, joten välttämättä näin suuria säästöjä ei voida saavuttaa. Toteutuneisiin säästöihin vaikuttaa aina merkittävästi valaistuksen sytytyksen ja sammutuksen historia ja tavat. Mikäli kaupunkilaiset ovat tottuneet siihen, että valaistus sytytetään melko valoisalla, voi rajaarvojen suuret muutokset aiheuttaa valituksia. Valaistuksen ohjauksessa tulisi aina pyrkiä löytämään optimoitu ratkaisu viihtyisän ja turvallisen ympäristön ja energiansäästöjen välillä.

4.2.1 Ohjausalueet

On tärkeää, että valaistuksen ohjaus on jaettu useaan eri alueeseen, jotka jakautuvat loogisesti ja rajautuvat mahdollisimman selkeästi. Alueilla voi olla erilaisia ominaisuuksia muun muassa ympäristön ja valon tarpeen suhteen. Esimerkiksi vilkkaasti liikennöidyssä keskustassa valot voivat palaa pidempään, kuin sen ulkopuolella pientaloalueilla ja muilla vähäisen liikenteen alueilla. Jokaiselle ohjausalueelle asennetaan erilliset valoanturit ja niiden käyttöönotto tehdään alueen ominaisuuksien ja tarpeiden mukaan.

4.2.2 Ohjausperiaatteet

Ensisijaisesti valaistusta kannattaa aina ohjata vallitsevan valon määrään perustuen valoantureiden mittaaman tiedon perusteella. Tällöin valaistus saadaan toimimaan oikea-aikaisesti vuoden jokaisena päivänä sääoloista riippumatta. Vikatilanteiden varalta (yhteysvika tai muu häiriö) on ohjausjärjestelmässä oltava varajärjestelmä. Varajärjestelmänä käytetään astronomista kelloa, jolla saadaan varmistettua valojen mahdollisimman oikea-aikainen syttyminen vikatilanteessa. Varajärjestelmä ei saa kuitenkaan ohjata ulkovalaistusta ensisijaisen ohjausjärjestelmän toimiessa tarkoituksenmukaisesti, jottei turhaa valojen polttamista synny.

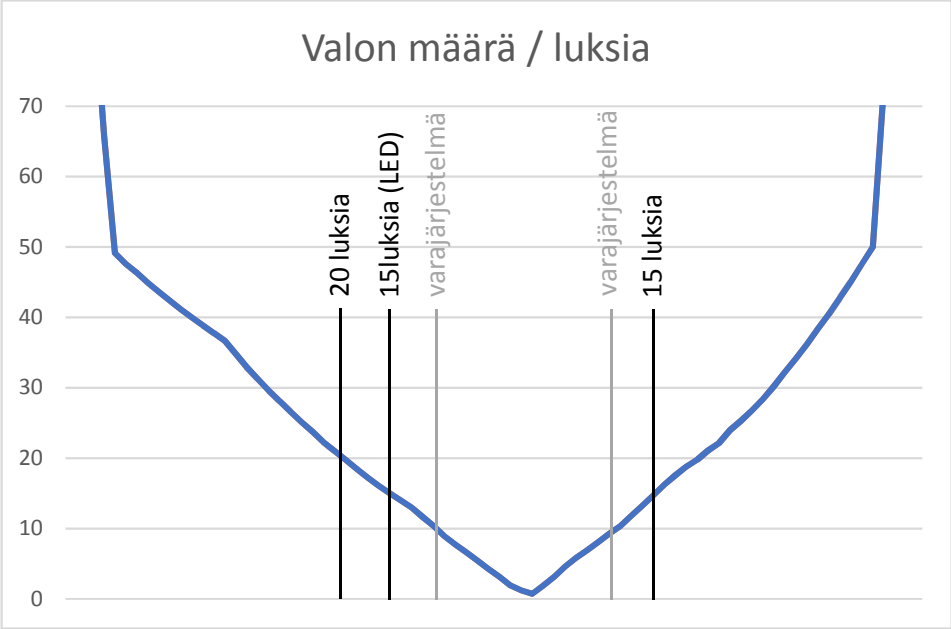
Ohjauslaitteiden on tunnistettava vikatilanteet ja ohjaustiedon puuttuessa osattava automaattisesti käyttää varajärjestelmää. Vuodenaikojen mukana tulevien vaihteluiden vaikutuksien minimoimiseksi on järjestelmässä oltava vuosikalenteri, jonka avulla sekä valoantureiden raja-arvot että varajärjestelmän viiveet saadaan seuraamaan vuosittaista vaihtelua. Taulukossa 9 on listattu UV-7-ryhmällä nykyisin käytössä olevat valoantureiden raja-arvot.

Taulukko 9. UV-7 -ryhmän nykyisin käytössä olevat valaistuksen sytytyksen ja sammutuksen raja-arvot.
* Arvot vaihtelevat ELY-keskuksien välillä.
** Alueiden keskiarvot.
*** Keskustan alueen arvot.

	Sytytys / luksia	Sammutus / luksia
LiVi *	21	17
Espoo	-	-
Helsinki **	51	42
Lahti	-	-
Tampere ***	15	10
Turku	20	15
Vantaa	15	10

Taulukosta nähdään, että raja-arvoissa on jonkin verran vaihtelua UV-7-ryhmän jäsenten välillä. Helsingin raja-arvot ovat suhteellisen korkeat, mikä johtuu antureiden sijoittelusta sekä hankalien paikkojen, kuten kapeiden katukuilujen, sytytyksien priorisoinnista.

Ulkovalaistus suositellaan sytytettäväksi, kun mitatut valaistusvoimakkuudet laskevat alle 20 luksin ja sammutettavaksi, kun valon määrä saavuttaa arvon 15 luksia. Mikäli alueen valaisimista yli puolet ovat ledejä, sytytyksen lähtöarvo voidaan asettaa myös 15 luksiin. Raja-arvot on esitetty kuviossa 13. Koska raja-arvot säädetään aina alue- ja tapauskohtaisesti, lopulliset arvot voivat poiketa lähtöarvoista merkittävästikin. Lopullisiin arvoihin vaikuttaa häiriövalon määrä, maaston muodot, rakennukset, vuodenaika ja valaistavien kulkuväylien ominaisuudet.



Kuvio 13. Sammutus- ja sytytystasot sijoitettuna valon määrän mittauskäyrälle.

Jotta ohjauksesta saataisiin luotettavaa, valaistuksen sytytyksessä ja sammutuksessa on suositeltava käyttää viiden maantieteellisesti erillään olevan valoanturin arvoja. Ohjausjärjestelmässä sytytyksen ja sammutuksen raja-arvot tulee pystyä määrittelemään myös relekohtaisesti, jotta eri alueille voidaan tarvittaessa määrittää erilaisia kytkentärajoja.

Usein ohjausjärjestelmät käyttävät kahden tai kolmen valoanturin keskiarvoa valaistuksen ohjaukseen. Tämä menetelmä on kuitenkin hyvin altis jo yhden anturin vikaantumiselle. Jotta vikatilanteet eivät vaikuttaisi merkittävästi ohjauksen ajankohtaan, keskiarvon muodostamiseen käytetään vain ns. realistisimpia tuloksia. Menetelmää suositellaan käytettäväksi valaistuksen sytytyksen ja sammutuksen ohjaukseen ja se etenee kahdessa vaiheessa seuraavasti:

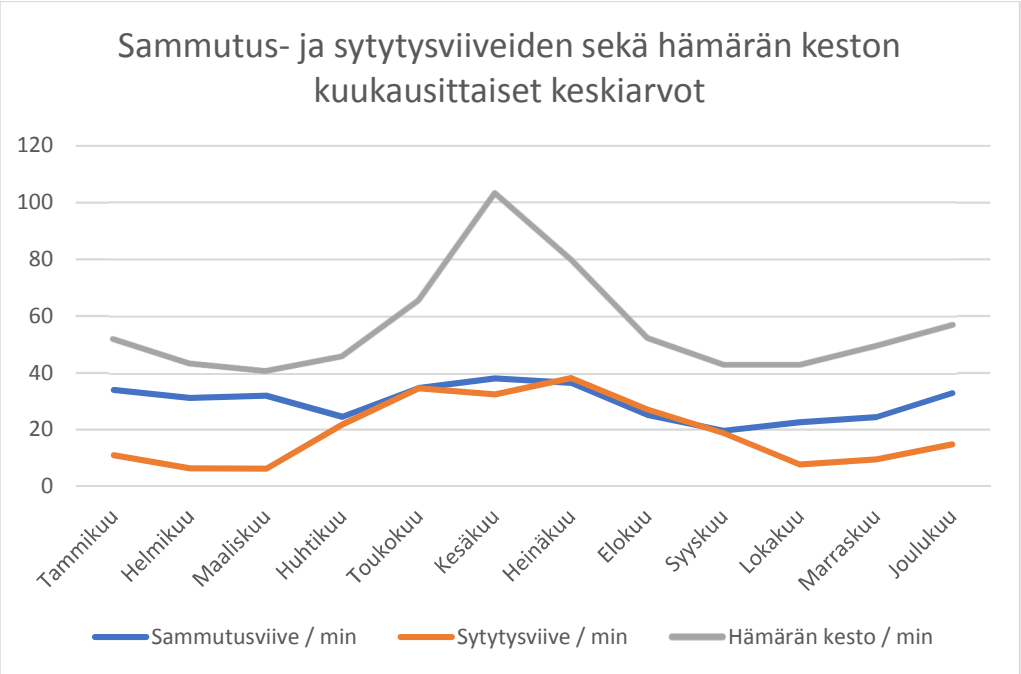
1. Ohjausalueen kaikkien valoantureiden arvoista lasketaan mediaani.
2. Mediaanista ja kahdesta mediaania lähinnä olevasta arvosta (yhteensä kolme arvoa) lasketaan keskiarvo, joka määrittää vallitsevan valon määrän ohjaavan arvon.

Edellä kuvattu menetelmä tekee vallitsevan valon määrän määrittelystä tarkkaa ja luotettavaa. Mikäli käytössä on viisi valoanturia, voi kaksi anturia vikaantua ja tulos on edelleen tarkka. Vioittuneen anturin on annettava hälytys järjestelmään, jotta ongelma tulee korjattua mahdollisimman pian.

Mikäli alueen valaistus on toteutettu pääosin ledivalaisimin, joissa on ennakkoon ohjelmoitu himmennysprofiili, voidaan valoantureiden raja-arvoja pudottaa kesäkuukausina. Pudotus valitaan alueella käytössä olevien himmennysprofiilien perusteella. Sellaisina kuukausina, jolloin valaistus syttyy valmiiksi himmennettynä, voidaan pudotusta käyttää. Yleensä nämä kuukaudet ovat kesäkuun lisäksi heinä- ja toukokuu. Pohjoisemmassa näitä kuukausia voi olla useampia.

4.2.3 Varajärjestelmä

Mikäli ohjauslaite ei saa ensisijaista ohjaustietoa esimerkiksi yhteysvian takia, varajärjestelmän on kytkettävä valaistus päälle esiohjelmoitujen viiveiden mukaan. Mikäli koko vuoden ajan käytettäisiin samoja viiveitä, eivät kytkentäajat olisi optimoituja hämärän keston vaihteluiden takia. Tästä johtuen varajärjestelmän viiveiden on seurattava aurinkokalenterin hämäräjakson pituutta, joka vaihtelee laajasti vuoden aikana. On kuitenkin huomattava, että kuukausittain vaihtuvat viiveet edellyttävät ohjausjärjestelmältä vuosikalenteria. Kuviossa 14 on esitetty hämärän keston vaihtelevuus sekä toteutuneet valoantureilla ohjatut kytkentäviiveet itäisen Helsingin ohjausalueella.



Kuvio 14. Sammutuksen (sininen) sekä sytytyksen (oranssi) kuukausittaiset keskiarvot itäisen Helsingin ohjausalueella vuosilta 2016 ja 2017. Harmaalla hämärän keston kuukausittainen keskiarvo [33].

Kuten kuviosta nähdään, on pisin hämärän kesto yli 110 minuuttia ja lyhin kesto taas 40 noin minuuttia, joten viiveet eivät ole samat koko vuoden ajan. Historiatietojen mukaan valoantureilla ohjatun valaistuksen kytkentäaikojen vaihtelu korreloi hämärän keston kanssa. Tästä johtuen varajärjestelmän ohjauksessa voidaan käyttää viiveitä, jotka muuttuvat vuoden mittaan samassa suhteessa hämärän keston kanssa. Optimaaliset viiveet voivat vaihdella maantieteellisen sijainnin mukaan ja niitä voidaan korjata tehtyjen havaintojen perusteella.

Seuraavia arvoja suositellaan käytettäväksi lähtökohtana varajärjestelmän kytkentäviiveissä:

- sytytys (25 %) 10 min - 27,5 min auringonlaskun jälkeen ja
- sammutus (25 %) 10 min - 27,5 min ennen auringonnousua.

Edellä mainitut arvot valitaan aina kunkin kalenterikuukauden 15. päivän nousu- ja laskuaikoihin perustuen. Hämärän ajanjakso on aikaväli auringonnoususta tai -laskusta siihen hetkeen, jolloin aurinko on 6° horisontin alapuolella. Tämän ajan ihminen kykenee selkeällä säällä ja avonaisella alueella näkemään ilman lisävaloa. Kulkuväylien valaisuun se ei kuitenkaan koko hämärän keston ajan riitä.

Toinen tapa toteuttaa varajärjestelmän ohjaus on käyttää ohjausjärjestelmän viimeisten päivien (esim. kolme edellistä päivää) toteutuneita kytkentäaikoja referenssinä. Näistä päivistä voidaan laskea keskiarvo ja käyttää sitä kytkentäaikana. Tämän menetelmän haittapuoli on kuitenkin se, että säätilan muuttuessa (aurinkoista, pilvistä), saattaa valaistus syttyä vasta turhan hämärään aikaan. Lisäksi ensisijaisen järjestelmän ongelman pitkittyessä kytkentäaika ei ole enää optimaalinen. Tätä menetelmää ei suositella käytettäväksi, vaan varajärjestelmän tulisi käyttää lähtökohtana astronomista kelloa. Keskiarvoisesti astronomisen kellon seuraaminen antaa varmemmin mahdollisimman hyvin optimoidun kytkentäajan.

Kaikista valaistuksen kytkentätoiminnoista on tultava merkintä järjestelmään, ja varajärjestelmällä toteutunut ohjaus antaa aina hälytyksen luvussa 4.2 kuvatun mukaisesti. Näin ongelmiin voidaan reagoida sopivalla vasteajalla ja voidaan myöhemmin tarkistaa valaistuksen ohjauksen onnistuneisuutta.

4.2.4 Valoantureiden asennus ja säätö

On suositeltavaa, että palveluntuottaja vastaa valoantureiden asennuksesta ja kunnossapidosta. Mikäli palvelusopimusta ei ole, antureista vastaa yleensä ulkovalaistuksen kunnossapitourakoitsija. Anturit asennetaan toimittajan asennusohjeiden mukaisesti mahdollisimman vähän häiriövalolle alttiiseen paikkaan.

