

Tie- ja katuvalaistuksen sähkötekniinen suunnittelu

Saku Friman

Opinnäytetyö

Joulukuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Friman, Saku-Petteri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2018
	Sivumäärä 62	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Tie- ja katuvalaistuksen sähkötekniinen suunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hytönen Vesa		
Toimeksiantaja(t) Hyvinkään kaupungin sähköyksikkö		
Tiivistelmä <p>Tie- ja katuvalaistus on osa kaupunkikuvaa ja sen kunnossapidosta Hyvinkäällä vastaa kaupungin sähköyksikkö. Sähköyksikön toimintaan kuuluu myös tie- ja katuvalaistuksen suunnittelu. Kaupungeilla on ollut tapana tehdä tie- ja katuvalaistussuunnitteluun suunnitteluohje, jota voidaan käyttää hyödyksi kaupungin omassa suunnittelussa ja tilanteissa, missä suunnittelua joudutaan ulkoistamaan. Hyvinkään kaupungilla tällaista suunnitteluohjetta ei vielä ole, ja nyt sen suunnittelemiselle on muodostunut tarve.</p> <p>Tavoitteena oli tutkia tie- ja katuvalaistussuunnittelun keskeisimpiä käsitteitä ja työvälineitä, joita voidaan käyttää hyödyksi suunnitteluohjeen teossa. Opinnäytetyön tarkoituksena on siis toimia tietoperustana tehtävälle suunnitteluohjeelle.</p> <p>Opinnäytetyön toteutuksessa on käytetty esimerkkinä Hyvinkäällä sijaitsevalle Martinkadulle tekemääni katuvalaistussuunnitelmaa, joka esitellään raportissa. Raportin alussa käydään läpi suunnitteluun liittyvää tietoperustaa, jota suunnittelija tarvitsee työssään. Tietoperusta koostuu yleisesti tealueiden valaisemisesta, valaistuksen perussuureista ja määrittelmästä, katuvalaistusverkon pääkomponenteista, valaistusluokista ja ohjauksista sekä teknisistä laskelmista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena voidaan pitää Hyvinkään kaupungin omien katuvalaistussuunnitteluun liittyvien toimintatapojen kartoittamista.</p> <p>Paras mahdollinen katuvalaistus saadaan aikaan, kun eri ammattikuntien suunnittelijoiden ja arkkitehtien välille tuodaan yhtenäiset toimintatavat. Suunnittelussa tarvitaan teknisten taitojen lisäksi myös hyviä ihmissuhdetaitoja.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Katuvalaistussuunnitelma, katuvalaistus, tievalaistus, suunnittelu		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Friman, Saku-Petteri	Type of publication Bachelor's thesis	Date December 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 62	Permission for web publication: x
Title of publication Electrotechnical planning of road lighting and street lighting		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Hytönen, Vesa		
Assigned by Electricity unit of city of Hyvinkää		
Abstract <p>Road and street lighting is part of a city's image, the maintenance of which is the responsibility of the electrical unit of the city of Hyvinkää. The operations of the electric unit also include road and street lighting design. Cities have used to make road and street lighting design guidelines that can be used for city planning and situations where outsourcing is required. City of Hyvinkää does not yet have that design guide, and now its design has become a necessity.</p> <p>The aim was to study the most important concepts and workflows of road and street lighting design that can be used to make design guidance, the purpose of which was to work as a knowledge base on design guidelines.</p> <p>The implementation of the thesis is based on the example of the street lighting of Martininkatu project in Hyvinkää, which is presented in the report. The beginning of the report provides a design-related knowledge base, which designers need in their work. The knowledge base generally consists of the lighting of road areas, of the basic quantities and definitions of lighting, the main components of the street light network, the lighting classes and controls as well as of electrotechnical calculations.</p> <p>As a result of this thesis, it is possible to map Hyvinkää city's own street lighting planning practices.</p> <p>The best possible street lighting is achieved when integrity is brought between designers of different professions and architects. In addition to technical skills, design also requires good personal relationships.</p>		
Keywords/tags (subjects) Street lighting design, street lighting, road lighting, design		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Tie- ja katuvalaistus	6
2.1	Valaistuksen merkitys.....	6
2.2	Katuvalaistus Hyvinkäällä	8
2.3	Valovirta	9
2.4	Luminanssi	10
2.5	Valovoima	11
2.6	Valaistusvoimakkuus	11
2.7	Häikäisy.....	12
2.8	Väriämpötila ja värintoistokyky.....	12
3	Tie- ja katuvalaistusverkon komponentit	13
3.1	Valaisimet ja lamputyytit.....	14
3.2	Kaapelointi.....	18
3.3	Suojaputket	20
3.4	Valaisinpylväät.....	20
3.5	Jalustat.....	23
3.6	Keskukset.....	24
4	Valaistusluokat	24
4.1	M-luokat	24
4.2	C-luokat.....	25
4.3	P-luokat.....	26
4.4	Valaistusluokkien valinta	27
5	Valaistuksen ohjaus	30
5.1	Ohjaustavat	30

5.2	Valaistuksen ajoittainen himmentäminen	32
6	Sähkötekniinen laskenta.....	33
6.1	Oikosulkuvirtalaskennat	33
6.2	Jännitteenalenema	35
6.3	Suurin johdinpituus	36
6.4	Kuormitettavuus.....	37
7	Suunnitelmat ja suunnittelun vaiheet.....	37
8	Martinkadun valaistus	39
8.1	Lähtökohdat.....	39
8.2	Pylväiden ja jalustojen valinta	39
8.3	Valaistusluokkien ja valaisintyyppin valinta	40
8.4	Keskukset ja kaapeloinnit	40
8.5	Sähkötekniiset laskennat.....	41
9	Pohdinta.....	44
	Lähteet.....	46
	Liitteet	48
Liite 1.	Tievalaistuksen himmennystaulukko	48
Liite 2.	Kuormitustaulukko	49
Liite 3.	Katuvalaistussuunnitelman tasopiirustus.....	50
Liite 4.	Pylväät ja jalustat.....	56
Liite 5.	Valaistusteknilliset laskennat	57
Liite 6.	Keskuskaavio.....	61
Liite 7.	Sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden vaaditut oikosulkuvirrat ..	62

Kuviot

Kuvio 1. Valovirta	9
Kuvio 2. Luminanssi	10
Kuvio 3. Valovoima	11
Kuvio 4. Valaistusvoimakkuus	12
Kuvio 5. (a) EH 400 Elohopeahöyrylamppu, (b) NA 600 T Suurpainenatriumlamppu, (c) MO 400 E40 Monimetallilamppu).....	14
Kuvio 6. LED-lampun ja valaisimen rakenne	17
Kuvio 7. Voimakaapeli AXMK 4x25 S.....	18
Kuvio 8. Riippukierrekaapeli AMKA 3x25+35	18
Kuvio 9. Asennuskaapeli MMJ 3x1,5 S	19
Kuvio 10. Maakaapeli MCMK 2x2,5/2,5	19
Kuvio 11. Esimerkki vakiovalovirtaohjauksen toiminnasta	32
Kuvio 12. Maanteiden suunnittelujärjestelmä.....	39

Taulukot

Taulukko 1. Taloudellisesti kannattavan tievalaistuksen liikennemäärät.....	8
Taulukko 2. Alenemakertoimet.....	11
Taulukko 3. Valon värivaikutelma	13
Taulukko 4. Värintoistoluokat	13
Taulukko 5. Valonlähteiden ominaisuudet	15
Taulukko 6. Katuluokkakohtaiset valaistuskorkeudet	21
Taulukko 7. Valaistuskorkeuksille suositellut varsipituudet	22
Taulukko 8. Pylväsjalustan halkaisija ja koko eri pylväskorkeuksille	23
Taulukko 9. M-luokat. Sulkeissa on 2006-vuoden vastaavat AL-luokat.....	25
Taulukko 10. C-luokat. Sulkeissa on 2006-vuoden vastaavat AE-luokat.....	25
Taulukko 11. M- ja C-luokkien vastaavuudet	26
Taulukko 12. P-luokat. Sulkeissa on 2006-vuoden vastaavat K-luokat.....	26
Taulukko 13. Maanteillä käytetyt M-luokat.....	27
Taulukko 14. Valintaparametrit M-valaistusluokalle	28

Taulukko 15. Hyvinkäällä käytetyt M-valaistusluokat.....	29
Taulukko 16. Kevyen liikenteen alueilla käytetyt P-valaistusluokat	30
Taulukko 17. Valintaparametrit P-valaistusluokalle.....	30
Taulukko 18. Jakeluverkon suurimmat sallitut sulakekoot.....	33
Taulukko 19. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (Ω/km) johdinlämpötilassa 80 °C	35
Taulukko 20. Valaistusryhmien pituudet ja kaapelityyppi	42
Taulukko 21. Kuormitusvirrat.....	42
Taulukko 22. Johtolähtöjen lasketut maksimipituudet.....	44

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Hyvinkään kaupungin sähköyksikkö. Opinnäytetyö on tarkoitettu Hyvinkään kaupungin tie- ja katuvalaistussuunnittelukäyttöön, ja sen pohjalta on tarkoitus laatia kaupungille oma tie- ja katuvalaistuksen suunnitteluohje. Raportin tarkoituksena on koota suunnittelun eri vaiheita ja tätä kautta selkeyttää ja tehostaa suunnittelijoiden työtä. Kaupunki ulkoistaa osan suunnittelusta, ja näin ollen työn perusteella laadittavan suunnitteluohjeen tarkoituksena on tuoda suunnittelulle yhtenäisyyttä ja tuoda suunnittelijoiden käyttöön tiivistetty tietopaketti.

Kaupungin tie- ja ulkoaluesuunnittelijat ovat toivoneet katuvalaistukseen liittyvää ohjeistusta, jossa käytäisiin läpi pylväiden sijoituspaikkoja. Näin ohjeistuksen tarkoituksena olisi selkeyttää myös muiden kuin sähkösuunnittelijoiden töitä. Olen itse toiminut Hyvinkään kaupungin sähköyksikössä sähköasentajana noin neljän vuoden ajan, ja myöhemmin työn kuvani on koostunut hyvin pitkälle katuvalaistussuunnittelusta. Tarkoitukseni oli alun perin tehdä kaupungin käyttöön pelkkä suunnitteluohje, mutta sen avulla syntyi mahdollisuus tehdä suunnitteluohjeessa käytävistä asioista myös insinöörityö.

Käytän työssäni esimerkkitapahtumana Hyvinkäällä jo rakennusvaiheessa olevaa Martinkadun tietyömaata, joka on yksi monesta kohteesta, joiden suunnittelu on tehty opinnäytetyön aikana. Martinkadun valaistuksen rakennussuunnitelman laatimisen sain työpöydälleni toukokuun alussa, ja se täytyi saada valmiiksi suhteellisen tiukalla aikataululla. Martinkatu on saneerauskohteena ja tällä hetkellä myös Hyvinkään kaupungin 2018 vuoden keulahanke, jonka kesto on arvioitu olevan noin kahdeksan kuukautta.

Hyvinkään kaupungin sähköyksikkö on kunnallisella sektorilla toimiva toimija ja sen toiminta on alkanut vuonna 1960. Sähköyksikön henkilövahvuuteen kuuluu tällä hetkellä 14 henkilöä, joista kolme työnjohtoon ja suunnitteluun. Sähköyksikön kunnossapidon vastualueelle kuuluvat kaikki kaupungin omistavat kiinteistöt, laitokset sekä katu- ja liikennevalot.

2 Tie- ja katuvalaistus

2.1 Valaistuksen merkitys

Tie- ja katuvalaistuksella tarkoitetaan valaisimia, jotka on sijoitettu tiealueiden reunoille valaisemaan ajoteitä ja kevyenliikenteen väyliä. Muita valaistavia kohteita ovat puistot sekä julkisivujen piha-alueet. Tie- ja katuvalaistuksen tehtävänä on valaista kohteita pimeinä ja hämärinä aikoina ja näin parantaa turvallisuutta ja ihmisten viihtyvyyttä. (Tievalaistuksen suunnittelu 2006, 8-9.)

Pimeällä ajotiellä ajettaessa tapaturman riski kasvaa 2...4 -kertaiseksi verrattuna valoisaan aikaan. Tie- ja katuvalaistus vaikuttaa ajoteiden turvallisuuteen ja vähentää pimeän ja hämärän ajan onnettomuusriskejä. Kaikista tieliikenneonnettomuuksista noin 32 % tapahtuu pimeinä aikoina. Näistä yleisimpiä ovat jalankulkija- ja eläinonnettomuudet ja törmäys pysähtyneeseen autoon tai kiinteään esteeseen ajoradalla tai sen ulkopuolella. Teiden valaiseminen vähentää eniten vakavien tieliikenneonnettomuuksien määrää. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 10.)