Palveluntuottaja tekee valonmittausjärjestelmän käyttöönoton. Antureiden säätö tehdään kerran antureiden käyttöönoton yhteydessä ja toistetaan kunnossapito-ohjelman mukaisesti.

Käyttöönotossa suositellaan seuraavia toimenpiteitä:

- Valoantureiden raja-arvot (kytkentätasot) määritellään ohjausalueen kriittisimpien ja vilkkaimpien teiden tai katujen mukaan rakennuksien vaikutukset huomioiden.
- Valaistus ohjelmoidaan syttymään ennen kuin em. teiden tai katujen valaistusvoimakkuudet (luksia) laskevat alle aikaisemmin esitettyjen kytkentärajojen.

Edellä mainitut toimenpiteet saattavat johtaa siihen, että valoantureiden mittaamat valon määrät ovat kytkentähetkinä merkittävästi lähtökohdista poikkeavat. Tärkeintä on

kuitenkin se, että ulkovalaistus syttyy kohteen mukaisen vallitsevan valon määrän mukaan ja kriittisimmät (hämärimmät ja vaarallisimmat) kohteet alueella on otettu huomioon. On myöskin pyrittävä välttämään tilannetta, jossa vierekkäisten valaistusalueiden sytytysajat poikkeavat toisistaan huomattavasti.

Valoantureiden mittaama tulos saattaa vuosien saatossa muuttua virheelliseksi johtuen kalibroinnin puutteesta ja likaantumisesta. Antureiden kunnossapidosta suositellaan laadittavaksi kunnossapito-ohjelma. Anturit tulee säännöllisesti puhdistaa ja kalibroida ohjelman mukaisesti. Suositeltava puhdistusväli on 2,5 vuotta ja kalibrointiväli 5 vuotta. Usein kuitenkin uuden anturin hankkiminen on edullisempaa kuin anturin kalibrointi.

4.3 Tilatiedot ja hälytykset

Ohjausjärjestelmän tilaa on voitava valvoa etänä monipuolisesti, jotta kunnossapitoa voidaan ohjata täsmällisesti ja säästytään turhilta tarkastuskäynneiltä. Järjestelmässä on oltava ominaisuus, jonka avulla jokaisesta tilatiedosta voidaan valita muodostavatko ne ja milloin ne muodostavat hälytyksen. Hälytyksien muodostamiselle on voitava asettaa viiveitä, koska jotkin vikatilanteet voivat korjautua itsestään. Mikäli hälytys muodostuu liian aikaisin, saattaa siitä aiheutua hämmennystä tai tarpeeton tarkastuskäynti.

Luettavuuden kannalta karttanäkymässä kaikki hälytykset on voitava korostaa erillisillä väreillä ja korostusvärejä on myös voitava muokata. Hälytyksistä voidaan tarvittaessa laatia luettelo (ohjelmassa) ja raportti (tuloste), joista näkyy muun muassa hälytyksen tila. Ohjelmassa hälytyksiä tulee voida järjestellä eri ominaisuuksien mukaan.

4.3.1 Hälytyksien luokittelu

Haastatteluissa ilmeni, että ohjausjärjestelmien hälytykset saattavat pahimmillaan ruuhkauttaa ja vaikeuttaa järjestelmän käyttöä. Jokainen hälytys ei välttämättä ole kiireellinen eikä näin ollen vaadi välitöntä reagointia tai edes hälytyksen muodostamista. Mikäli järjestelmä näyttää jokaisen hälytyksen kartalla korostettuna (myös vähäiset ja ei kiireelliset), saattavat se viedä huomiota oleellisilta toimenpiteiltä. Tietyt hälytykset taas vaativat hyvinkin nopeaa reagointia, jotta vian aiheuttama ongelma saadaan korjattua mahdollisimman pian.

Ohjausjärjestelmässä tulee olla ominaisuus, jolla voidaan priorisoida hälytyksiä käyttäjän määrittämien tarpeiden mukaisesti. Tärkeät tai kiireelliset hälytykset eivät saa hävitä sekavaan hälytysluetteloon tai karttanäkymään. Tärkeistä vioista on tultava välitön hälytys sekä ilmoitus määritellylle henkilölle (kunnossapito) tekstiviestillä tai sähköpostilla. Erilaiset hälytykset on myös voitava korostaa ohjausjärjestelmän käyttöliittymässä eri väreillä. Lisäksi vähäisemmät viat on voitava tarvittaessa jättää kokonaan pois karttanäkymästä ja hälytysluettelosta.

Vikatietojen käsittelyyn ja hälytyksien muodostamiseen suositellaan käytettäväksi lähtökohtaisesti alla esiteltyjä luokitteluita.

Tärkeysluokka 1: Turvallisuutta heikentävät viat

- Ohjauslaitteen sähkönsyöttö, valaistuksen vikatilanteet, ylijännitesuoja, poikkeava kuorma.
- Käsittely ohjausjärjestelmässä:
    - Hälytys muodostetaan välittömästi.
    - Välittää tiedon automaattisesti järjestelmän valvojalle.
    - Korostetaan yksilöidyllä tavalla käyttöjärjestelmän näkymässä.

Tärkeysluokka 2: Vakavat viat

- Valoanturin toimintahäiriö, yhteysviat, ulkoisten antureiden hälytykset, tehonpudotuksen vika.
- Käsittely ohjausjärjestelmässä:
    - Hälytys muodostetaan kolmen tunnin kuluttua, mikäli vika ei ole korjaantunut.
    - Välittää tiedon automaattisesti järjestelmän valvojalle.
    - Korostetaan yksilöidyllä tavalla käyttöjärjestelmän näkymässä.

Tärkeysluokka 3: Vähäiset viat

- Ei kiireelliset viat (esimerkiksi polttotuntien hälytysraja).
- Kaikki viat, jotka eivät kuulu luokkiin 1 tai 2.
- Käsittely ohjausjärjestelmässä:
    - Hälytys muodostetaan vuorokauden kuluttua, mikäli vika ei ole korjaantunut.
    - Automaattista tiedon välitystä ei tapahdu.
    - Korostetaan yksilöidyllä tavalla käyttöjärjestelmän näkymässä.

4.3.2 Keskuskohtainen järjestelmä

Tässä luvussa on annettu suosituksia hälytyksien luokitteluille ja niiden muodostumisperusteille. Valaisinkohtaisen ohjausjärjestelmän hälytykset on käsitelty seuraavassa kappaleessa.

Ohjauslaitteen sähkönsyöttö – Tärkeysluokka 1

Järjestelmä seuraa jokaisen ohjauslaitteen tilaa ja sähkönsyöttöä. Jokaisessa ohjauslaitteessa on oltava lyhytkestoinen varavirtalähde, joka mahdollistaa viimeisten tilatietojen lähettämisen järjestelmään.

- Mikäli ohjauslaitteen sähkönsyöttö katoaa, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.

Valaistuksen tilatieto – Tärkeysluokka 1

Valaistuksen tilan tulee aina näkyä järjestelmässä.

- Mikäli valaistuksen tila poikkeaa vallitsevasta ohjaustilanteesta, on siitä tultava hälytys järjestelmään.

Valaistusreleen tilatieto ja hälytys – Tärkeysluokka 1

Jokaisen ohjattavan releen tilatieto on oltava saatavilla järjestelmässä. Ohjattavilla releillä on oltava kuormantunnistus.

- Mikäli ohjattavalla releellä ei ole kuormaa, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.
- Mikäli ulkovalaistusreleen tila poikkeaa vallitsevasta ohjaustilanteesta, on siitä tultava hälytys järjestelmään.

Valaistuksen ohjaus varajärjestelmällä – Tärkeysluokka 1

Normaalitilanteessa ulkovalaistusta ohjataan valoantureilla vallitsevaan valon määrään perustuen. Mikäli tämä tieto kuitenkin jostain syystä puuttuu (esim. yhteysvika), ulkovalaistusta ohjataan astronomisen kellon avulla eli varajärjestelmällä.

- Mikäli ulkovalaistusta joudutaan ohjaamaan varajärjestelmällä, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.

Ylijännitesuoja lauennut – Tärkeysluokka 1

Järjestelmällä seurataan ulkovalaistuskeskuksessa olevan ylijännitesuojan tilaa.

- Mikäli ylijännitesuoja laukeaa, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.

Normaalista poikkeava kuorma – Tärkeysluokka 1

Jokaiselle ulkovalaistusryhmälle voidaan asettaa kuormarajat, josta kuorma ei saa poiketa. Kuormarajoiksi on voitava asettaa vähintään yläraja ja kaksi alarajaa. Toisella alarajalla voidaan valvoa esimerkiksi himmennyksen tai tehonpudotuksen toteutumista, mikäli sellainen on käytössä.

- Mikäli kuorma poikkeaa esiasetetuista arvoista, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.

Valoanturin toimintahäiriö – Tärkeysluokka 2

Valoantureiden mittaamat arvot tulee näkyä reaaliajassa. Valoanturin poikkeavasta toiminnasta on tultava hälytys järjestelmään. Valoanturin hälytyksien kannalta täytyy ottaa huomioon sen maantieteellinen sijainti. Kesällä ei kaikkialla tule yöllä pimeää, joten rajoja on voitava säätää tapauskohtaisesti.

- Mikäli valoanturi antaa poikkeavia arvoja, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.
- Mikäli valoanturi antaa astronomisen keskiyön aikaan yli 50 luksin arvoja, siitä muodostuu hälytys järjestelmään (huom. sijainti).

Yhteyden tila ja hälytys – Tärkeysluokka 2

Ohjauslaitteen yhteyden tila on oltava saatavilla järjestelmästä. Mikäli yhteystavoissa on useita vaihtoehtoja (esim. 2G tai 3G) on myös käytettävän yhteystavan tila oltava saatavilla.

- Mikäli ohjauslaitteeseen ei saada yhteyttä, on siitä tultava hälytys.

Keskuksen tai ohjauskotelon oven tila – Tärkeysluokka 2

Ulkovalaistuskeskuksen oven tilaa on voitava seurata ulkoisesti asennettavan koskettimen avulla. Tilatieto näkyy järjestelmässä.

- Mikäli keskuksen ovi on auki yli tunnin, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.

Keskuksen tai ohjauskotelon lämpötila – Tärkeysluokka 2

Ohjausjärjestelmään on voitava liittää ulkoisia lämpötila-antureita, joilla järjestelmää voidaan ohjata ja ulkovalaistuskeskuksen lämpötilaa voidaan seurata. Lämpötila-anturille on voitava asettaa raja-arvot, joiden puitteissa lämpötilan on normaalitilanteessa pysyttävä.

- Mikäli lämpötila poikkeaa asetetuista arvoista, muodostuu siitä hälytys järjestelmään.

Valaistusryhmien polttotunnit – Tärkeysluokka 3
Valaistusryhmille tulee voida asettaa polttotuntirajoja.

- Mikäli polttotuntiraja ylittyy, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.

Ulkoinen tilatieto ja hälytys – Tärkeysluokka tapauskohtaisesti
Järjestelmään on voitava lisätä ulkoisia tilatietoja, joille voidaan asettaa hälytyksiä ja viiveitä.

4.3.3 Valaisinkohtainen järjestelmä

Valaisinkohtaisessa ohjauksessa tulisi järjestelmän ruuhkautumisen välttämiseksi olla ominaisuus, jolla voidaan ryhmitellä ja priorisoida alueen valaisimia. Yksittäisten valaisimien antamat hälytykset on oltava järjestelmässä saatavilla, mutta niiden ei tarvitse viedä huomiota yleisnäkymässä tai lähettää automaattisia viestejä. Tarvittaessa yksittäisien valasimien hälytykset on kuitenkin voitava priorisoida sekä automatisoida esimerkiksi tärkeän nähtävyyden valaisimien kohdalla.

Valaisinkohtaiset ohjaukset ryhmitellään siten, että esimerkiksi tietyllä alueella (katu, tie, puisto, aukea) on esiasetettu hälytyksien vikailmoituksien lukumäärä, jonka täyttyessä tehdään hälytys ja vika näkyy karttanäkymässä. Alueilla suositellaan rajaksi 25 % alueen valaisimista sekä teillä ja kaduilla tämän lisäksi kolme peräkkäistä valaisinta.

Vaikka hälytyksiä yksittäisten valaisimien vioista ei yleensä tarvita, on ne kuitenkin oltava järjestelmästä saatavilla. Tätä varten järjestelmässä tulisi olla täysi vikaraporttiosio, josta nähdään kaikki järjestelmän hälytykset ja vikatilanteet. Karttanäkymässä hälytykset voidaan luokitella edellä mainittujen tärkeysluokkien mukaan ja normaalitilanteessa esimerkiksi tärkeysluokka 3 voi olla sammutettuna.

Keskuskohtaisessa ohjausjärjestelmässä käytetyt hälytykset ovat käytössä myös valaisinkohtaisessa ohjausjärjestelmässä. Valaistuksen ohjaukseen liittyvät hälytykset muodostetaan valaisinkohtaisella tasolla vastaavalla tavalla kuin keskuskohtaisella tasolla. Näiden lisäksi valaisinkohtaisessa ohjauksessa käytetään seuraavia hälytyksiä.

Usean peräkkäisen valaisimen vikatilanne – Tärkeysluokka 1

- Mikäli vähintään ennakkoon määritelty määrä alueen, tie- tai katuosuuden valaisimista antaa vikailmoituksen (ohjaus-, himmennys-, lämpö- tai muu vika), siitä muodostetaan hälytys.

Yhden valaisimen vikatilanne – Tärkeysluokka 3

Järjestelmä seuraa valaisimien kuormatietoja ja niitä verrataan vierekkäisiin valaisimiin.

- Mikäli valaisin antaa vikailmoituksen (ohjaus, himmennys, lämpö tai muu vika), siitä muodostetaan hälytys.
- Mikäli valaisimen kuorma poikkeaa merkittävästi viereisistä valaisimista, siitä muodostuu hälytys järjestelmään.

Ohjausjärjestelmään tulee voida lisätä tarvittaessa uusia seuranta- ja hälytystietoja (esim. pylvään tai valaisimen sijainti- ja kiihtyvyystiedot) tilaajan tarpeiden mukaisesti.

4.4 Valaistuslaitteilta kerättävä informaatio

Ohjausjärjestelmän toimintaa on kyettävä seuraamaan kerättävien historiatietojen avulla. Järjestelmään on sisällyttävä tietokanta, johon kerätään valaistukselta saatava informaatio ja ohjaushistoria. Tietokanta on tilaajan omaisuutta, ja sen tulee olla tilaajan helposti saatavilla. Tietokannasta tulee voida muodostaa selkeitä raportteja, joita voidaan käyttää hyödyksi muun muassa tulevia hankkeita suunniteltaessa. Seuraavassa on esitetty suositukset järjestelmästä kerättävistä tiedoista.

Ulkovalaistuskeskusten ohjauslaitteelta kerätään seuraavat tiedot:

- keskuksen ohjauslaitteiden toimintakunto
- tapahtumaloki
- ohjelmistoversio
- energiankulutus
- jännite, virta ja teho
- jännite, virta ja teho vaihekohtaisesti
- ohjaushistoria
- hälytysloki
- polttoajat keskus- ja ryhmäkohtaisesti
- sytytys- ja sammutusaikataulut ja valoantureiden mittaushistoria

- keskuksen oven tilatieto
- muiden ulkoisten antureiden historia
- lämpötilatieto.