Suomessa valtio vastaa maanteiden valaistuksen rakentamisesta, ja kunnossapidon hoitavat ELY-keskukset (elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus). ELY-keskusten toimintaa ohjaa tienpitoviranomaisena toimiva Liikennevirasto. Valtion ja kuntien tehtävänä on vastata omistamistaan katuvaloista ja niihin liittyvistä uudistamis- ja parantamiskustannuksista. Valtion on osallistuttava kunnan omistamien valaistuksien uudistamis- ja parantamiskustannuksiin, jos se on perusteltua liikenneturvallisuussyistä. Kunta voi halutessaan rakentaa valaistuksen huomattavasti korkealuokkaisemmaksi kuin Liikenneviraston ohjeistuksessa sanotaan, mutta kunta vastaa tällöin syntyvistä lisäkustannuksista. (Kunnan ja valtion kustannusvastuun periaatteet maantien pidossa 2010, 12-13; Liikenne n.d)

Kevyen liikenteen tiet

Kevyen liikenteen väylän ollessa tarpeeksi lähellä ajorataa, pyritään molemmat tiet valaisemaan samalla valaistuksella. Maantieosuuksilla, joissa kevyen liikenteen väylä

on sijoitettuna kauemmaksi ajoradasta ja sen valaistuksesta, käytetään siitä nimitystä rinnakkaistie. Rinnakkaisteillä kevyen liikenteen väylä valaistaan erikseen, mutta se ei saa häiritä ajoradan visuaalista ja optista ohjausta. Kevyenliikenteen väylälle sijoittuvat alikulkutunnelit täytyy valaista aina, jos niitä käytetään pimeänä aikana. Valoisana aikana valaistus täytyy toteuttaa, jos alikulkutunnelin pituus ylittää 25 metriä tai tunnelin pituus on yli kuusi kertaa sen leveys. (Tievalaistuksen toimintalinjat 2006, 10; Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 14.)

Moottori- ja moottoriliikennetiet

Moottoritiellä valaistavia osuuksia ovat normaalisti tien aloituskohdat sekä kaupungin ohitse kulkevat tieosuudet. Liittymäkohdat, joiden nokkaväli on alle 2000 metriä, sekä kaikki alle 1500-metriset valaisemattomat tieosuudet, jotka jäävät kahden valaistun tieosuuden väliin, on valaistava. Valaistuksen tarve voidaan perustella myös pelkän liikennemäärän perusteella. Liikennemäärästä riippuen moottori- ja moottoriliikenteen ramppien, risteävien teiden, sekä palvelu- ja levähdysalueiden valaiseminen on kannattavaa. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 12.)

Muut tiealueet

Liikennemäärästä riippumatta tulee valaistus toteuttaa seuraavissa kohteissa: satama-alueet ja -laiturit, tunnelit, avattavat sillat, raja-asetat, maanteiden asema-kaava-alueet sekä taajama-alueella olevat valta- ja kantatiet. Poikkeavat tiealueet, kuten valaistujen tieosuuksien väliin jäävät alle 500-metriset alueet sekä vilkasliikenteiset- ja liikennevaloilla ohjatut tieosuudet, tulee valaista. Vilkasliikenteisillä teillä tarkoitetaan tieosuuksia, jotka vievät esimerkiksi sairaaloille tai kouluille. Tiealueet voidaan myös valaista, jos se katsotaan tarpeelliseksi liikennemäärän perusteella (taulukko 1). (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 13.)

Taulukko 1. Taloudellisesti kannattavan tievalaistuksen liikennemäärät (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 12)

Tieluokka	KVL (ajon/d)	
Kaksiajorataiset valta- ja kantatiet		
Moottoritie	40 000	
Nelikaistainen keskialueellinen tie	20 000	
tasoliittymin	34 000	
Nelikaistainen keskikaiteellinen tie	23 000	
Keskikaiteellinen ohituskaistatie		
Yksiajorataiset tiet	Liittymätiheys (kpl/km) *	
	2	5
Valta- ja kantatie	7 000	3 000
Seutu- ja yhdystie	2 500	1 500

Yleiset vaatimukset

Tie- ja katuvalaistuksen täytyy olla riittävän hyvä täyttääkseen valaistukselle asetetut laatuvaatimukset. Vaatimuksien tulee olla standardin SFS-EN 13201-2 mukaiset. Tienkäyttäjän täytyy kyetä havaitsemaan tiealueella tai sen läheisyydessä oleva este ja kyetä hahmottamaan omaa liikkumistaan tiehen ja muihin tienkäyttäjiin verrattuna. Tienkäyttäjän täytyy kyetä hahmottamaan tien jatkuvuus sekä muoto ilman, että valaistus vaikuttaa häiritsevästi tienkäyttäjään. Kevyen liikenteen väylille asetettuihin valaistusvaatimukseen kuuluu myös autoilijan kyky nähdä jalankulkijat ja pyöräilijät. Erilaisissa liikenneolosuhteissa näkyvyysvaatimukset vaihtelevat, ja näin ollen valaistuksen tasojenkin on muututtava. Eritasoisilla tieosuuksilla tulee käyttää tilanteen mukaan sopivia valaistusluokkia. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 21.)

2.2 Katuvalaistus Hyvinkäällä

Katuvalaistuksen kokonaisenergiankulutus oli Hyvinkäällä vuonna 2017 4 857 MWh:a (megawattitunti). Yksittäisen valaisinpisteen energiankulutus oli 375 kWh:a (kilowattitunti), joka on saatu valaisinpisteiden sen hetken tarkan lukumäärän perusteella. Energiankulutuksien perusteella valaisinpisteitä oli noin 13 000 vuonna 2017. Tievalokeskuksia kaupungin alueella on 156, joista sähköyksiköllä on laadittuna hallinta-

alue kartta, missä näkyy keskuksen numero, sijainti ja sen hallinnoima alue. (Hyvinkään ympäristöraportti 2017, 22-26.)

Katuvalaistusta on uusittu järjestelmällisesti vuodesta 2006 alkaen. Kaupungin katuvalaistusta pyritään koko ajan muuttamaan energiatehokkaammaksi korvaamalla vanhoja kaasupurkauslamppuja, kuten suurpainenatrium, elohopea -ja monimetallivalaisimia ledeillä. Energiatehokkaamman valaistuksen myötä säästövaikutukset ovat laskennallisesti noin 2 248 MWh vuodessa. Rahallisesti se vastaa noin 200 000 € vuodessa. Säästöjä on kyetty luomaan myös haja-asutusalueiden ympärivuotisilla yösammutuksilla, sekä kesäaikaisilla sammutuksilla keskustataajamissa ja ydinkeskustan ulkopuolella. (Hyvinkään ympäristöraportti 2017, 22-26.)

Hyvinkään kaupungin kaikki uudet tilattavat valaisimet ovat pelkästään ledejä. Näin ollen kaupunki on luopunut kaikista muista valonlähdetyypeistä. Vanhoja mutta täysin käyttökelpoisia kaasupurkausvalaisimia löytyy vielä varastoista ja niitä pyritään vielä vaihtamaan niille soveltuville alueille. Varastot olisi tarkoitus käyttää tyhjiksi kaasupurkausvalaisimista ja saada järjesteltyä lisää tilaa uusille LED-valaisimille.

2.3 Valovirta

Valovirralla (Φ) tarkoitetaan lampun tuottamaa näkyvän valon säteilytehoa. Valovirralla siis kuvataan lampusta saatavan valon määrää kokonaisuudessaan (ks. kuvio 1). Valovirran yksikkö on SI-järjestelmään kuuluva luumen (lm) ja se saadaan laskettua kaavalla 1. (Valaistustekniikka 2008.)