Lisäksi valaisinkohtaisessa ohjauksessa kerätään seuraavat tiedot:

- valaisinyksikön toimintakunto
- tapahtumaloki
- ohjelmistoversio
- energiankulutus
- jännite, virta ja teho
- ohjaushistoria
- hälytysloki
- polttoaika
- himmennysaikataulu
- lämpötilatieto.

4.5 Ohjausjärjestelmän yhteydet ja tietoliikenne

Kuten edellä kerrottiin, voidaan ohjausjärjestelmän yhteydet toteuttaa usealla eri tavalla. Tietoliikenne on tärkeä osa ohjausjärjestelmää sekä tietoturvan että valaistuksen ohjauksen toimivuuden takia. Haastatteluiden perusteella määriteltiin suositukset ohjausjärjestelmän tietoliikenteen toteutustavoille.

Runkoverkko

Yleisin toteutustapa ohjausjärjestelmän runkoverkolle on langaton menetelmä sen edullisuuden takia. Haastatteluissa selvisi, että langattomassa verkossa voi kuitenkin esiintyä yhteysvikoja, jotka pahimmillaan aiheuttavat katkoksia valaistuksen ohjaukseen. Yhteysongelmista huolimatta edullinen langaton verkko on kuitenkin usein kannattavampi, kuin kiinteän verkko. Mikäli käyttäjällä on aikomuksia siirtää ohjausjärjestelmän avulla suurempia tietomääriä (esim. videokuva), voi kiinteän kuituverkon rakentaminen tulla kyseeseen.

Valaisinverkko

Langaton valaisinverkko miellettiin haastatteluissa toimivaksi ratkaisuksi sen joustavuuden ja huoltovapauden takia. Lisäksi suuri osa ohjausjärjestelmistä käyttää langatonta mesh-verkkoa valaisinkohtaisen ohjauksen kommunikaatioon. PLC-tekniikka voi kuitenkin olla joissakin tapauksissa luotettavampi langattoman verkon mahdollisten yhteysvikojen takia. Tiedonsiirto valaistuksen sähköverkossa on kuitenkin altis kaapelivioille ja verkossa tehtävien huoltotöiden katkoksille.

Tietoturva

Järjestelmän tietoturvalla on suuri merkitys etähallittavassa ohjausjärjestelmässä ja asian tärkeys korostuu valaisinkohtaisessa langattomassa ohjauksessa, jossa jokainen laite mahdollistaa yhteyden järjestelmään. On eritäin tärkeää, että tietoturvajärjestelmä on oikein suunniteltu ja käyttäjät tuntevat sen sekä tietävät, miten se toimii. Järjestelmä ei voi kuitenkaan olla liian turvallinen, sillä tällöin sen saatavuus ja yhteensopivuus muiden laitteiden kanssa heikkenee. Näin ollen tietoturvan kannalta joudutaan aina tasapainottelemaan luottamuksellisuuden, eheyden ja saatavuuden kanssa. [10, s. 44-45.]

Tietoturvan kannalta tärkeitä huomioitavia seikkoja:

- Kaiken tietoliikenteen on aina oltava salattua.
- Palvelunestohyökkäykset ovat mahdollisia ja ne on pyrittävä estämään.
- Autentikointi ja käyttäjien hallinta on haastavaa varsinkin laajemmassa järjestelmässä.
- Päätelaitteiden manipulointia ei välttämättä pystytä estämään, jolloin laitteiden tietojen oikeellisuus voi olla kyseenalaistettua. [10, s. 44-45.]

Toimitettavan järjestelmän tietoturvamekanismien tulee pystyä vastaamaan nykyisiin ja tulevaisuuden tietoturvauhkiin. Toimittajan tulee esittää toimitettavan järjestelmän tietoturvamekanismit vertailukelpoisella tavalla ja siten, että ne vastaavat tilaajan vaatimuksia. Palveluntuottajalle asetetaan aina täysi vastuu järjestelmän tietoturvasta koko toimituksen laajuudelta.

4.6 Ohjauslaitteet

Ohjausjärjestelmän ohjauslaitteita on valaistuskeskuksissa sekä valaisimissa (tai pylväissä), mikäli käytössä on valaisinkohtaisia ohjauksia. Haastatteluissa nousi esiin ohjauslaitteisiin liittyen muutamia ongelmakohtia, joihin tässä luvussa on esitetty ratkaisuja.

4.6.1 Keskuksien ohjauslaitteet

Suurin osa ohjausjärjestelmän toiminnoista tapahtuu ulkovalaistuskeskustasolla. Mikäli keskuksen ohjauslaitteessa ilmenee lamauttava vika, vaikuttaa se koko keskuksen alueella. Näin ollen keskusten ohjauslaitteiden on oltava luotettavia ja niiden on toimittava kaikissa olosuhteissa.

Keskuksen ohjauslaitteen on oltava modulaarinen, jolloin vikatilanteessa ei tarvitse vaihtaa koko laitetta. Modulaarinen laite on myös tulevaisuuden päivityksien varalta toimiva ratkaisu, sillä esimerkiksi yhteystekniikka valaisinverkon tai runkoverkon osalta voi vaihtua toiseksi.

Usein valaistuksen ohjaukseen riittää muutama ohjattava rele. Joissakin tapauksissa tarvitaan useamman ryhmän ohjausta, jolloin ohjauslaitteessa olevien releiden määrän tulee olla suurempi. Tällöin modulaarisuudesta on hyötyä. Ohjattavien releiden lisäksi keskuksen ohjauslaitteella on voitava seurata ulkoisia kosketintietoja. Yleensä ohjauslaitteessa on paikka yhdelle ulkoiselle tilatiedolle, mutta tilatietoja olisi hyvä olla vähintään kaksi: keskuksen oven tilatieto sekä keskuksen ylijännitesuojan tilatieto. Mikäli tilatietoja on saatavilla vai yksi, joudutaan nämä kaksi tietoa yhdistämään ja ohjausjärjestelmästä ei suoraan voida sanoa, kumpi tilatieto aiheuttaa hälytyksen.

Keskuksen ohjauslaite asennetaan yleensä ulkovalaistuskeskuksen sisään, joten useimmissa tapauksessa sen ei tarvitse olla vesitiivis. Keskuksien sisälle pääsee kuitenkin usein vettä tiivistymisen tai vuotamisen takia. Tästä johtuen keskuksen ohjauslaitteen kotelointiluokituksen tulisi olla vähintään IP 44.

4.6.2 Valaisimien ohjauslaitteet

Vaikka haastatteluiden perusteella suurin osa UV-7:n jäsenisä ei näe valaisinkohtaista ohjausta vielä tarpeelliseksi, on sillä suuri merkitys kaupungeille, joilla on visiona kehittää älykästä ja innovatiivista kaupunkiympäristöä. Valaisinkohtaisen ohjauksen lähtökohtana ei ole ainoastaan energiansäästöt, vaan sillä haetaan myös muita hyötyjä, mm. parempaa palvelua käyttäjille sekä huollon tehostamista. Tulevaisuudessa valaisinverkko voi tarjota kattavan palvelualustan kaupungin infrastruktuurin, julkisten palveluiden sekä yksityishenkilöille tarkoitettujen sovellusten tueksi.

Kaikkia mahdollisuuksia voi olla vaikea hahmottaa ennen kuin todellinen palvelualusta on luotu ja näitä mahdollisuuksia voidaan täysin hyödyntää. Tällä hetkellä markkinoilla on jo useita innovatiivisia sovelluksia ja niitä syntyy koko ajan lisää [34]. Valaisinkohtaisen ohjauksen tulevaisuudennäkymät ovat kuitenkin edelleen hyvin avoimia, ja tällä hetkellä on olennaista osata tehdä oikeita ratkaisuja valaistuslaitteiden valinnan ja järjestelmän teknisen rakenteen suhteen, jotta toteutus on myös tulevaisuudessa muuntautumiskykyinen uusien tekniikoiden kehittyessä.

Valaisinkohtaisen ohjauksen toteutukselle on olemassa useita eri vaihtoehtoja. Ohjauslaite voidaan asentaa pylvääseen, valaisimen ulkopuolelle tai valaisimen sisälle. Myös tiedonsiirron toteuttamiseen on useita vaihtoehtoja langattomista langallisiin ratkaisuihin ja markkinoille tulee jatkuvasti uusia vaihtoehtoja.

Tampereen kaupungin teettämässä selvityksessä ”*Ulkovalaistuksen älykäs ohjaus innovatiivisessa kaupunkiympäristössä”* todettiin, että älykkään kaupungin ulkovalaistuksen ohjauksessa toimivin vaihtoehto on lyhyen kantaman langaton mesh-verkko, jota tällä hetkellä suuri osa markkinoilla olevista ratkaisuista käyttää. Koska valaisinkohtainen ohjaus on vielä nopean kehityksen vaiheessa, yhteystapa ja muu tekniikka voi kuitenkin tulevaisuudessa vaihtua. Tämän takia valaisinkohtaisilta ohjauslaitteilta on edellytettävä helppoa vaihdettavuutta, jotta ne voidaan myöhemmin päivittää uudella tekniikalla.

Valaisimen sisälle asennettavan ohjauslaitteen vaihtaminen jälkikäteen on vaikeaa ja kallista, koska työn tekemiseen tarvitaan sähköalan ammattilainen. Lisäksi työ edellyttää usein liikennejärjestelyitä, kaluston ja sopivat sääolosuhteet. Samat säännöt päte-

vät myös pylvääseen sekä valaisimen ulkopuolelle asennettuun ohjauslaitteeseen, ellei käytössä ole standardoitua liitintä.

Toistaiseksi markkinoilla on ollut yksi standardoitu liitin, jota valaisin- ja ohjausjärjestelmien toimittajat ovat tarjonneet ohjauslaitteen liittämiseksi valaisimen ulkopuolelle. NEMA-liitin on 5- tai 7-napainen käsin kierrettävä liitin, jolla ohjauslaite voidaan kiinnittää ilman työkaluja valaisimen ulkopuolelle. Liitin perustuu standardiin ANSI C136.41-2013, ja se on luokiteltu 480 VAC -jännitteelle. Liittimen kolme pääkosketinta on varattu sähkönsyötölle ja neljä muuta kosketinta ohjaukselle (Dali, 1-10V tai kosketintieto). [35.] Kuviossa 15 on esitetty uros- ja naarasliittimet ohjauslaitteen kanssa.

Kuvio 15. NEMA-liitimet. Vasemmassa kuvassa valaisimeen kiinnitettävä naarasliitin (musta) ja ohjauslaitteessa kiinni oleva urosliitin ja ohjauslaite (valkoinen). Oikeassa kuvassa liittimet yhdistetty toisiinsa. [35.]

NEMA-liittimen ongelmana on sen suuri koko, mikä vaikuttaa ohjauslaitteiden kokoon ja samalla valaisimen päivänäkymään. Suuri koko myös hankaloittaa liittimen asentamista valaisimen alapuolelle.

Vuonna 2016 Zhaga esitteli luonnoksen uuden liitimen standardoinnista. Liitin perustuu Zhagan kirjaan nro 18 ja se on kehitelty yhteistyössä usean yhteistyökumppanin kanssa, joista merkittävin on Philips Lighting Oy. Standardi on hyväksytty, mutta ei vielä julkaistu. Liittimessä on neljä kosketinta, joiden avulla järjestetään kaksisuuntainen DALI 2.0 -tiedonsiirto sekä 24 VDC -jännitesyöttö. Liittimestä on saatu huomattavasti pienempi ja samalla myös ohjauslaitteiden koko saadaan pysymään pienempänä. [36.] Vuoden 2017 maaliskuussa TE Connectivity esitteli ensimmäisen liitinperheen, joka perustuu tähän määrittelyyn [37]. Tuoteperheen nimi on Endurance S ja sen liittimet on esitetty kuviossa 16.

Kuvio 16. TE Connectivityn Endurance S -sarjan liittimet perustuvat Zhagan kirjaan 18 ja tarjoavat sekä 40 mm:n että 80 mm:n pohjan ohjauslaitteille [38].

Pienoisjännitteen käyttö liittimessä merkitsee sitä, että valaisimen liitäntälaitteessa on oltava erillinen syöttö tähän tarkoitukseen. Liitin kantaakin osittain nimeä SR eli System Ready, joka viittaa Philipsin System Ready liitäntälaitteisiin ja niiden kanssa yhteensopiviin sensoreihin. Philips aloitti SR-hyväksyttyjen laiteiden ohjelman, jonka avulla kolmannen osapuolen valmistajat voivat valmistaa sensoreita ja muita laitteita, jotka hyödyntävät tätä DALI 2.0:een perustuvaa tiedonsiirtoa ja 24 VDC -jännitesyöttöä. [39.]

Toistaiseksi markkinoilla ei ole Philips Xitanium SR -liitäntälaitteen lisäksi muita liitäntälaitteita, jotka tarjoavat 24 VDC -syötön ohjauslaitteelle [40]. On hyvin todennäköistä, että muut valmistajat alkavat valmistaa tällaisia liitäntälaitteita, sillä liittimen käytön mahdollisesti yleistyessä, tuotteet ilman tätä vaihtoehtoa jäävät helposti tarjouskilpailujen ulkopuolelle. Ennen uuden liittimen laajamittaista käyttöönottoa on kuitenkin varmistuttava, ettei se ole sidonnainen vain yhteen laitevalmistajaan. Kuviossa 17 on esitetty liittimien käyttö valaisimessa.

Kuvio 17. Philipsin Digistreet-valaisin varustettuna kahdella Zhaga-standardin mukaisella liittimellä ja niihin kiinnitetyillä ohjauskomponenteilla [41].

Pienikokoinen liitin mahdollistaa myös ohjauslaitteiden asentamisen valaisimen alapuolelle. Yläpuolelle voidaan asentaa esimerkiksi valaistuksen ohjausjärjestelmän tiedonsiirtoon tarvittava ohjauslaite ja alapuolelle mm. sensori. Sensoreiden kiinnittäminen liittimellä valaisimen alapuolelle mahdollistaa esimerkiksi liikkeentunnistukseen perustuvan valaistuksen ohjauksen edullisen käyttöönoton jälkiasennuksena. NEMA- ja SR-liittimen tekniset erot on koottu taulukkoon 10.

Taulukko 10. NEMA- ja SR-liitimen vertailutaulukko [35; 36; 38].