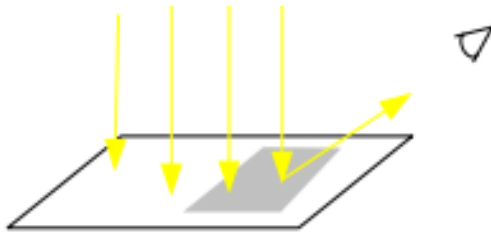
Kuvio 1. Valovirta (Perussuureet 2008)

$$lm = cd(kandela) * sr(steradiaani) \quad (1)$$

Valovirran ilmaisemaa valontuottoa käytetään valaistuslaskennassa valaisimien hyötysuhteiden arviointiin. Valovirran avulla voidaan johtaa käsite valotehokkuus (lm/W), joka kuvaa valovirran ja lampun sähkötehon suhdetta. (Valaistustekniikka 2008.)

2.4 Luminanssi

Luminanssilla (L) tarkoitetaan tien pinnasta tiettyyn suuntaan heijastuvaa valovoimaa suhteessa näkyvään projektiopinta-alaan (ks. kuvio 2). Luminanssilla siis ilmaistaan tien pintakirkkaus ja sen valotiheys. Luminanssin yksikkö on SI-järjestelmään kuuluva kandela per neliömetri (cd/m^2) ja se saadaan laskettua kaavalla 2. (Valaistustekniikka 2008.)



Kuvio 2. Luminanssi (Perussuureet 2008)

$$L = \frac{I(\text{valovoima})}{A(\text{pinta-ala})} \quad (2)$$

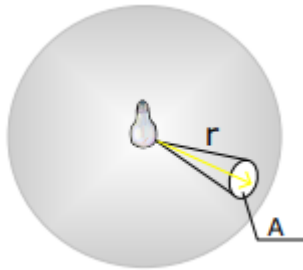
Keskimääräisellä luminanssilla kuvataan koko ajoradan luminanssiarvojen aritmeettistä keskiarvoa. Mitoituksessa havaitsija sijoitetaan kaikkien ajokaistojen keskelle, josta pienin arvo on mitoittava. Keskimääräisen luminanssin liiallinen nostaminen vaikuttaa heikentävästi näköetäisyyteen, mutta hyvin mitoitetuna parantaa reaktioaikaa, havaitsemista ja liikkeen arviointia. Ajan myötä valaisimien kuvut kuitenkin likaantuvat, ja sen seurauksena luminanssiarvot heikkenevät. Likaantumiseen vaikuttaa valaisimen rakenne, asennuskorkeus sekä ilman kosteus ja epäpuhtaudet. Likaantuminen huomioidaan valaistuslaskennassa alenemakertoimien avulla (taulukko 2). (Tievalaistuksen suunnittelu 2006, 14.)

Taulukko 2. Alenemakertoimet (Tievalaistuksen suunnittelu 2006, 15)

Kotelointiluokka	Perusarvo	Liikenneympäristö	
		Puhdas	Likainen
IP 6X	0,80	0,85	0,70
IP 5X	0,70	0,75	0,60
IP 4X	0,60	0,65	0,50

2.5 Valovoima

Valovoima (I) on valaistustekniikan perussuure, jolla kuvataan valaisimesta tiettyyn suuntaan lähtevää valon voimakkuutta (ks. kuvio 3). Valovoiman yksikkö on SI-järjestelmään kuuluva kandela (cd) ja se saadaan laskettua kaavalla 3. (Valaistustekniikka 2008.)



Kuvio 3. Valovoima (Perussuureet 2008)

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (3)$$

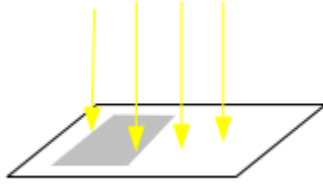
$$d\Phi \text{ (valovirta) avaruuskulmaan } d\omega = \frac{A}{r^2}$$

Valaistuslaskennassa valovoiman avulla pystytään määrittelemään lamppujen ja valaisimien valonjakoa. Valonjako ilmaistaan normaalisti valonjakokäyrillä. (Valaistustekniikka 2008.)

2.6 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuudella (E) tarkoitetaan valovirran tiheyttä tarkasteltavan kohteen pinnassa (ks. kuvio 4). Valaistusvoimakkuuteen määritetyllä pinta-alalla vaikuttaa

suoraan valonlähteestä tuleva valo, sekä muista pinnoista heijastuva ja kimpoava valo. Valaistusvoimakkuuden yksikkö on SI-järjestelmään kuuluva luks (lx) ja se saadaan laskettua kaavalla 4. (Valaistustekniikka 2008.)



Kuvio 4. Valaistusvoimakkuus (Perussuureet 2008)

$$lx = \frac{lm \text{ (luumen)}}{m^2 \text{ (neliometri)}} \quad (4)$$

Valaistuskennassa valaistusvoimakkuuden avulla voidaan mitoittaa valaistuksen määrällistä tarvetta. Valaistusvoimakkuudessa pätee neliölaki, eli mitä lähempänä valonlähde on valaistavaa pintaa, sitä suurempi valaistusvoimakkuus on. Valaistusvoimakkuus voidaan laskea ja mitoittaa hyvin tarkasti siihen tehdyillä laskentaohjelmilla, esimerkiksi DIALux:lla. (Valaistustekniikka 2008.)

2.7 Häikäisy

Häikäisy on valaistuksen epäkohta, ja se pitää ottaa huomioon valaistussuunnittelussa. Häikäisy voi olla epäsuoraa, missä valo kimpoaa heijastavasta pinnasta tai suoraa häikäisyä, missä valo tulee suoraa valonlähteestä. Häikäisyä muodostuu silloin, kun luminanssipitoisuus nousee niin suureksi, että silmä ei pysty enää sopeutumaan siihen. Tie- ja katualueiden valaistuksissa häikäisy ilmoitetaan normaalisti GR-arvolla (häikäisyn aste). Mitä suurempi GR-arvo sitä suurempi häikäisy. (ST 58.04 2017.)

2.8 Väriämpötila ja värintoistokyky

Väriämpötila ilmoitetaan kelvineinä (K), joka kertoo valon värin kyseisessä lämpötilassa. Korkea lämpötila tuottaa valkoista ja kylmää valoa, kun taas matala lämpötila

punertavaa ja lämmintä valoa. Led- ja purkauslamput on asetettu oma ekvivalenttinen värilämpötila, joka kuvastaa valosta saatavaa värivaikutelmaa (taulukko 3). (ST 57.40 2017.)

Taulukko 3. Valon värivaikutelma (ST 57.40 2017, 3)

Väri-laji-ryhmä	Ekvivalenttinen värilämpötila, K	Värivaikutelma
1	< 3300	Lämmin
2	3300...5300	Neutraali
3	> 5300	Kylmä

Värintoistokyky on jaettu paremmuusluokkiin, mitä kuvataan kansainvälisen valaistuskomission CIE (Commission internationale de l'Eclairage) laatimalla värintoistindeksillä (Ra-indeksi), joka mittaa kuinka hyvin valonlähde kykenee toistamaan värejä (taulukko 4). Mitä korkeampi Ra-arvo on asteikolla 0...100, sitä luonnollisemmin värit toistuvat. (ST 57.40 2017.)

Taulukko 4. Värintoistoluokat (ST 57.40 2017, 4)

Värintoistoluokka	Värintoist ominaisuudet	R_a
1A	erittäin hyvät	$R_a \geq 90$
1B	hyvin hyvät	$80 \leq R_a < 90$
2	hyvät	$60 \leq R_a < 80$
3	tydyttävät	$40 \leq R_a < 60$
4	välttävät	$20 \leq R_a < 40$

3 Tie- ja katuvalaistusverkon komponentit

Katuvalaistusverkkoon kuuluu useita eri komponentteja. Katuvalaistusverkon komponenteiksi luokitellaan kaikki valaistuksessa tarvittavat kalusteet ja laitteet kuten lamput, valaisimet, pylväät, kiinnikkeet, sähkölaitteet sekä kaikki kiinteät rakenteet. Valaistuksessa käytettyjen komponenttien täytyy olla helposti huollettavissa ja vaihdettavissa. Komponenttien tulee kestää ruostumista, ilkivaltaa ja sään aiheuttamia haittoja. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 87)

3.1 Valaisimet ja lampputyypit

Lamppu toimii valaisimen sisällä itse valonlähteenä ja valaisimella tarkoitetaan koko kokonaisuutta, joka koostuu lampusta, kuvusta, tasolasista ja kaikista lisälaitteista, jotka ovat sijoitettu valaisinrakenteen sisälle. Valaisimilta vaaditaan vähäistä likaantumista, sekä esteetöntä puhtaanapito mahdollisuutta. Valaisimen tarkoitus on suunnata valonlähteen tuottamaa valoa tienpintaan, jotta siitä ei aiheutuisi tarpeetonta ja haitallista hukkavalaistusta. Katuvalaisimissa valonlähteenä käytetään pääasiassa ledejä sekä erilaisia kaasupurkauslamppeja, kuten suurpainenatrium, elohopea- ja monimetallilamppeja (ks. kuvio 5). LED-lamppujen käyttö on kuitenkin yleistynyt vuosien aikana paljon, niiden hyvän valotehokkuuden ja pitkän käyttöiän johdosta. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 87.)



Kuvio 5. (a) EH 400 Elohopeahöyrylamppu, (b) NA 600 T Suurpainenatriumlamppu, (c) MO 400 E40 Monimetallilamppu) (Finnparttia n.d)

Valaisimen valinnassa tulee huomioida kaikkien valaistusteknillisten vaatimusten täyttyminen sekä valonjako-ominaisuuksien soveltuvuus kohteeseen mahdollisimman taloudellisella tavalla. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 89.)

Tärkeimpiä ominaisuuksia valaistuksen kannalta ovat valonlähteen valotehokkuus, polttoikä, valovirta, valovirran alenema, valon väriominaisuudet, hinta, sekä valon himmennys- ja suunnattavuus ominaisuudet. Valaistuksessa tulee huomioida myös

valaisimen liitäntäteho, joka koostuu nimellistehosta ja liitäntälaitteiden aiheuttamista tehohäviöistä. Muita huomioitavia asioita ovat valaisimen optiikka, sekä syttymiseen ja palamiseen käytettävät lisälaitteet. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 87.)

Tie- ja katuvalaistuksessa käytettävien valaisimien käyttötarkoitusta ja ominaiskuusua voidaan tarkastella taulukon 5 avulla. Kaupungin pääsääntöisessä käytössä olevat LED-valaisimet kehittyvät kuitenkin niin nopeasti, että niiden ominaisuudet tulee hankkia ja varmistaa valmistajalta. Taulukkoon 5 ei ole merkitty ledien valotehokkuutta ja polttoikää, koska ne heittelevät paljon käyttösovelluksen ja valaisintyyppin mukaan.

Taulukko 5. Valonlähteiden ominaisuudet (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 88)

Valonlähde	Valotehokkuus lm/W	Polttoikä 1000 h	Värintoisto- indeksi R _a	Väriämpötila K
Suurpainenatrium	70–150	12–48	20–65	2000–2200
Monimetalli, keraaminen	70–125	5–30	65–95	2700–4200
LED	*	**	60–90	3000–7000

Tie- ja katuvalaistuskäyttöön tarkoitetuilla LED-valaisimilla valotehokkuus oli vuonna 2014 noin 70-130 lm/W ja luvattu polttoikä noin 50-100 000 tuntia. Nykyään valaisinvalmistajat lupaavat valotehokkuudeksi parhaimmillaan jopa 150 lm/W.

Elohopeahöyrylamppu

Elohopeahöyrylamppun toiminta perustuu korkeapaineiseen elohopeahöyryyn. Lampun pinta on käsitelty loisteaineella, joka muuttaa lampun tuottaman ultraviolettisäteilyn näkyväksi valoksi. Valotehokkuus lamppuilla on noin 20-45 lm/W, mikä on kaikkein huonoin purkauslamppuista. Elohopealamppun rakenne on luotettavan yksinkertainen, mutta sen valovirta laskee radikaalisti polttovuosien aikana ja tämän takia sen hyödyllinen polttoikä on vain noin 16 000 tuntia. Lampun tuottama väriämpötila on noin 3800-4000 K, joka vastaa väriltään suhteellisen valkoista valoa. Elohopealamppujen tuominen markkinoille kiellettiin 13.4.2015 alkaen ja niiden käyttö tulee loppumaan kokonaan lähivuosien aika. (ST 58.08 2018, 11.)

Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlampun toiminta perustuu natriumhöyryssä syntyvään purkaukseen, missä valontuotto on erittäin hyvä. Värintoisto suurpainenatriumlampuilla on kuitenkin huonoa sen tuottaessa kellertävää valoa. Elinikä lamput vaihtelee 12 000-48 000 tunnin välillä, riippuen lampun tehosta. Mitä suurempitehoinen lamppu, sitä pidempi sen polttoikä on. Suurpainenatriumlamput tulivat markkinoille korvaamaan pääasiassa vanhoja elohopealamppuja ja ne ovat vielä yleinen näky kaupunkikuvassa, mutta nekin tullaan korvaamaan lähivuosina ledeillä. (ST 58.08 2018, 9-10.)