	NEMA	**SR (Zhaga)**
Jännite max	480 VAC/DC	30 VDC
Virta max	15 A	1,5 A
IP-kotelointiluokka	IP 66	IP 66
Koskettimet	5/7 (3 sähkö, 2/4 ohjaus)	4 (DC+, DA+, DA-, LSI)
Ohjaustavat	DALI, 1-10V	DALI
Läpivienti valaisimeen	Ø34,7mm	Ø20-22 mm (30mm tasainen pinta)
Pyörimisen esto	pultit 2 kpl	lukituslevy
Tulppa	saatavilla	saatavilla
Asennusalusta	76 mm	40 mm tai 80 mm
Muuta huomattavaa		vaaditaan 24 VDC:n apusähkö liitäntälaitteelta

Merkittävin ero lienee se, että NEMA:n luokiteltu jännite on 480 VAC/DC, kun taas SR-liitin toimii enimmillään 30 VDC:n jännitteellä. NEMA-liittimessä on useampia koskettimia, koska se on suunniteltu myös perinteisten valonlähteiden ohjaamiseen. SR-liitin on suunniteltu toimimaan vain väyläpohjaisella tiedonsiirrolla, joka on tällä hetkellä DALI 2.0. SR-liittimen asennusreikä on pieni eikä se tarvitse erillisiä pultteja asennukseen. Molempiin liittimiin on saatavilla naarasliittimen peittävä tulppa siltä varalta, että ohjauslaitetta ei heti asenneta. On kuitenkin muistettava, että liitin rajoittaa valaisimen tiiveysluokituksen tasoon IP 66.

Vaikka suuri osa ohjauslaitteista toimii myös jatkuvalla sähkönsyötöllä, on varsinkin siirtymävaiheessa suositeltavaa käyttää ohjattua sähkön syöttöä. Myös kokemukset osoittavat, että suorassa sähkönsyötössä olevat valaisinkohtaiset ohjaimet voivat vikaantua ja aiheuttaa näin ollen valaisimen jatkuvan palamisen. Lisäksi siirtymävaiheessa voi verkossa olla myös valaisimia ilman ohjauslaitetta, joten ne edellyttävät normaalia valaistuksen ohjausta. Suoraa sähkön syöttöä tarvitaan, mikäli valaistuksen ohjausjärjestelmään liitetään muita palveluita, joiden on toimittava myös valoisaan aikaan. Valaisimen ohjauslaitteen on siis kyettävä toimimaan sekä ohjatussa että suorassa sähkön syötössä.

Valaisinkohtaiselle ohjaukselle ei välttämättä ole tarvetta kaikkialla. On suositeltavaa jakaa valaisinkohtaisen ohjauksen alueet selkeisiin kokonaisuuksiin, jolloin niiden hallinnoiminen on helppoa. Suurin tarve valaisinkohtaiselle ohjaukselle on yleensä kaupunkien keskustoissa erilaisten tapahtumien ja korkean prioriteetin kohteiden takia. Valaisinkohtainen ohjaus voidaan rajoittaa esimerkiksi kaupungin keskustan alueelle määritellyn ohjausalueen mukaan. Energiansäästöpotentiaalin kannalta suurin tarve valaisinkohtaiselle ohjaukselle on kuitenkin matalan käyttöasteen väylillä. Valaisinkohtaisen ohjauksen korkeiden hankintakustannuksien takia ennakkoon ohjelmoitu himmennysprofiili on kuitenkin usein perustellumpi ratkaisu.

Koska ledivalaisimien odotettu elinikä on hyvin pitkä, on valaisinkohtaiseen ohjaukseen osattava varautua jo useita vuosia ennen kuin sen laajamittainen käyttöönotto on mahdollista. Mitä enemmän ledivalaisimia asennetaan ilman mahdollisuutta valaisinkohtaiseen ohjaukseen, sitä hankalampi on sen toteutus myöhemmin tarpeen ilmaantuessa. Valaisinkohtaisen ohjauksen tarpeita on osattava miettiä ennakkoon, koska laajamittai-

set valaistuksen saneeraukset ovat kalliita ja niitä tehdään usein vähitellen vuosien saatossa.

4.6.3 Älykaupungit

Älykaupungit yleistyvät kiihtyvällä tahdilla, vaikka tekniikka onkin vielä kehitysvaiheessa. Suomessa Tampere on ottanut edelläkävijän roolin ja asettanut kovat tavoitteet innovatiivisen kaupunkiympäristön kehittämiselle. Älykaupungit tulevat todennäköisesti rakentumaan vahvasti ulkovalaistuksen ja ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän ympärille. Suurimman potentiaalin tarjoavat valaisinkohtaiset ohjauslaitteet ja mahdollisuus lisätä erilaisia sensoreita valaisimiin ja valaisinpylväisiin.

Tekniset ratkaisut kokonaispalvelualustan toteuttamiseksi voivat vielä muuttua radikaalisti, joten standardoitujen liittimien asentaminen valaisimeen on hyvä ratkaisu yhteensopivuuden varmistamiseksi tulevaisuudessa. Valaisinpylväät sijaitsevat keskeisellä paikalla älykaupungin palveluita ajatellen, joten ne ovat ideaalinen sijoituspaikka erilaisille sensoreille ja ohjauslaitteille.

4.7 Käyttöliittymä ja raportit

Haastatteluissa nousi esiin nykyisin käytössä olevien ohjausjärjestelmien puutteelliset käyttöliittymät sekä raportointimahdollisuudet. Usein tilaajille on järjestetty käyttöönottovaiheessa järjestelmäkoulutus, mutta mikäli käyttö ei ole päivittäistä, saattaa osaamisen ylläpitäminen olla haasteellista. Tämän takia sovellusten tulisi olla mahdollisimman käyttäjäystävällisiä myös ulkopuoliselle ilman koulutusta. Jos sovellus on liian luotansa työntävä, sitä ei myöskään tule käytettyä.

4.7.1 Käyttöliittymä

Kilpailutuksen kannalta haasteellista on se, miten voidaan vaatia helppokäyttöistä ja selkeää käyttöliittymää. Tähän vaiheeseen voidaan soveltaa erilaisia laadun arviointimenettelyitä, mutta niiden tekeminen puolueettomasti ja pisteyttäminen tasapainoistesti on haastavaa. Vaatimuksiin voidaan kirjata edellytettävät toiminnot, mutta niiden toteutustapaa on vaikea rajata ja tarkistaa.

Nykyaikaiselta käyttöliittymältä tulisi ehdottomasti vaatia karttapohjaisuutta. Karttanäkymää on voitava suodattaa erilaisten ominaisuuksien ja tietojen mukaan. Lisäksi karttapohjalla on voitava visualisoida erilaisia tietoja värikoodein tai eri symbolein eroteltuna.

Jotta käyttöliittymä olisi esteettä käytettävissä kaikilla tahoilla, on sen oltava selainpohjainen ja toimittava yleisimmissä internetselaimissa. Sen on myös toimittava MacOS, Windows sekä Linux-käyttöliittymissä. Käyttöliittymä ei saa vaatia toimiakseen internetselaimen lisäksi erillisiä lisäosia tai laajennuksia.

4.7.2 Mobiilikäyttöliittymä

Toimiva ja helppokäyttöinen mobiilikäyttöliittymä tehostaa kunnossapitokierrosten tekemistä, kun valaistuksen ohjaukset voidaan tehdä esimerkiksi autosta käsin kierroksen nopeuttamiseksi. Samalla myös epäselvyyksien tai väärien hälytysten määrä vähenee, kun järjestelmällä on tieto, mistä poikkeava ohjaus johtuu.

Tällä hetkellä suuri osa ohjausjärjestelmien mobiilikäyttöliittymistä on joko liian yksinkertaisia tai sellaista ominaisuutta ei ole ollenkaan. Joissakin ohjausjärjestelmissä mobiilikäyttö tarkoittaa tekstiviestiohjausta, mikä taas on hankalaa käyttäjän määrittelyn kannalta ja erittäin hidas toiminnaltaan.

Käyttöliittymän on oltava mobiililaitteille skaalautuva, eli sen on tunnistettava laitteen tyyppi ja ohjattava käyttäjä erilliseen mobiiliversioon. Kehittyneessä mobiilikäyttöliittymässä on karttapohjainen yksinkertaistettu näkymä ja se osaa paikallistaa käyttäjän GPS-paikanninta hyödyntäen. Paikannus nopeuttaa käyttöä, sillä käyttäjän ei tarvitse selvittää keskuksen sijaintia tai numeroa itse, ja valaistuksen ohjaukset ja kunnossapitotoimenpiteet nopeutuvat.

Mobiilikäyttöliittymällä tulisi voida tehdä ainakin alla mainitut toimenpiteet. Eri toimintojen tekeminen on aina käyttäjän oikeuksista riippuvainen, joten kaikilla tunnuksilla ei pysty ohjaamaan ulkovalaistusta yhtä monipuolisesti. Mobiilikäyttöliittymällä voidaan myös nopeuttaa järjestelmän käyttöönottovaiheessa tehtäviä toimintojen tarkistuksia.

Hyvältä mobiilikäyttöliittymältä odotetaan seuraavia ominaisuuksia:

- karttapohjainen yleisimmillä alustoilla toimiva käyttöliittymä
- GPS-paikannus
- valaistuksen ohjaus (ajastettu valojen päälle kytkentä ja sammutus)
- valaistuksen himmennystoiminnot
- kommenttien ja huomautuksien tekeminen
- hälytyksien kuittaus
- ohjauslaitteiden, keskuksien ja valaisimien tietojen selaus ja muokkaus.

4.7.3 Raportit

Raportointi on tärkeää ohjausjärjestelmän toiminnan seuraamisen kannalta, ja lisäksi sen avulla voidaan suunnitella tulevaisuuden investointeja sekä kunnossapitotarpeita. Raportoinnin tulee olla helposti toteutettavissa, ja tietojen on oltava luotettavia sekä riittävän tarkkoja.

Haastatteluiden perusteella nykyisten järjestelmien raporttien luontimahdollisuudet ovat puutteellisia. Monessa tapauksessa ohjausjärjestelmän toimittaja on joutunut tekemään tilaajan pyytämät raportit, koska niitä ei ole saatu luotua suoraan järjestelmästä. Joskus tässä prosessissa saattaa kestää useitakin päiviä, joten tilaajalle voi aiheutua ongelmia ja ylimääräisiä kustannuksia, jos raportin tarve on kiireellinen.

Ohjausjärjestelmän raporttien luontimahdollisuuksien on oltava monipuoliset ja ne tulee olla helposti muokattavissa. Raportin laajuutta on voitava rajata alueittain, keskuksittain tai valittujen valaisimien mukaan. Raportteja on voitava tehdä ainakin excel-tiedostoiksi. Tiedostoissa tulee olla esitettynä valitun kohteen tiedot sekä valitut ominaisuudet. Järjestelmässä tulisi olla myös mahdollisuus saada nopeasti luotua tilanne- ja vuosiraportti, josta ilmenee valaistuksen ohjaushistorian tärkeimmät tiedot, asiakkaan tiedot sekä kohteen tiedot.

Raportteja on voitava tehdä seuraavista tiedoista valaisin-, keskus-, ryhmä- ja alueta-solla:

- energiankulutus
- hälytykset
- valaistuksen toteutuneet kytkentäajat
- valoantureiden tiedot ja valaistuksen kytkentä-ajat.

Tilanneraporttiin tulostetaan seuraavat tiedot:

- asiakkaan tiedot
- kohteen tiedot
- valaistuksen yleistiedot
- huipputeho
- keskimääräinen polttoaika
- valaisinkohtaisessa ohjauksessa valonlähteet ja lukumäärät.

Vuosiraporttiin tulee tilanneraportin lisäksi seuraavat tiedot:

- vuoden keskimääräinen polttoaika ja
- energiankulutus.

Järjestelmässä on oltava ominaisuus, jolla valmiita raporttimalleja voidaan muokata tarpeiden mukaan.

4.8 Ohjausjärjestelmän käyttöönotto ja testaus

Tehtyjen haastatteluiden perusteella selvisi, että nykyisten ohjausjärjestelmien käyttöönotot eivät ole aina sujuneet ongelmitta. Käyttöönottovaiheessa voi tulla esiin haasteita, joihin ei olla osattu varautua. Ongelmat voivat olla teknisiä tai käytäntöön liittyviä, mutta niiden poissulkeminen voi olla mahdollista tietyillä varotoimenpiteillä. Jotta järjestelmän käyttöönottovaihe olisi mahdollisimman sujuva, on palveluntuottajalta edellytettävä erilaisia testejä hankinnan eri vaiheissa.

4.8.1 Pilottitesti

Ennen hankinnan aloittamista voidaan järjestää pilottitestit muutaman varteenotettavan palveluntoimittajan järjestelmillä. Pilottitestit on hyvä tehdä tapauksissa, joissa tavoitel-

tava järjestelmä poikkeaa merkittävästi aikaisemmista, palveluntarjoajat tarjoavat uusia tekniikoita tai hankittava järjestelmä on laajuudeltaan erittäin suuri.

Pilottitestit tehdään tilaajan määrittelemissä erillisissä kohteissa oikeilla tilaajan määrittelemillä valaisimilla yleensä yhden tai useamman ulkovalaistuskeskuksen alueella. Testillä saadaan selville järjestelmien toimivuus todellisessa kohteessa ja saadaan paljon kokemusta ja tietoa, jotka palvelevat myöhemmin hankintaa.

Pilottitesti suoritetaan tilaajan, valmistajan, mahdollisen konsultin, mahdollisen palveluntuottajan sekä kunnossapitourakoitsijan yhteistyössä. Pilottitestin aikana seurataan järjestelmän toimintaa tilaajan tarpeiden ja määritelmien mukaisesti. Pilottikohteet olisi hyvä olla käytössä useamman kuukauden ajan, jolloin käyttöönotto saataisiin suoritettua ja syntyisi riittävästi hälytys- ja seurantatietoja järjestelmän testaamiseksi.

Pilottitestissä tehdään seuraavat tarkistukset:

- yhteyksien tarkistus
- ryhmittelyjen toimivuuden tarkistus
- valaistuksen automaattisen ja manuaalisen ohjauksen toimivuuden tarkistus (sytytys ja sammutus)
- himmennyksien toimivuus (aikaan ja/tai läsnäoloon perustuva)
- hälytyksien ja tilatietojen toimivuuden tarkistus
- järjestelmän lokitietojen toimivuus ja oikeellisuus.

4.8.2 Tehdastestit

Jotta vältytään teknisiltä yllätyksiltä käyttöönotossa, palvelun tuottajalta tulisi edellyttää kattavat tehdastestit (FAT), joilla varmistetaan, että järjestelmä on toimiva tilattavassa laajuudessa. Tehdastesteillä ei kuitenkaan voida poissulkea lopullisessa kokoonpanossa mukana olevia tekijöitä. Mikäli pilottitesti on kuitenkin jo toteutettu, on osa ongelmista saatu ratkaistua jo ennen tätä vaihetta.

Tarjouskilpailuun osallistuvilta toimittajilta tai palveluntarjoajilta voidaan vaatia onnistuneet tehdastestit jo tarjousvaiheessa. Tällä saadaan varmistettua, että osallistuvat tarjoajat kykenevät tarjoamaan laatuvaatimusten mukaisen, toimivan ohjausjärjestelmän.

Vaihtoehtoisesti tehdastestit voidaan tehdä hankintapäätöksen jälkeen, edellytyksenä sopimuksen syntymiselle.

Mikäli tilaajalla on tarvetta valaisinkohtaiselle ohjaukselle, määritetään toimittajalle tai palveluntuottajalle yleisimmin käytetyt valaisimet, joiden kanssa on varmistettava valaisinkohtaisen ohjauksen toimivuus.

Hyväksyttävään tehdastestiin kuuluu ainakin seuraavat tarkistukset:

- dokumentaation tarkistus
- valaisimen tarkistus
- visuaalinen
- johtimien liitokset
- napaisuus
- toiminnallisuuden testaus
- pyritään löytämään ongelmia, jotka johtuvat vääristä asetuksista tai yhteen sopimattomista komponenteista
- kytkentä päälle ja pois, himmennys, tilatiedot ja hälytykset
- yhteyksien testaus.

4.8.3 Käyttöönotto ja kenttätestit

Käyttöönotto suositellaan tehtäväksi alueittain tilaajan määrittelemällä aluejaolla. Jokaiselle alueelle tehdään tämän luvun mukaiset kenttätestit (SAT) ennen seuraavan vaiheen aloitusta. Testi tehdään lopullisessa kohteessa, kyseisen alueen laajuudessa, oikeilla hankkeeseen kuuluvilla valaisimilla ja keskuksilla. Testillä varmistetaan, että tilaaja saa esitettyjen vaatimusten mukaisesti toimivan järjestelmän. Edellytyksenä käyttöönotolle ja kenttätestille on onnistuneesti suoritetut tehdastestit. Käyttöönoton ja kenttätestien vaatimuksista ja ehdoista sovitaan sopimuksessa. Ennen kenttätestin toteutusta tarkistetaan, että toimituksen laajuus on sopimuksen mukainen ja mahdolliset ristiriidat ratkaistaan.

Kenttätesti suoritetaan tilaajan, valmistajan, mahdollisen konsultin, mahdollisen palveluntuottajan sekä urakoitsijan yhteistyössä.

Kenttätestissä tehdään seuraavat tarkistukset:

- tehdastestin raportin tarkistus
- valaisimien ryhmityksien tarkistus
- valaistuksen automaattisen ja manuaalisen ohjauksen toimivuuden tarkistus (sytytys ja sammutus)
- himmennyksien toimivuus (aikaan ja/tai läsnäoloon perustuva)
- hälytyksien tarkistus ja vaadittavat toimenpiteet virheiden korjaamiseksi (tämä vaihe edellyttää, että järjestelmä on ollut toiminnassa ennen testiä vähintään kolme päivää)
- tietojen keräys ja raportointi
- dokumentaation tarkistus.

4.8.4 Käyttöönottoprosessi

Seuraavassa on listattu käyttöönoton onnistumiseen vaikuttavia toimenpiteitä niiden toteutusjärjestyksessä:

1. Pilottitesti tehdään tilaajan määrittelemissä pienemmissä kohteissa ennen hankintaa ja toimittajan tai paleluntuottajan valintaa.
2. Toimittaja tai palveluntuottaja tekee tehdastestit (FAT) hankintavaiheessa tai hankintapäätöksen jälkeen, edellytyksenä sopimuksen syntymiselle.
3. Toimittaja tai palveluntuottaja suunnittelee kenttätestit (SAT) ja järjestelmän käyttöönoton ja pyytää siihen tarvittavat tiedot tilaajalta. Suunnitelma esitetään tilaajalle hyvissä ajoin ennen toteutuksen aloitusta.
4. Käyttöönoton aikana valvomossa on oltava riittävä henkilökunta, jotta valvomo ei ruuhkaannu.
5. Käyttöönotto toteutetaan hyvissä ajoin kesällä, kun vuorokauden pimeä aika on mahdollisimman lyhyt. Mahdollisille korjauksille jää myös aikaa ennen syksyn tuloa.
6. Käyttöönotto toteutetaan alueittain tilaajan määrittelemän aluejaon mukaisesti. Jokaiselle alueelle tehdään sen valmistuttua kenttätestit (SAT).
7. Lopussa varmistetaan koko järjestelmän toimivuus yhteisellä kenttätestillä.
8. Palveluntuottaja järjestää riittävän kattavan koulutuksen tilaajan määrittämille henkilöille (tilaajan edustajat ja kunnossapitourakoitsijan edustajat).

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmien sekä niiden palvelusopimuksien nykytilannetta, kokemuksia ja lähitulevaisuuden tavoitteita kartoitettiin UV-7-kehitysryhmän osapuolien tilaajille, ulkovalaistuksen kunnossapitourakoitsijoille sekä ohjausjärjestelmien palveluntuottajille suunnatuilla kyselyillä ja haastatteluilla. Lisäksi perehdyttiin ohjausjärjestelmien markkinatilanteeseen ja tulevaisuudennäkymiin.

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmiä on eritasoisia, ja viime vuosina kehitys on ottanut suuria harppauksia yhä kiihtyvällä vauhdilla. Nopean kehityksen myötä markkinoille on tullut paljon uusia toimijoita, joiden ohjausjärjestelmät voivat vielä kärsiä kehitysvaiheen haasteista. Vaihtoehtojen kasvaessa myös oikean järjestelmän löytäminen vaikeutuu ja valinnassa on oltava erityisen huolellinen. Tilaajan on haastavaa pysyä ajan tasalla erilaisista markkinoilla olevista vaihtoehdoista ja niiden toimivuudesta. UV-7-ryhmällä on käytössään eri tasoisia ohjausjärjestelmiä ja osalla palvelusopimukset ovat päättymässä lähivuosina, joten uudet kilpailutukset ovat ajankohtaisia.

Opinnäytetyössä laadittiin tilaajille yhteiset ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän tekniset ja toiminnalliset vaatimukset (liite 1), joita voidaan käyttää lähtökohtana kilpailutusasiakirjojen teknisissä määrittelyissä. Laaditun asiakirjan avulla tilaajan on helppo lähteä tarkentamaan omiin tarkoituksiin sopivan ohjausjärjestelmän vaatimuksia. Teknisten ja toiminnallisten määrittelyiden lisäksi työn tarkoituksena oli yhtenäistää tilaajien toimintamalleja ulkovalaistuksen ohjauksessa. Selvityksessä ja ohjausjärjestelmän vaatimuksissa on esitetty suosituksia, joita soveltamalla tilaajien ohjausjärjestelmien toteutustavat saadaan lähemmäs toisiaan.

Ohjausjärjestelmän palvelusopimukseen on vaikea määrittää edellytystä uusien ominaisuuksien kehittämiselle. Alan nopean kehityksen takia ohjausjärjestelmän sopimuskautta ei kannata määrittää turhan pitkäksi. Liian lyhyt sopimus taas tekee jatkuvasta kilpailutuksesta työlästä ja voi nostaa ohjausjärjestelmän palvelun kustannuksia.

Tehdyissä haastatteluissa merkittävimmiksi asioiksi nousi ohjausjärjestelmän yksinkertaisuus ja toimivuus. Ensimmäisen vaiheen etähallittavat ohjausjärjestelmät ovat kärsineet käyttöliittymän sekavuudesta ja yhteysongelmista. Myös järjestelmän keräämien tietojen oikeellisuus on paikoitellen ollut kyseenalaistettuna. Ohjausjärjestelmän käyttöliittymän tulisi olla sellainen, että sen käyttäminen onnistuu ilman laajempaa koulutusta.

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmällä voidaan saavuttaa säästöjä energiakuluissa ja valaistusverkon kunnossapitokustannuksissa, mutta järjestelmän toimiessa puutteellisesti, voi tilanne olla päinvastainen.

Valaisinkohtaiseen ohjaukseen suhtaudutaan tällä hetkellä kaksijakoisesti: osa näkee sen hyvinkin tarpeelliseksi ja osa täysin tarpeettomaksi. Tämä johtuu siitä, että valaisinkohtaisella ohjauksella ei välttämättä saavuteta säästöjä ohjauslaitteiden tämän hetkisen korkean hinnan takia. Lisäksi laitteiden mahdollisten vikojen myötä tulevat huoltokustannukset arveluttavat. Valaisinkohtainen ohjaus voi kuitenkin olla merkittävässä roolissa tulevaisuuden älykkäille kaupungeille, koska valaistusverkko voi tarjota hyvän palvelualustan siellä missä ihmiset liikkuvat.

Tekniikka kehittyy kovaa vauhtia, hinnat laskevat ja laitteiden toiminnot ja luotettavuus paranevat. Valaisinkohtaiselle ohjaukselle ei ole muodostunut vakiintunutta standardia, vaan tekniikoita on useita ja ne voivat vielä muuttua. Ledivalaisimien elinkaari on pitkä, joten valaisimiin ei kannata asentaa ohjauslaitteita, jotka eivät välttämättä palvele tarkoitusta tulevaisuudessa.

Tällä hetkellä valaisinkohtaisen ohjauksen tulevaisuuteen voidaan varautua asentamalla valaisimiin standardoitu liitin, jonka avulla ohjauslaite voidaan myöhemmin lisätä tai vaihtaa tekniikan muuttuessa. Nykyisin jo laajassa käytössä oleva NEMA-liitin tarjoaa ratkaisun tähän, mutta kehitteillä on kuitenkin monipuolisempi ja pienempi liitin, joka perustuu Zhaga Standardin kirjaan numero 18. Määritelmä tullaan julkaisemaan pian, jonka jälkeen siitä voidaan tehdä standardit. Myös SR-liittimeksi kutsuttu liitin edellyttää kuitenkin valaisimen liitäntälaitteelta pienoisjännitteistä sähkönsyöttöä, jonka tarjoaa toistaiseksi vain Philipsin liitäntälaitteet. Laajamittainen käyttö edellyttää, että myös muita vastaavia liitäntälaitteita on tarjolla.

Lähteet

1 Elohopealamput poistuvat markkinoilta 2015 – mitä tilalle katuvalaistukseen? 2014. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/8729/Katuvalaisuesite_10032014.pdf>. Luettu 28.10.2017.

2 Lighting the way: Perspectives on the global lighting market. 2011. Verkkodokumentti. McKinsey & Company, Inc. <http://www.enlighten-initiative.org/portals/0/documents/newsletter/newsletter3/McKinsey%20Report.pdf>. Luettu 7.6.2017.

3 Hautala, Pentti. 2017. Ulkovalaistuksen kehitysryhmä UV-7. Valo, 2/2017, s. 42–43.

4 Heikkilä, Mika. 2017. Ulkovalaistuksen käytönjohtaja, Tampereen kaupunki, Tampere. Haastattelu 24.4.2017.

5 Vuosalmi, Reijo. 2017. Sähköinsinööri, Espoon kaupunki, Espoo. Haastattelu 29.3.2017.

6 Mapping Smart Cities in the EU. 2014. Verkkodokumentti. European parliament. <http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf>. Luettu 22.6.2017.

7 Guidelines for the Implementation of Reduced Lighting on Roadways. 2014. Verkkodokumentti. Federal Highway Administration. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/14050/14050.pdf>. Luettu 10.9.2017.

8 Wilbur, Mark. 2015. Outdoor lighting control system fundamentals. Verkkodokumentti. GE Lightin Solutions. <https://energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/outdoor-lighting-control-system-fundamentals_1.pdf>. Luettu 6.6.2017.

9 Lind, Jani. 2017. Myyntipäällikkö, C2 Smartlight Oy, Espoo. Haastattelu 12.1.2017.

10 Tampereen kaupunki. 2017. Tekninen selvitys: Ulkovalaistuksen älykäs ohjaus innovatiivisessa kaupunkiympäristössä. Julkaistu 24.1.2017.

11 Digitan IoT-verkko laajenee vauhdilla - vesimittareiden luenta helpottuu. 2017. Verkkodokumentti. Digita Oy. <https://www.digita.fi/medialle/tiedotteet/digitan_iot-verkko_laajenee_vauhdilla_-vesimittareiden_luenta_helpottuu.5102.news>. Luettu 10.1.2018.

12 Digita rakentaa esineiden internetin mahdollistavan verkon koko Suomeen. 2016. Verkkodokumentti. Digita Oy. <https://www.digita.fi/yrityksille/digita_news_-artikkelit/iot-verkko_laajenee_koko_suomeen>. Luettu 10.1.2018.

13 Suomalainen teknologiayhtiö kehitti markkinoiden edullisimman IoT-vuotovahdin. 2017. Verkkodokumentti. Connected Finland. <http://www.connectedfinland.fi/fi/asiakastarinoita/vesivahingot-kuriin-uudella-suomalaistuotteella-miljoonasaastot-mahdollisia/>. Luettu 10.1.2018.

14 Lehtiniitty, Markus. 2017. Uusi verkkotekniikka yleistyy Suomessa – NB-IoT tehostaa esineiden internetin toimintaa 4G-verkossa. Verkkodokumentti. Mobiili.fi <https://mobiili.fi/2017/11/28/uusi-verkkotekniikka-yleistyy-suomessa-nb-iot-tehostaa-esineiden-internetin-toimintaa-4g-verkossa/> Luettu 10.1.2018.

15 Ojala, Jyrki. 2017. Rakennuttaja, LE-Sähköverkko Oy, Lahti. Haastattelu 4.4.2017.

16 EE701: Hämäräkytkin koteloitu perusasetuksilla. 2010. Verkkodokumentti. Hager Group. <https://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/xp1_ee701_2_fi_6e7636b.pdf>. Luettu 28.10.2017.

17 Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. 2015. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf>. Luettu 6.2.2017.

18 Hautala, Pentti. 2003. Tievalaistuksen vähentämisen vaikutus onnettomuuksiin. Verkkodokumentti. Tiehallinto. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf/3200855-vtievalvahenvaikonn.pdf>. Luettu 28.10.2017

19 Peipponen, Helena. 2017. Senior Offering Manager, Telia Company. Sähköpostiviesti 7.12.2017.

20 Peipponen, Helena. 2017. Senior Offering Manager, Telia Company, Helsinki. Haastattelu 22.3.2017.

21 Matkaviestinverkon kuuluvuus. 2016. Verkkodokumentti. Viestintävirasto. <https://www.viestintavirasto.fi/internetpuhelin/puhelin-jalaajakaistaliittymantoimivuus/matkaviestinverkonkuuluvuus.html>. Päivitetty 22.01.2018. Luettu 23.1.2018.

22 Lind, Jani. 2017. Myyntipäällikkö, C2 SmartLight Oy. Sähköposti 21.12.2017.

23 Kähkönen, Heidi. 2016. Tällainen on älykäs kaupunki. Verkkodokumentti. tivi. <https://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/tallainen-on-alykas-kaupunki-6589827>. Luettu 12.12.2017.

24 Pelkonen, Linda. 2016. Valaistuksen trendi: Säästää 70-90 % sähköä, oppii liikkeiden perusteella. Verkkodokumentti. Uusi Suomi. <https://www.uusisuomi.fi/asuminen/205761-valaistuksen-trendi-saastaa-70-90-sahkoa-oppii-liikkeiden-perusteella>. Luettu 12.12.2017.

25 Eskelinen, Jarmo. 2017. Smart City Strategies: A Global Review 2017. Verkkodokumentti. Future Cities Catapult. <http://futurecities.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2017/11/GRSCS-Final-Report.pdf>. Luettu 12.12.2017.