Monimetallilamppu

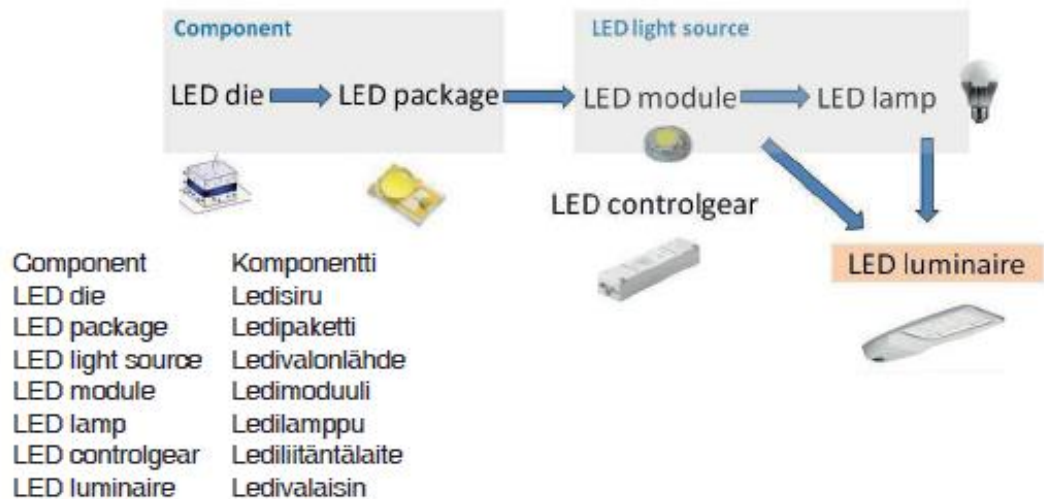
Monimetallilamppu on toiminnaltaan lähes samanlainen kuin elohopeahöyrylamppu, mutta sen suurpaineisessa purkausputkessa käytetään elohopean lisäksi myös muita halogeeniyhdisteitä. Lamppujen valoteho on hyvä, mutta niiden elinikä on kohtalaisen lyhyt, riippuen lampputyypistä. Monimetallilamppuja on käytetty korvaamaan kellertävää valoa tuottavia suurpainenatriumlamppuja, kun on haluttu saada aikaan parempaa värintoistokykyä. Monimetallilamppujen moninkertainen hinta verrattuna muihin purkauslamppuihin on kuitenkin rajoittanut lamppujen vaihtoa. Monimetallilamput ovat vielä yleinen näky kaupungissa, mutta suurin osa varsinkin pienitehoisista lamput on pyritty korvaamaan ledeillä. (ST 58.08 2018, 9.)

LED-lamput ja valaisimet

Ledit soveltuvat mainiosti kaikkien kaasupurkauslamppujen korvaajiksi ja niitä voidaan käyttää monipuolisesti eri kohteissa. Ledeillä on myös erittäin hyvä kylmänkestokyky. (ST 58.08 2018, 7.)

Ledien valonlähteenä toimii LED-moduuli, joka koostuu puolijohde ledisiruista rakennetuista ledipaketeista, joita on yksi tai useampi (ks. kuvio 6). Ledipaketit ovat kiinnitettynä toisiinsa pintaliitostekniikan avulla. Ledien optiikka, lämmönsiirtotekniikka, sekä sähköliitännäiset osat ovat sijoitettu ledipaketteihin ja moduuleihin. Ledi tarvitsee liitännälaitteen, joka voidaan asentaa erilleen tai kiinteästi LED-moduulin mukaan. Jos liitännälaitte on asennettu kiinteästi moduuliin, sitä ei voida vaihtaa tai poistaa valaisimesta. LED-lamppu on omalla kannalla varustettu valonlähde, kun taas

LED-valaisimella tarkoitetaan suoraan valaisimen rakenteeseen asennettuja ledimoduuleita. LED-lamppu sisältää yhden tai useamman ledimoduulin ja sen voidaan asentaa suoraan perinteisen kaasupurkauslampan tilalle. Perinteisille valaisimelle ei tarvitse tehdä muutostöitä, kun vanhat purkauslamput korvataan ledeillä. (ST 58.08 2018, 12.)



Kuvio 6. LED-lampun ja valaisimen rakenne (ST 58.08 2018, 12)

LED-valaisimien eliniän yhteydessä käytetään kansainvälisiä standardiarvoja, joilla kuvataan LED-moduulin ja LED-liitäntälaitteen elinikää. Moduulien elinikä ilmoitetaan L-arvoilla, joilla tarkoitetaan prosentuaalista valovirran määrää suhteessa uuteen valaisimeen, ilmoitetun eliniän kuluttua. L-arvon yhteydessä käytetään myös B- tai C-arvoja, mikä kertoo L-arvon tarkkuuden. Valaisimien eliniän yhteydessä käytetty B-arvo on yleensä B50, eli 50 % valaisimista saavuttaa L-arvon ilmoitetun ajan kuluttua. C-arvo kertoo prosentuaalisesti, kuinka monen valaisimen moduulit tai muut elektronikkakomponentit ovat rikkoutuneet ilmoitetun ajan kuluttua. (Mitkä tekijät vaikuttavat led-valaisimen elinikään n.d.)

Esimerkki valaisimen, jonka ilmoitettu elinikä on (80 000h L90B50) tarkoitetaan, että 80 000 tunnin päästä 50 % valaisimista on pudottanut valotehokkuutensa ≥ 90 % verrattuna uuteen valaisimeen.

3.2 Kaapelointi

Ulkovalaistus kaapeloidaan pääasiassa maakaapelilla. Mikäli kaapelointi kuitenkin päätetään toteuttaa ilmajohtona, siitä on sovittava tilaajan kanssa erikseen. Maa- ja ilma-kaapeloineissa käytetään johdinmateriaalina pääasiassa alumiinia, sen ollessa kuparia huomattavasti halvempaa. (Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen suunnitteluohje 2017, 19-20.)

Hyvinkäällä maakaapelointi toteutetaan tavallisesti 4-napaisella poikkipinta-alaltaan 25 mm² alumiinikaapelilla (AXMK 4x25 S) (ks. kuvio 7). Jos maakaapelin asennussyvyyden tiedetään jäävän alle 0,5 metrin, voidaan tilannekohtaisesti käyttää kaapelityyppiä AMCMK 3x25+16.



Kuvio 7. Voimakaapeli AXMK 4x25 S (AXMK voimakaapeli n.d)

Jos kaapelointi rakennetaan ilmajohtona, tuulee siinä käyttää teräksisellä kannatusvaijerilla varustettua riippukierrekaapelia AMKA 3x25+35 (ks. kuvio 8). Tilannekohtaisesti voidaan käyttää poikkipinta-alaltaan suurempaa kaapelityyppiä AMKA 3x35+50. Poikkeavaa kaapelityyppiä käytettäessä tulee suunnittelijan hyväksyttävä se tilaajalla ja varmistaa kaapelin oikeanlainen suojaus. (Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen suunnitteluohje 2017, 19-20.)



Kuvio 8. Riippukierrekaapeli AMKA 3x25+35 (AMKA riippukierrekaapeli n.d)

Valaisinpylvään sisällä kulkevan valaisinjohton tulee olla poikkipinta-alaltaan 1,5 mm² paksuista 3- tai 5-napaista MMJ asennuskaapelia (ks. kuvio 9). Mikäli valaisimelle tulee viedä lisäjohtimet ohjauksia varten, tulee käyttää 5-napaista johdinta. Jos valaisinpylväessä on useampi valaisin, tulee jokainen valaisin kytkeä omaan vaihejohtimeen.

Liikennevirasto ilmoittaa valaisinjohton poikkipinta-alaksi 2,5 mm², mutta Hyvinkäällä pylväät on varustettu omilla 10 A sulakkeilla, jonka perusteella voidaan käyttää 1,5 mm² johdinta.



Kuvio 9. Asennuskaapeli MMJ 3x1,5 S (MMJ asennuskaapeli n.d)

Poikkeavat kohteet, kuten aluevalaisimet ja bussipysäkkien katokset voidaan tarpeen mukaan kaapeloida 2,5 mm² paksuisella 5- tai 3-napaisella MCMK maakaapelilla (Kuvio 10). Pysäkkien ja aluevalaisimien syöttö otetaan tavallisesti lähimmältä valaisinpylväältä ja pylväs tulee tällöin varustaa 16 A sulakkeella. (Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen suunnitteluohje 2017, 20.)



Kuvio 10. Maakaapeli MCMK 2x2,5/2,5 (MCMK voimakaapeli n.d)

Ulkovalaistuksen maadoituselektrodina käytetään 16 mm² avokuparia. Cu16-kuparilangan pituus on vakiona 25 metriä. Ulkovalaistuskeskuksella tulee olla oma maadoituselektrodi ja kaapeloinnin nollajohdin tulee maadoittaa enintään 200 metrin päästä syöttöpisteestä. Maadoitusjohdin tulee kaivaa maahan aina kaapelihaarojen

loppupäissä ja pidemmissä kaapeloinneissa enintään 200 metrin välein. (Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset 2007, 20.)

3.3 Suojaputket

Ulkovalaistuksen maakaapeloinnit tulee suojata aina tarpeenmukaisella suojaputkituksella. Hyvinkään kaupungilla ulkovalaistuksen suojaputkitus toteutetaan pääasiassa PVC-eristeisellä TEL 75 (putken halkaisija 75mm), joka on jaettu A- ja B-luokkiin. Teiden ja katujen ylityksissä käytetään kestävämpää A-luokan putkea ja muissa tapauksissa B-luokkaa.

Jos kaapelin tiedetään suunnitteluvaiheessa jäävän alle 0,5 metrin syvyyteen, tulee katujen alituksissa käyttää suojaputkea, jonka rengasjäykkyys on $\geq 60 \text{ kN/m}^2$ ja muissa tapauksissa $\geq 30 \text{ kN/m}^2$. Suunnittelijan tulee hyväksyttää suojaputken tyyppi tilaajalla. (Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen suunnitteluohje 2017, 20.)

3.4 Valaisinpylväät

Tievalaistus voidaan toteuttaa puu- tai metallipylväillä. Pylvästyypin ja kaapelointitapa päätetään tievalaistuksen yleissuunnitelmassa. Metallin- ja puupylväät voidaan molemmat kaapeloida ilma- ja maakaapelilla. Metallipylväiden ilmakaapelointi on kuitenkin harvinaista.

Pylvästyypin valintaan vaikuttaa ulkonäkö, muut lähistöllä olevat pylväät, sekä mille tieosuudella tai alueelle pylväät tullaan sijoittamaan. Maakaapeloitu metallipylväs on yleisin vaihtoehto kaupunkialueella. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 97.)

Liikennevirasto rajoittaa maahan upotettavien puupylväiden käyttöä, koska vanhoissa pylväissä käytetyt puunkyllästysaineet ovat nykyisin kiellettyjä ja uusien aineiden vaikutusta pylvään kestoikään ei osata vielä arvioida. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 98.)

Ulkovalaistussuunnitelmissa tulee pylväistä esittää seuraavat tiedot:

- johto- ja pylvästyypin (esim. maakaapeli ja metallipylväs),

- asennuskorkeus, valaisinvarren ulottuma ja tyyppi,
- pylvään käyttöolosuhde, jos se poikkeaa normaaleista olosuhteista,
- tiealueen nopeusrajoitus ja pylvään ominaisuus:
 - HE=törmäysturvallinen energiaa vaimentava pylväs,
 - NE=törmäysturvallinen väistyvä pylväs, mikä ei voi olla HE,
 - TU=törmäysturvallisen pylväs (kaikki törmäysturvalliset pylvääät käytävät),
 - JÄ=jäykkä pylväs (myös törmäysturvallinen pylväs käytävä).

(Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 99.)

Pylväsvalmistajat ilmoittavat tavallisesti pylväästään valaistuskorkeuden. Valaistuskorkeudella kuvastetaan pylvään maanpinnan yläpuolelle jäävä osuutta. Pylvään korkeus on siis todellisuudessa ilmoitettua valaistuskorkeutta korkeampi. Esimerkiksi pylväs, jonka ilmoitettu valaistuskorkeus on 8 metriä, sen todellinen korkeus on 8,6 metriä, joista 0,6 metriä jää maanpinnan alle pylväsjalustan sisään.

Hyvinkäälle määritetyt katuluokkakohtaiset valaistuskorkeudet sekä niiden varsipituudet on esitettyinä taulukoissa 6 ja 7.

Taulukko 6. Katuluokkakohtaiset valaistuskorkeudet

KATULUOKKA	VALAISTUSKORKEUS (Ha) m
Pääkadut	10, 12, 15
Kokoojakadut	8, 10, 12
Teollisuusalueiden kadut	8, 10
Kerrostaloalueiden tonttikadut	8
Omakoti- ja rivitaloalueiden tonttikadut	6, 8
Lyhyet tonttikadut	6
Kevyen liikenteen väylät	5, 6
Pysäköintialueet	6, 7, 8, 10, 12
Leikkialueet, puistot, aukiot, torit	5, 6, voidaan käyttää myös huomattavasti korkeampia asennuskorkeuksia

Valaistuskorkeuden perusteella voidaan määrittää valaisinvarren ulottuma taulukon 7 avulla.

Taulukko 7. Valaistuskorkeuksille suositellut varsipituudet

Valaistuskorkeus (H _A) m	Varren ulottuma (V _u) m					
6	0,0	0,5				
8	0,0	1,0	1,5			
10	0,0	0,2	1,0	1,5	2,0	2,5
12	0,0	0,2	1,0	1,5	2,5	3,0
15	0,0	0,2				
18	0,0	0,2				
20	0,0	0,2				

Pylväiden sijainti päätetään rakennussuunnitelmaa laadittaessa. Pylväät sijoitetaan ensin tärkeimpiin pisteisiin, kuten liittymien, suojateiden, siltojen, putkien ja johtojen läheisyyteen. Jäljelle jäävien vapaiden tieosuuksien valaisimet sijoitetaan toisistaan mahdollisimman lähelle valaistusteknillistä maksimietäisyyttä. Kun pylväsvälit on saatu selville, tehdään niiden perusteella lopulliset valaistusteknilliset laskennat. Valaistuksen ylimitoitusta voidaan tarvittaessa estää laskemalla valaisimien tehoa, jos pylväsväli lyhenee liian paljon. Valaisinpylvään sijainti tien ulkoreunoilla on tavallisesti pientareen reunasta mitoitettuna noin 1,6 metriä. Kyseisen etäisyyden ansiosta jyrkkäluskaisella penkereellä voidaan käyttää saman korkuisia pylväitä, kun loivaluskaisilla osuuksilla. Pylväille määritetyistä etäisyyksistä voidaan poiketa tietyissä olosuhteissa:

- ahtaissa- ja tietä levennettävissä paikoissa 0,8 metrin etäisyys tien reunaan on riittävä,
- pylvään jalustat eivät ole vesitiiviitä, joten pylväs tulee sijoittaa pohjavesialueella ojan pohjasta vähintään metrin päähän,
- alle kolmen metrin kapuisilla välialueilla tulee pylväs sijoittaa välialueen keskelle.