26 Joela, Anni. 2017. Smart City IoT -mallin määrittelyn avaustilaisuus. Verkkodokumentti. Smart Tampere. <http://smarttampere.fi/fi/uutiset/smart-city-iot-mallin-maarittelyn-avaustilaisuus>. Luettu 12.12.2017.

27 Ijäs, Markku. 2017. Projektipäällikkö, Liikennevirasto. Sähköpostiviesti 15.5.2017.

28 Munne, Hannu. 2017. Osastopäällikkö, Caverion Suomi Oy, Kouvola. Haastattelu 10.3.2017.

29 Markkanen, Olli. 2017. Yksikön päällikkö, Helsingin kaupungin rakennusvirasto. Helsinki. Haastattelu 5.4.2017.

30 Takala, Henri. 2017. Projektipäällikkö, Suomen Energia-Urakointi Oy, Helsinki. Haastattelu 3.4.2017.

31 Mättö, Jere. 2017. Työpäällikkö, Vantaan kaupunki, Vantaa. Haastattelu 28.4.2017.

32 Tirroniemi, Olli. 2017. Käyttöpäällikkö, Turun kaupunki, Turku. Haastattelu 26.4.2017.

33 Moisio, Osmo. 2014. Auringon nousu- ja laskuajat Suomessa. Verkkodokumentti. <http://www.moisio.fi/taivas/aurinko.php>. Luettu 7.11.2017.

34 Smart City applications. Postscapes. Verkkodokumentti. <https://www.postscapes.com/internet-of-things-award/smart-city-application/> Luettu 4.1.2018.

35 ANSI C136.41 Dimming Receptacle. 2014. Verkkodokumentti. TE Connectivity. <http://www.mouser.com/pdfdocs/TE_Dimming_Receptacle_032014_R5.pdf> Luettu 29.5.2017.

36 Versatile interface for outdoor luminaires. 2016. Verkkodokumentti. Zhaga Consortium. <http://www.zhagastandard.org/data/downloadables/9/1/9/1602_zhaga-webinar_connector-proposal-mc_final.pdf?force-download=yes>. Luettu 17.5.2017.

37 Lumawise Endurance S. 2017. Verkkodokumentti. TE Connectivity. <http://www.te.com/usa-en/about-te/news-center/lumawise-endurance-s.html>. Luettu 4.1.2018.

38 Lumawise Endurance S modules. 2017. Verkkodokumentti. TE Connectivity. <http://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=srchrtrv&DocNm=1-1773915-3_Lumawise_Endurance_S_Modules&DocType=DS&DocLang=English>. Luettu 4.1.2018.

39 Philips announces the SR certified program for products that are compatible with its Xitanium SR drivers. 2016. Verkkodokumentti. Philips UK Ltd. <http://www.lighting.philips.co.uk/company/newsroom/news/2016/20160310-philips-announces-the-sr-certified-program-for-products-that-are-compatible-with-its-xitanium-sr-drivers>. Luettu 4.1.2018.

40 Malkki, Kimmo. 2017. Aluemyyntipäällikkö, Ulkovalaistus, Philips Oy, Vantaa. Haastattelu 18.12.2017.

41 Malkki, Kimmo. 2017. Aluemyyntipäällikkö, Ulkovalaistus, Philips Oy. Sähköpostiviesti 18.12.2017.

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän tekniset ja toiminnalliset vaatimukset

Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän tekniset ja toiminnalliset vaatimukset

Liite 1

22.11.2017

Sisällysluettelo

SISÄLLYSLUETTELO **2**

LYHENTEET JA KÄSITTEET **2**

1 TAVOITTEET **3**

2 KOHTEEN TIEDOT **3**

3 OHJAUSJÄRJESTELMÄN KUVAUS **3**

4 VAATIMUKSET PALVELULLE **4**

5 OHJAUSJÄRJESTELMÄN TEKNISET JA TOIMINNALLISET VAATIMUKSET **5**

5.1 Ulkovalaistuksen ohjaus 5
5.2 Tilatiedot ja hälytykset 6
5.3 Valaistuslaitteilta kerättävä informaatio 7
5.4 Ohjausjärjestelmän yhteydet ja tietoliikenne 8
5.5 Ohjauslaitteet 9
5.6 Käyttöliittymä ja raportit 10
5.7 Testaus ja käyttöönotto 11

Lyhenteet ja käsitteet

Keskuksen ohjauslaite	Ulkovalaistuskeskukseen asennettava ohjausjärjestelmän ohjauslaite, joka toimii reitittimenä runkoverkon ja valaisinverkon välillä. Keskuksen ohjauslaite voi olla moduulirakenteinen.
Valaisimen ohjauslaite	Valaisimen sisälle tai ulkopuolelle asennettava ohjausjärjestelmän ohjauslaite, joka ohjaa valaisinta sekä välittää tietoa ohjausjärjestelmän määrittelemällä tavalla.
Valaisinverkko	Ulkovalaistuskeskuksilta valaisimille kulkeva sekä valaisimien välinen tietoliikenneverkko. Voi olla langaton tai langallinen.
Runkoverkko	Tietoliikenneverkko ohjausjärjestelmän palvelimelta ulkovalaistuskeskuksille. Voi olla langaton tai langallinen.
NEMA	Kansainvälinen elektroniikka-alan valmistajien järjestö.
Zhaga	Vuonna 2010 perustettu maailmanlaajuinen valaistusteollisuuden järjestö, joka standardoi ledivalaisimien komponentteja.
IoT	Internet of Things, asioiden internet.

1 Tavoitteet

HUOM! Tämä asiakirja toimii pohjana lopulliselle tarjouspyyntöasiakirjoihin liitettävälle asiakirjalle. Kaikki kohdat on käytävä läpi ottaen huomioon kyseisen hankkeen ominaisuudet. Punaiset tekstit toimivat ohjeistuksena dokumentin käytölle ja ne on poistettava ennen julkaisua. Tähän kappaleeseen voidaan kirjoittaa tarkemmin asiakirjan tarkoituksesta ja sen merkityksestä tarjouspyyntöasiakirjojen liitteenä.

2 Kohteen tiedot

Tämä kappale muokataan ja laajennetaan tarpeen mukaan. Tässä esitetään tärkeimmät ulkovalaistuksen tiedot kohteen nykytilasta.

Palvelusopimukseen sisältyy ****** kaupungin ulkovalaistuksen ohjaus. Ulkovalaistusverkon laajuus on alla olevan taulukoiden 1 mukainen.

Taulukko 1. Ulkovalaistuksen yleistiedot.

Kohde	Määrä
Valaisimet	******
Ulkovalaistuskeskukset	******
Valaisinpylväät	******
Ohjausjärjestelmä	******
Järjestelmän yhteystapa	******

Valonlähteiden jakauma valaistusverkossa on taulukon 2 mukainen.

Taulukko 2. Valaisimien määrän jakautuminen valonlähteen mukaan.

Valonlähde	Määrä
LED	******
Suurpainenatrium	******
Monimetalli	******
Elohopea	******
Induktio	******

Ulkovalaistuskeskuksien sijainti on esitetty liitteessä ******. Lisäksi keskuksista on laadittu luettelo, liite x, josta ilmenee kunkin keskuksen ominaisuudet.

Ohjausalueita kohteeseen tulee yhteensä ****** ja ne jakautuvat seuraavasti:

- ******
- ******
- ******
- ******

Aluejaot on esitetty tarkemmin liitteessä x.

3 Ohjausjärjestelmän kuvaus

Ohjausjärjestelmätyypit on jaettu neljään eri tasoluokkaan niiden toiminnan ja ominaisuuksien mukaan. Tason 1 ohjausjärjestelmä on yksinkertaisin ja tason 4 ohjausjärjestelmä monipuolisin. Tässä asiakirjassa esitetyt ominaisuudet on lajiteltu alaotsikoihin näiden tyyppien mukaan (**väliotsikot voidaan poistaa lopullisesta asiakirjasta**). Vaatimuksien kannalta suuremman tyyppinumeron ohjausjärjestelmä sisältää aina pienemmän tyyppinumeron ohjausjärjestelmän ominaisuudet.

- **Ohjausjärjestelmätaso 1: Perinteiset ohjaustavat**
  - Perinteiset ohjaustavat (hämäräkytkin, astronominen kello, vyörytys),
  - ei etähallittavaa keskitettyä ohjausta.
- **Ohjausjärjestelmätaso 2: Keskuskohtainen ohjausjärjestelmä**
  - Keskitetty keskuskohtainen etähallittava ohjausjärjestelmä.
- **Ohjausjärjestelmätaso 3: Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä**
  - Keskitetty keskuskohtainen etähallittava ohjausjärjestelmä,
  - mahdollisuus valaisinkohtaiseen ohjaukseen,
  - mahdollisuus ohjata valaisimia läsnäoloon perustuen (liikennemäärän mittaus, liiketunnistin tai muu vastaava ulkoinen tieto).
- **Ohjausjärjestelmätaso 4: Valaistuksen ohjaus osana älykästä kaupunkia**
  - IoT-tyyppinen koko kaupungin kattava pilvipalvelualusta,
  - mahdollisuus liittää muun infran laitteita järjestelmään langattomasti.

Tässä kappaleessa kuvataan lyhyesti kilpailutuksessa haetun ohjausjärjestelmän taso.

4 Vaatimukset palvelulle

Ohjausjärjestelmätaso 2

- Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmä tulee varustaa ja asentaa toimintakuntoon sekä sopimusaikana pidettävä toimintakunnossa. Ohjausjärjestelmän vikatilanteissa noudatetaan sopimusasiakirjoissa määriteltyjä vasteaikoja ja sanktiointiperusteita.
- Järjestelmän toimintaa valvotaan vuorokauden ympäri vuoden jokaisena päivänä vikatilanteiden varalta koko sopimuskauden ajan.
- Vikatilanteiden käsittelyssä noudatetaan vikailmoitustyyppien menettelytapoja (ks. kappale 5.2).
- Ohjausjärjestelmää valvotaan sekä virka-aikoina että niiden ulkopuolella. Valvoja reagoi järjestelmän hälytyksiin ja vikatilanteisiin kappaleessa 5.2 kuvatulla tavalla.
  - *Osa ajasta voidaan jakaa tarvittaessa kunnossapitourakoitsijalle (esimerkiksi virka-aikojen ulkopuolella).*
- Ohjausjärjestelmästä johtumattomista vikatilanteista välitetään tieto tilaajan määrittelemälle taholle.
- Tilaajalle toimitetaan puhelinnumero, josta saadaan yhteys ohjausjärjestelmän valvojaan sekä tekniseen tukeen. Valvojan tulee olla tavoitettavissa puhelimitse ilman jonotusta vuorokauden ympäri. Lisäksi tuen sekä valvojan tulee olla tavoitettavissa sähköpostitse.
- Ohjausjärjestelmän tulee olla dokumentoitu siten, että sitä ja sen liittämistä muihin järjestelmiin voidaan arvioida. Tietoturva, käyttövarmuus ja kunnossapidettävyys tulee erityisesti ottaa huomioon. Koko dokumentaation on oltava suomen kielellä. Dokumentaation tulee sisältää ainakin seuraavat:
  - Järjestelmän yleinen kuvaus,
  - järjestelmän arkkitehtuurin kuvaus, jakautuminen osajärjestelmiin, liitynnät muihin järjestelmiin, kuvaukset ohjelmiston ja sen eri osien konfiguroinneista, yms.,
  - kuvaukset kaikista rajapinnoista (sisäiset ja ulkoiset), ml. tiedonsiirtoprotokollat, salausalgoritmit, avaintenhallinta, arviot tietoliikennemääristä, jne.,
  - kuvaukset käyttäjätunnistuksen ja käyttöoikeuksien periaatteista eri laitteissa,
  - käyttö- ja asennusohjeet:
    - Käyttöliittymä ja valvontajärjestelmä,
    - ohjauslaitteet,
    - valoanturit,
    - painikkeet ja liiketunnistimet.

5 Ohjausjärjestelmän tekniset ja toiminnalliset vaatimukset

5.1 Ulkovalaistuksen ohjaus

- Valaistuksen ohjaus voidaan ohjelmoida käyttöjärjestelmästä käsin ohjausalue-, keskus- ja relekohtaisesti seuraavia parametreja käyttäen:
    - vuosikalenteri,
    - kellonaika,
    - valon määrä,
    - lämpötila.
    - painonappi,
    - liiketunnistin,
    - liikennemäärälaskenta,
    - sää,
    - luminanssin mittaus,
    - lumisuuden tunnistus.
        - *HUOM! Valitaan tarpeelliset.*
- Ensisijainen valaistuksen ohjaustapa on vallitsevaan valon määrään perustuva ohjaus. Vikatilanteissa valaistusta ohjataan astronomisen kellon mukaan (varajärjestelmä). Varajärjestelmä ei saa ohjata valaistusta normaalitilanteessa.
- Valoantureiden tiedon puuttuessa (yhteys- tai muu vika) ohjauksen on toimittava automaattisesti varajärjestelmällä.
- Vuoden jokaiselle kalenterikuukaudelle määritellään yksilölliset valaistuksen ohjauksen raja-arvot (lx) sekä astronomisen kellon viiveet (min). Viiveet ja raja-arvot määritellään yhteistyössä tilaajan kanssa.
- Jokaisella ohjausalueella valaistuksen sytytyksessä ja sammutuksessa käytetään vähintään **viiden** maantieteellisesti erillään olevan valoanturin arvoja vallitsevan valon määrän mittauksessa.
- Valoantureiden sijainnit määritellään yhteistyössä tilaajan kanssa alue ja anturikohtaisesti ympäristön olosuhteet (rakennukset, ilman suunnat, häiriövalo jne.) huomioon ottaen.
- Ohjausjärjestelmässä kunkin ohjausalueen alueen ohjaava vallitseva valon määrä määritellään seuraavasti:
    - Ohjausalueen kaikkien valoantureiden arvoista lasketaan mediaani.
    - Mediaanista ja kahdesta mediaania lähinnä olevasta arvosta (yhteensä kolme arvoa) lasketaan keskiarvo, joka määrittää vallitsevan valon määrän ohjaavan arvon.
- Kunkin ohjausalueen valaistuksen ohjauksen raja-arvot määritellään yhteistyössä tilaajan kanssa. Määrittelyssä otetaan huomioon ohjausalueen ympäristön ja väylien ominaisuudet.
- Varajärjestelmällä tehdyistä ohjauksista tulee merkintä virhelokiin.
- Valoanturit asennetaan sovittuihin paikkoihin ja niiden kuntoa seurataan. Valoantureiden kunnossapito toteutetaan tilaajan kunnossapito-ohjelman mukaisesti. Ohjelmassa valoanturit puhdistetaan kolmannen käyttövuoden aikana ja uusitaan viidennen käyttövuoden aikana. Uusimisen yhteydessä myös käyttöönottovaihe tehdään uudestaan.
- Ohjausjärjestelmän tulee olla siten ohjelmoitu, että vikatilanteessa kytkeytyy valaisimien tehoksi maksimiarvo tehon pudotuksen tai himmennyksen sijaan.

Ohjausjärjestelmätaso 3

- Valaistuksen ohjaus voidaan ohjelmoida käyttöjärjestelmästä valaisinkohtaisesti vapaata ryhmittelyä käyttäen seuraavia parametreja käyttäen:
    - vuosikalenteri,
    - kellonaika,
    - valon määrä,
    - lämpötila,
    - painonappi,
    - liiketunnistin,
    - liikennemäärälaskenta,
    - sää,
    - luminanssin mittaus,
    - lumisuuden tunnistus.
        - *Tarvittavat menetelmät käytävä tapauskohtaisesti läpi.*

5.2 Tilatiedot ja hälytykset

Vikatietojen käsittelyyn ja hälytyksien muodostamiseen käytetään alla esiteltyjä luokitteluita. Näiden lisäksi hälytyksien käsittelytapoja on voitava muokata ohjausjärjestelmässä.

- **Tärkeysluokka 1: Turvallisuutta heikentävät viat**
    - Ohjauslaitteen sähkönsyöttö, valaistuksen vikatilanteet, ylijännitesuoja, poikkeava kuorma.
    - Käsittely ohjausjärjestelmässä:
        - Hälytys muodostetaan välittömästi.
        - Välittää tiedon automaattisesti järjestelmän valvojalle.
        - Korostetaan yksilöidyllä tavalla käyttöjärjestelmän näkymässä.
- **Tärkeysluokka 2: Vakavat viat**
    - Valoanturin toimintahäiriö, yhteysviat, ulkoisten antureiden hälytykset, tehonpudotuksen vika.
    - Käsittely ohjausjärjestelmässä:
        - Hälytys muodostetaan kolmen tunnin kuluttua, mikäli vika ei ole korjaantunut.
        - Välittää tiedon automaattisesti järjestelmän valvojalle.
        - Korostetaan yksilöidyllä tavalla käyttöjärjestelmän näkymässä.
- **Tärkeysluokka 3: Vähäiset viat**
    - Ei kiireelliset viat (esimerkiksi polttotuntien hälytysraja).
    - Kaikki viat, jotka eivät kuulu luokkiin 1 tai 2.
    - Käsittely ohjausjärjestelmässä:
        - Hälytys muodostetaan vuorokauden kuluttua, mikäli vika ei ole korjaantunut.
        - Automaattista tiedon välitystä ei tapahdu.
        - Korostetaan yksilöidyllä tavalla käyttöjärjestelmän näkymässä.

Ohjausjärjestelmätaso 2

- Järjestelmässä on oltava mahdollisuus keskuksen oven asennon seurantaan.
- Järjestelmässä on oltava mahdollisuus seurata ohjauslaitekotelon tai ulkovalaistuskeskuksen sisälämpötilaa sekä käytettävän langattoman runkoverkon signaalin vahvuutta. Lisäksi järjestelmästä o käytävä ilmi ohjauslaitteen käytössä olevan tukiaseman numero sekä yhteystapa, mikäli on useampia vaihtoehtoja (2G/3G tai muu).

- Järjestelmän tulee mitata keskus- ja ryhmäkohtaiset polttotunnit ja näille tulee pystyä määrittelemään maksimi käyttötunnit ja hälytysrajat lamppujen ryhmänvaihtoajankohdan määrittämiseksi.
- Tilatiedoista on voitava valita antavatko ne hälytyksen ohjausjärjestelmään sekä hälytyksille on voitava antaa viiveet. Hälytykset näkyvät karttapohjalla selkeästi korostettuna eri tasojen mukaan. Tarvittaessa hälytykset tulee voida kytkeä karttanäkymässä päälle tai pois päältä.
- Hälytyksille käytetään edellä mainittujen tärkeysluokkien mukaisia käsittelytapoja ja niiden on muodostuttava vähintään seuraavista tapahtumista:
    - Tärkeysluokka 1
        - Ohjauslaite on vikaantunut.
        - Ohjauslaite on jännitteetön.
        - Vetävällä releellä ei ole kuormaa.
        - Ylijännitesuoja on lauennut.
        - Valaistus syttyy tai sammuu ohjausasetusten vastaisesti.
        - Valaistusta joudutaan ohjaamaan varajärjestelmällä (astronominen kello).
    - Tärkeysluokka 2
        - Ohjauslaitteen yhteysvika.
        - Keskuksen ovi on auki.
        - Ohjauskomponenttien akkujen varaustilan / jännitteen alhaisuus.
        - Poikkeavan virta- / tehoarvon vertailu muihin arvoihin; näiden pohjalta tieto siitä, että vaiheilla on sammuneita valaisimia.
        - Normaalista poikkeava kuorma (kuormarajat).
            - Poikkeavista arvoista tulee pystyä märittelemään ainakin kaksi hälytysrajaa.
        - Valoanturi antaa astronomisen keskiyön aikaan yli 50 luksin arvoja.
        - Valoanturi on vikaantunut.
        - Keskuksen lämpötila on liian korkea tai matala (raja-arvot).
        - Tehon pudotuksen toimimattomuus (jos käytössä).
    - Tärkeysluokka 3
        - Langattoman yhteyden vahvuus (hälytysraja).
        - Polttotuntien raja-arvohälytys.

Ohjausjärjestelmätaso 3

- Hälytykset muodostetaan seuraavista tapahtumista:
    - Tärkeysluokka 1
        - Kolaroitu pylväs kiihtyvyysanturin raja-arvoilla määriteltynä (jos käytössä).
            - *Mikäli antureita on käytössä.*
        - Esiasetettu määrä alueen, tien tai kadun valaisimista antaa vikailmoituksen (ohjaus-, himmennys-, lämpö- tai muu vika).
    - Tärkeysluokka 3
        - Valaisimen vikatilanne (ohjaus, himmennys, lämpö tai muu vika).
        - Valaisimen kuorma poikkeaa merkittävästi (kuormarajat) viereisistä valaisimista.

5.3 Valaistuslaitteilta kerättävä informaatio

Ohjausjärjestelmätaso 2

- Valaistuksen ohjausjärjestelmällä on voitava valvoa laitteiston tilaa. Ohjausjärjestelmän on kyettävä antamaan myöhemmin eriteltävät yksilöidyt hälytys- ja mittaustiedot.

- Ohjausjärjestelmään kuuluu tietokanta, johon kerätään valaistukselta saatava informaatio ja ohjaushistoria. Tietokanta on täysin tilaajan saatavilla ohjausjärjestelmän kautta ja siitä voidaan luoda raportteja Excel-tiedostomuodossa.
- Jokaisesta ohjausjärjestelmään tehdystä toimenpiteestä ja muutoksesta jää merkintä tietokantaan, josta selviää aika sekä toimenpiteen tehnyt käyttäjä.
- Ulkovalaistuskeskusten ohjauslaitteelta kerättävät tiedot:
    - keskuksen ohjauslaitteiden toimintakunto,
    - tapahtumaloki,
    - ohjelmistoversio,
    - energiankulutus,
    - jännite, virta ja teho,
    - jännite, virta ja teho vaihekohtaisesti,
    - ohjaushistoria,
    - hälytysloki,
    - polttoajat keskus- ja ryhmäkohtaisesti,
    - sytytys- ja sammutusaikataulut ja valoantureiden mittaushistoria,
    - keskuksen oven tilatieto,
    - muiden ulkoisten antureiden historia sekä
    - lämpötilatieto.

Ohjausjärjestelmätaso 3

- Lisäksi valaisinkohtaisessa ohjauksessa kerätään seuraavat tiedot:
    - valaisinyksikön toimintakunto,
    - tapahtumaloki,
    - ohjelmistoversio,
    - energiankulutus,
    - jännite, virta ja teho,
    - ohjaushistoria,
    - hälytysloki,
    - polttoaika,
    - himmennysaikataulu sekä
    - lämpötilatieto.

5.4 Ohjausjärjestelmän yhteydet ja tietoliikenne

Ohjausjärjestelmätaso 2

- Ohjausjärjestelmä ei saa hidastua, vaikka käyttäjiä olisi samaan aikaa useampi.
- Palveluun sisältyy tarvittavat palvelimet ja tietoliikenneyhteydet sekä vastuu ohjausjärjestelmän tietoturvasta koko järjestelmän laajuudella koko sopimuksen keston ajan.
- Kaiken tiedonsiirron on oltava salattua aina ohjausjärjestelmän jokaiselle ohjauslaitteille asti.
- Tiedonsiirron käyttöpäätteiden keskusyksikön ja ohjausjärjestelmän välillä tulee olla digitaalista, varmistettua ja salattua.
- Järjestelmän luvaton käyttö tulee estää salasanan tai lukituksen avulla.

5.5 Ohjauslaitteet

Ohjausjärjestelmätaso 2

- Keskuksen ohjauslaitteen yhteys palvelimelle on voitava järjestää sekä langattomasti (esim. GPRS, 3G, LTE/4G) että Ethernet-liittimen kautta kiinteää siirtoverkkoa käyttäen. (tarvittaessa)
- Keskuksen ohjauslaite osaa valita vähintään kahden operaattorin verkosta vahvemman. (tarvittaessa)
- Keskuksen ohjauslaitteessa on oltava vähintään neljä (4) erikseen ohjattavaa relettä valaistuksen ohjauskontaktoreiden ohjaukseen sekä mahdollisuus laajentaa kuuteen (6) releeseen.
- Keskuksen ohjauslaitteessa on oltava vähintään kaksi (2) yksilöllistä sisääntuloa ulkoisille tilatiedoille (oviauki, ylijännitesuoja jne.).
- Keskuksen ohjauslaitteessa on oltava mahdollisuus lämpötilan mittaamiseen ohjauslaitteen ulkopuolisella anturilla.
- Keskuksen ohjauslaitteen ohjausreleissä on oltava kuormantunnistus, joka antaa hälytyksen, mikäli vetävällä releellä ei ole kuormaa.
- Keskuksen ohjauslaitteessa on oltava lyhytkestoinen varavirtajärjestelmä, joka mahdollistaa hälytyksen, mikäli keskuksen sähkönsyöttö häviää. Varavirtajärjestelmä ei saa sisältää vaihtoa vaativia paristoja tai akkuja.
- Kaikissa ohjauslaitteissa on varajärjestelmänä astronominen kello, jonka aika päivittyy automaattisesti ohjauslaitteen ollessa yhteydessä järjestelmään.
- Ohjauslaitteiden tulee olla varmennettu siten, että ne pystyvät raportoimaan sähkökatkoksesta välittömästi tietojärjestelmään ja säilyttämään muistissaan tilatiedot ja tarvittavat parametrit sähkökatkon ajan. Käyttöjännitteen palattua ohjauslaitteen on oltava välittömästi toimintakykyinen.
- Järjestelmän toimilaitteiden tulee toimia -30 … +35°C ulkolämpötilassa.
- Kaikkien laitteiden tulee olla suojattuna sähkömagneettisilta häiriöiltä EU-lainsäädännön EMC-direktiivin (2014/30/EU) mukaisesti.
- Järjestelmän ohjauslaitteiden energian kulutus ei saa ylittää vuorokaudessa 0,5 kWh ohjauslaitetta kohti.

Ohjausjärjestelmätaso 3

- Järjestelmällä voi ohjata ja hallita etänä yksittäisiä valaisimia, joihin on asennettu valaisinkohtainen ohjain.
- Valaisimen ohjauslaite voi ohjata valaisinta DALI sekä DALI 2.0 väylää käyttäen. Ohjauslaitteella voi myös ohjata valaisimia 1-10V säätöä käyttäen.
- Valaisimen ohjauslaitteen on kyettävä sammuttamaan valaisin, vaikka valaisimen sähkön syöttö on jatkuva. Ohjauslaitteen on myös toimittava häiriöttä ohjatussa verkossa, jossa sähkönsyöttö katkaistaan valoisaksi ajaksi.
- Valaisinkohtaisen ohjaimen suojausluokan on oltava vähintään IP66 sekä sovelluttava ulkokäyttöön Suomen ilmasto-olosuhteissa.
- Valaisinkohtaisessa ohjauksessa ohjauslaitteiden välinen kommunikaatio tapahtuu langattomasti.
- Ohjausjärjestelmään on saatavilla valaisimeen tai pylvääseen asennettavia valaisin- tai pylväskohtaisia ohjainlaitteita.
- Ohjausjärjestelmään on saatavilla valaisimen ulkopuolelle liitettäviä valaisimen ohjauslaitteita seuraavilla liitäntätavoilla:
    - NEMA-liitin (ANSI C136.41-2013) ja/tai
    - Zhaga-standardin kirjan 18 mukainen liitin.
        - *Zhaga-standardin valmistuminen ja avoimuus varmistettava!*
- Valaisinkohtaiselle ohjaukselle voidaan määrittää ohjausryhmät ja himmennysprofiilit keskusjärjestelmän kautta.

- Järjestelmässä oltava mahdollisuus ohjata yksittäistä valaisinta ja mahdollisuus useampien valaisimien ryhmittelyyn ohjausryhmäksi.
- Valaisimen ohjauslaite muistaa himmennysprofiilin mahdollisen yhteyskatkoksen varalta. Lisäksi valaisimen ohjauslaitteessa on oltava sisäinen lyhytkestoinen varavirtajärjestelmä, joka mahdollistaa hälytyksen, mikäli sähkönsyöttö häviää. Varavirtajärjestelmä ei saa sisältää vaihtoa vaativia paristoja tai akkuja.

5.6 Käyttöliittymä ja raportit

Ohjausjärjestelmätaso 2

- Ohjausjärjestelmää hallitaan etäohjattavalla internet-pohjaisella käyttöliittymällä. Lisäksi ohjausjärjestelmässä tulee olla mobiilikäyttöliittymä.
- Ohjausjärjestelmä on oltava hallittavissa MacOS-, Windows- ja Linux laitteiden internet selaimilla ilman lisäosia ja laajennuksia. Mobiilikäyttöliittymän tulee toimia yleisimmissä mobiililaitteissa ja niiden internet selaimissa ilman lisäosia ja laajennuksia.
    - *Mikäli tilaajalla on tietyt laitteistot, kirjataan ne tähän.*
- Käyttöliittymän on oltava karttapohjainen ja karttapohjana on voitava käyttää ulkoista karttaa (esim. Google Maps). Käyttäjällä on oltava mahdollisuus liittää omia dwg/dgn/shape- tai muita tiedostoja tausta-aineistoksi.
- Valaistuksen toimivuus tulee esittää karttapohjalla värikoodein tai symbolein. Ainakin seuraavat toiminnot tulee olla eroteltavissa:
    - valot päällä,
    - valot pois päältä,
    - vikatilanne (eri värikoodeilla).
- Järjestelmään tulee voida luoda ja hallita --- kpl eri tasoisia tunnuksia ja niitä on voitava jakaa eri käyttäjäorganisaatioille. Samanaikaisia kirjautuneita käyttäjiä tulee sallia vähintään --- kpl.
    - *Määrät tarkennetaan tilaajan tarpeiden mukaan.*
- Tunnuksien käyttöoikeudet ja laajuus on voitava rajata käyttäjä- ja organisaatiokohtaisesti. Lisäksi tunnuksille on voitava antaa alueellisia rajauksia maantieteellisen sijainnin mukaan.
- Käyttöliittymää on voitava muokata käyttäjä- ja organisaatiokohtaisesti.
- Järjestelmä päivitetään automaattisesti uusimpaan ohjelmistoversioon, mutta päivityksistä tiedotetaan tilaajaa hyvissä ajoin.
- Järjestelmässä on oltava raportointimahdollisuudet kunnossapidon, suunnittelun ja investointien tueksi ominaisuus- ja sijaintitiedoista. Tietoja on voitava hakea määritettyjen ominaisuuksien ja sijainnin perusteella. Etsityt tiedot on voitava korostaa visuaalisesti karttanäkymästä. Raportit on voitava tuoda järjestelmästä excel-tiedostoksi.
- Ohjelmiston ja raportoinnin käyttökieli tulee olla suomi ja käyttöliittymän tulee olla suomenkielinen. Ohjausjärjestelmän käyttöliittymässä käytön tulee tapahtua tietokonehiiren ja näppäimistön avulla.
- Järjestelmä kerää tiedon kunkin hetken valaistustilanteesta ja sen tulee tuottaa samalla myös valaistustilanteesta jatkuvaa raportointia. Raportit on voitava tulostaa valinnaisesti käyttöpäätteelle ja tulostimelle.
- Järjestelmästä on käyttäjän saatava itse tehtyä selkeitä raportteja seuraavasti:
    - polttotunnit valitun ajanjakson mukaan koko järjestelmän laajuudella sekä ohjausalue-, rele tai ryhmäkohtaisesti,
    - ohjaushistoria,
    - vikahistoria.
- Mobiilikäyttöliittymä on mobiililaitteiden verkkoselaimissa ilman lisäosia toimiva älypuhelimille ja tableteille muokattu versio ohjausjärjestelmän käyttöliittymästä.

- Mobiilikäyttöliittymä sisältää vähintään seuraavat:
    - karttapohjaisuus,
    - GPS-paikannus,
    - valaistuksen ohjaustoiminnot,
    - kommenttien ja huomautuksien tekeminen,
    - kuvien lisääminen,
    - hälytyksien kuittaus,
    - ohjainlaitteiden tietojen selaus.

Seuraavia vaatimuksia voidaan käyttää, mikäli ohjausjärjestelmään halutaan rakentaa yhteys ulkoiseen omaisuudenhallintajärjestelmään:

- *Omaisuudenhallintajärjestelmän ja ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän välillä on oltava integraatiomahdollisuus (vikailmoitusten jne. välittäminen ohjausjärjestelmästä omaisuudenhallintajärjestelmään).*
- *Järjestelmän on mahdollistettava omatoiminen kartoitus kannettavan kartoituslaitteen avulla.*
- *Tietoja on pystyttävä lataamaan ohjausjärjestelmään eri kartoituslaitteilta, sen on toimittava suoraan GPS-kartoituslaitteen kanssa, jossa on internet-selain ja kartoituslaitteen on osattava opastaa paikalle ja mahdollistaa verkkotietojen katselu ja syöttö ohjausjärjestelmään.*
- *Omaisuudenhallintajärjestelmästä tulee voida lukea ulkovalaistusverkon tiedot avoimen rajapinnan yli muihin järjestelmiin.*

Ohjausjärjestelmätaso 3

- Järjestelmästä on käyttäjän saatava itse tehtyä selkeitä raportteja valaisinkohtaisella tasolla seuraavasti:
    - polttotunnit valitun ajanjakson mukaan,
    - ohjaushistoria,
    - vikahistoria.

5.7 Testaus ja käyttöönotto

Ohjausjärjestelmätaso 2

- Järjestelmän asentamisen yhteydessä varmistetaan, että keskuksissa on mahdollisuus seuraaviin ohjauksiin:
    - 0-asento: poiskytkentä,
    - automaatti: ohjausjärjestelmän mukainen,
    - käsikäyttö: mahdollistaa keskuksen paikallisen ohjauksen.
- Edellisen kohdan puutteista ilmoitetaan tilaajalle.
- Keskuksien ohjauslaitteiden relelähdöt kytketän ohjaamaan valaistusryhmien apureleitä.
- Järjestelmän tulee sisältää kaikki keskuksiin varustettavat ja asennettavat komponentit muutostöineen. Ennen toteutusta tehdään kaksi mallikeskusta, jotka tilaaja hyväksyy.
- Järjestelmän toimilaitteet asennetaan ensisijaisesti nykyisten keskuksien sisälle. Niihin keskuksiin, joihin toimilaitteita ei saada asennettua sisään, asennetaan ulkopuolelle erillinen kotelo. Kotelon malli ja asennustapa on hyväksytettävä tilaajalla.
- Keskuksista otetaan valokuvat ennen ja jälkeen toimilaitteen asentamista.
- Keskuksien kaaviokuvat ja piirustukset päivitetään vastaamaan ohjausjärjestelmästä johtuvia muutoksia. Päivitettyihin loppupiirustuksiin merkitään kunnossapidon rajapinnat.
- Tehdastestit (FAT) tehdään tarjousvaiheessa tai ensimmäisenä ennen käyttöönoton aloittamista.

- Tehdastestien sisältö:
  - dokumentaation tarkistus,
  - valaisimen tarkistus,
    - visuaalinen,
    - johtimien liitokset,
    - napaisuus,
  - toiminnallisuuden testaus,
    - pyritään löytämään ongelmia, jotka johtuvat vääristä asetuksista tai yhteen sopimattomista komponenteista,
    - kytkentä päälle ja pois, himmennys, tilatiedot ja hälytykset sekä
  - yhteyksien testaus.
- Ohjausjärjestelmän käyttöönotto suunnitellaan ja sitä varten pyydetään tilaajalta tarvittavat tiedot. Suunnitelma hyväksytetään tilaajalla hyvissä ajoin ennen toteutuksen aloitusta.
- Ohjausjärjestelmän käyttöönotto ei saa aiheuttaa katkoksia valaistuksen toimivuuteen pimeän aikana.
- Käyttöönotto toteutetaan alueittain tilaajan hyväksymän aluejaon mukaisesti. Jokaiselle alueelle tehdään sen valmistuttua kenttätestit (SAT). Alueita on yhteensä *xx* kpl.
- Kenttätesteissä tehdään seuraavat toimenpiteet:
  - tehdastestin raportin tarkistus,
  - valaisimien ryhmityksien tarkistus,
  - valaistuksen automaattisen ja manuaalisen ohjauksen toimivuuden tarkistus (sytytys ja sammutus),
  - himmennyksien toimivuus (aikaan ja/tai läsnäoloon perustuva),
  - hälytyksien tarkistus ja vaadittavat toimenpiteet virheiden korjaamiseksi (tämä vaihe edellyttää, että järjestelmä on ollut toiminnassa ennen testiä vähintään kolme päivää),
  - tietojen keräys ja raportointi,
  - dokumentaation tarkistus.
- Viimeisenä varmistetaan koko ohjausjärjestelmän toimivuus lyhennetyllä kenttätestillä, jossa tehdään vähintään seuraavat toimenpiteet:
  - hälytyksien tarkistus,
  - manuaalisen ohjauksen testaus pistokokein,
  - automaattisen ohjauksen toimivuuden tarkistus pistokokein,
  - tietojen keräys ja raportointi,
  - dokumentaation tarkistus.
- Palveluun sisältyy käyttöönottovaiheessa kolme päivän mittaista koulutusta.
- Palveluun sisältyy yksi vuosittainen puolen päivän mittainen kertauskoulutus.
- Kaikkiin koulutuksiin sisältyy tarvittavat tilat sekä tarvikkeet ja ne järjestetään xx henkilölle.

Tie- ja katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän kysely

- Ohjausjärjestelmän lyhyt kuvaus.
- Palvelun lyhyt kuvaus.
- Kuka vastaa palvelun tuottamiseen tarvittavista laitteista, palvelun toimivuudesta, teknisestä dokumentoinnista, päivityksistä ja palvelimien hallinnasta, valvonnasta ja varmistuksista?
- Miten ohjausjärjestelmän kunnossapito on toteutettu? Miten vastuualueet on jaettu? Kuka hoitaa valvonnan ja kunnossapidon virka-aikoina ja niiden ulkopuolella?
- Miten edellisessä kohdassa mainittuja seikkoja voisi mielestänne parantaa?
- Onko tulevaisuudessa kokonaispalveluna toimiva palvelusopimus yleisin ratkaisu ohjausjärjestelmän osalta (palveluntoimittaja vastaa palvelun tuottamiseen tarvittavista laitteista, palvelun toimivuudesta, teknisestä dokumentoinnista, päivityksistä ja palvelimien hallinnasta, valvonnasta ja varmistuksista)? Vai jokin muu? Miksi?
- Mitä tilaajan tulisi vaatia toimittajalta järjestelmän kehittämisen suhteen, jotta palvelun käyttäminen olisi mahdollista myös järjestelmien ja päätelaitteiden kehityksen myötä?
- Miten ohjausjärjestelmän versiopäivitykset toteutetaan? Mitkä päivityksien toteutukset ovat tilaajan päätettävissä (esim. voiko tilaaja päättää päivittääkö ohjelman uusimpaan versioon)?
- Mitä tietoliikenneratkaisuja järjestelmä nykyään käyttää? Mitkä ovat mielestänne ohjausjärjestelmän tietoliikennetarpeet lähitulevaisuudessa? Millä tietoliikenneratkaisulla tulevaisuuden tarpeisiin tullaan vastaamaan?
- Alla on esitetty joitakin tärkeimpiä vikailmoituksia tie- ja katuvalaistuksen ohjauksen osalta. Mitä muita vikailmoituksia suosittelette käytettävän? Onko jokin alla esitetty ominaisuus tarpeeton?
    - Keskuskohtaisessa ohjauksessa:
        - vika sähkönsyötössä, ulkovalaistus sammunut tai ei syttynyt ollenkaan
        - ulkovalaistuksen ohjaus ei toimi ja ulkovalaistusta joudutaan ohjaamaan varajärjestelmällä (astronominen kello)
        - ulkovalaistuskeskuksen ohjauslaitteeseen ei saada yhteyttä
        - poikkeava virta- tai tehoarvo, (raja-arvojen täytyy olla sellaiset, etteivät vaihesammutukset aiheuta tarpeettomia hälytyksiä)
        - valoanturin toimintavika
        - ulkovalaistuskeskuksen ovi on auki
    - Valaisinkohtaisessa ohjauksessa (jos sellaisia on):
        - vika valaisimessa, valaisin sammunut tai ei syttynyt ollenkaan,
        - ohjaus ei toimi
- Mitkä ovat yleisimmät vikatilanteet ohjausjärjestelmään liittyen?
- Mitkä vikailmoitukset aiheuttavat eniten vääriä/tarpeettomia hälytyksiä?
- Näettekö valaisinkohtaiset vikailmoitukset tarpeelliseksi?
- Miten vikailmoitusten määrä saadaan pidettyä hallinnassa järjestelmien laajentuessa (mm. yhä enemmän valaistuksia valaisinkohtaisella ohjauksella)?
- Miten vikailmoitusten luotettavuutta tulisi kehittää tulevaisuudessa?
- Alla on esitetty joitakin tärkeimpiä valaistuslaitteilta saatavia seurantatietoja tie- ja katuvalaistuksen osalta. Mitä muita seurantatietoja suosittelette käytettävän? Onko jokin alla esitetty tieto tarpeeton?
    - Keskuskohtaisessa ohjauksessa:
        - energian kulutus
        - jännite-, virta- ja tehoarvot,
        - ohjausryhmien käyttöajat ja -tiedot
    - Valaisinkohtaisessa ohjauksessa:
        - jännite-, virta- ja tehoarvot sekä
        - polttoaika

- Miten ohjausalueet (sytytys- ja sammutusalueet) kannattaa määritellä? Kuinka monta valoanturia ohjausaluetta kohti tulee olla vähintään? Mitkä ovat olleet suurimmat ongelmat valoanturreiden toiminnan suhteen? Miten valaistuksen ohjaus toimii, jos ensisijainen järjestelmä pettää?
- Suositteletteko valaistuksen ohjaukseen viikko- ja/tai vuosikalenteria? Miksi?
- Sisältyykö käyttämäänne järjestelmään omaisuudenhallintaa tai kunnossapidon työohjausta (tiketöintiä)? Millä tasolla? Jos ei, näkisittekö sellaisen tarpeelliseksi?
- Minkälainen raporttityökalu järjestelmässä on? Voisiko siitä saada yleisen kuvauksen?
- Miten tilaajan tiedon varmuuskopiointi tapahtuu? Kuinka usein?
- Mikä on tyypillinen koulutustarve tilaaja- ja urakoitsijatahoille?
- Miten tilaajan tietojen siirtäminen sopimuksen päätyttyä tyypillisesti tapahtuu?
- Onko tilaajan käyttötunnuksien määrä järjestelmässä tyypillisesti rajaton? Voiko järjestelmään luoda eritasoiset käyttäjätunnukset? Mitä tasoja tyypillisesti käytätte? Voiko käyttäjätunnukset rajata esim. toimenpide- ja urakka-alueittain?
- Voiko järjestelmää käyttää iOS-, Windows-, Android- ja Linux-laitteilla ilman ohjelmisto- ja sovellusasennuksia tai lisäosia erilaisissa verkkoselaimissa? Ilman laajennuksia?
- Onko järjestelmässä käytössä mobiilikäyttöliittymä? Miten mobiililaitteita voi käyttää valaistuksen ohjaukseen? Sisältääkö mobiililaitteiden käyttö paikannustoimintoja (esim. GPS)? Miten mobiilikäyttöliittymää on tarkoitus kehittää tulevaisuudessa?
- Missä koordinaatistossa järjestelmä toimii?
- Mitä tiedostomuotoja ohjelmaan tulee voida tuoda/viedä (import- ja export-toiminnot)?
- Mitä tiedostomuotoja ohjelmaan voi nykyisellään viedä (import- ja export-toiminnot)??
- Minkälaiset ohjausprofiilit valaisimille voidaan tehdä? Pystyykö sytytys- ja himmennysaikoja (pehmeä siirtyminen) säätämään?
- Ohjataanko ohjausjärjestelmällä erikoisvalaistuksia? Miten niiden ohjaus on toteutettu?
- Mitä ulkoisia antureita tai toimintoja näkisitte hyödylliseksi valaistuspylväisiin liitettävän nyt ja tulevaisuudessa?
- Kumman näette yleisellä tasolla luotettavammaksi; langattoman vai langallisen järjestelmän? Miksi?
- Muita kommentteja?
- Mikä on tie- ja katuvalaistuksen keskimääräinen vuosittainen polttoaika? Miten tähän on päädytty (arvio/laskemalla/mittaamalla)?
- Mitkä ovat hämäräkytkimien raja-arvot (lx) sytytykseen ja sammutukseen? Miten astronomisen kellon sytytys- ja sammutusajat on määritetty suhteessa auringonnousu ja -laskuaikoihin?
- Minkälaisen ohjausjärjestelmän toivoisitte teillä olevan käytössä viiden vuoden päästä? Minkälaiset tulevaisuuden visiot teillä on asian suhteen?