Keuyen liikenteen väylillä pylvään keskikohta tulee sijoittaa tien reunasta noin metrin päähän. Ahtaissa paikoissa pylväs voidaan tarpeen mukaan sijoittaa puolen metrin päähän. Jyrkkien alamäkien jälkeen tulee pylväiden sijaintia leventää 2-3 metriin tien reunasta, turvallisuuden parantamiseksi. Puut sekä muu kasvillisuus ei saa haitata va-

laistusteknillisten vaatimusten täyttymistä. Sen takia pylväät tulee sijoittaa puista vähintään kahden metrin päähän. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 100.)

3.5 Jalustat

Valaisinpylväiden jalustat on valmistettu normaalisti betonista. Jalustojen tulee täyttää Liikenneviraston asettama lujuus, säilyvyys, sekä muut laatuvaatimukset. Valaisinpylvään tavallisin kiinnitystapa on uppokiinnitys, jossa pylväs upotetaan jalustaan ja tuetaan jalustan sivuissa olevilla kiinnitysmuttereilla. Kyseinen kiinnitystapa on kaikista kestävin ja parhaimman näköinen. Jalustan suuaukolla on myös juurikumi, jonka tarkoituksena on estää mudan, hiekan ja veden pääsy jalustan sisälle. (Tien valaistuspylväiden ja jalustojen laatuvaatimukset 2010, 19.)

Valaisinpylvään korkeuden ja halkaisijan perusteella valitaan oikean kokoinen jalusta. Hyvinkään kaupunki käyttää pääasiassa Lujabetonin valmistamia jalustoja, joiden tyyppiä ja mitat on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Pylväsjalustan halkaisija ja koko eri pylväskorkeuksille (Valaisinpylväiden jalustat n.d)

JALUSTAN TYYPPI	SÄHKÖ- NUMERO	PYLVÄÄN- HALKAISIJA mm	PYLVÄÄN- KORKEUS m	JALUSTAN KORKEUS mm	PAINO kg	kpl / lava
RBJ - 2B	4607215	100 - 143	1 - 4	700	78	12
RBJ - 2.5B	4607224	100 - 143	1 - 5	915	105	6
RBJ - 3B	4607233	100 - 143	1 - 6	950	169	4
RBJ - 4B	4607245	100 - 143	4 - 8	1300	273	4
RBJ - 4B 4	4607202	100 - 143	4 - 8	1300	273	4
RBJ - 4.5B	4607257	128 - 168	6 - 10	1250	314	4
RBJ - 4.8B	4607278	128 - 168	8 - 11	1500	490	2
RBJ - 5B	4607266	150 - 224	8 - 12	1500	500	2
RBJ - 5B 6	4607204	150 - 224	8 - 12	1500	500	2
RBJ - 6B	4607287	150 - 224	8 - 15	1800	780	2
RBJ - 6/2200B	4607563	150 - 224	8 - 15	2200	1100	1
RBJ - 6.3B	4607210	215 - 278	10 - 15	1710	1000	1
RBJ - 6.5B	4607201	215 - 278	10 - 18	2000	1250	1

3.6 Keskukset

Keskukset ovat tavallisesti kaupunkialueella maahan asennettavia. Näin ollen pylväs-kiinnitteisiä kotelokeskuksia ei juurikaan käytetä. Jakokaapin pitää rakenteeltaan täyttää standardin SFS 2533 mukaiset vaatimukset ja kaapin sisäiset kalusteet tulee koteloida IP 34 luokituksen mukaan. Sulakkeiden tulee valaistusryhmien osalta olla hitaita, muuten tulee käyttää nopeita. Keskukset tulee numeroida ryhmäkohtaisesti pääkaavion perusteella ja keskuksella täytyy olla aina käyttöpiirustukset, sekä sulakkeita varalla. Keskuksien ovet täytyy kyetä lukitsemaan, normaalisti siihen käytetään kolmikaralukitusta. (Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset 2007, 23.)

4 Valaistusluokat

Valaistusluokkien avulla saadaan aikaan oikeanlainen valaistus, minkä tarkoituksena on parantaa liikenneturvallisuutta ja ympäristön valaistusta. Valaistus on jaettu luokkiin valaistusteknillisten ominaisuuksien perusteella. Ominaisuuksilla kuvastetaan havaitsemisen ja näkemisen keskinäistä suhdetta, mihin vaikuttavat seuraavat asiat:

U_0 = ajoradan yleistasaisuuden arvo

U_1 = ajoradan pitkittäistasaisuuden arvo

f_{T1} = kontrastinerotuskyvyn arvo (%)

R_{E1} = ympäristön valaistusvoimakkuuden suhdeluku

E_{hm} = vaakatason keskimääräinen valaistusvoimakkuus (lx)

(Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 22.)

4.1 M-luokat

M-luokat (taulukko 9) ovat tarkoitettu kuiville ja märkääpäällysteisille moottoriajoneuvoille suunnatuille kaduille ja teille, joiden ajonopeus on korkeahko. Valaistusteknilliset laskelmat tulee suorittaa ohjelmalla, joka täyttää SFS-EN 13201-3-standardin

määrittelemät vaatimukset. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 24.)

Taulukko 9. M-luokat. Sulkeissa on 2006-vuoden vastaavat AL-luokat (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 25)

Valaistusluokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Estohäikäisy	Vierialueen valaistus
	Kuiva		Märkä	Kuiva		
	L_m cd/m ² min	U_o min	U_t min	U_{ow} min	f_{π} %, max	R_{EI} min
M1 (AL1)	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M2 (AL2)	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M3a (AL3)	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,40
M3b (AL4a)	1,00	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M4 (AL4b)	0,75	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M5 (AL5)	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,40
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	15	0,40

4.2 C-luokat

C-luokat (taulukko 10) ovat tarkoitettu moottoriajoneuvoilla liikkuville ja muille tienkäyttäjille, alueilla missä luminanssiin perustuvaa tarkkailua ei voida käyttää hyödyksi. Tällaisia alueita ovat kiertoliittymät, mutkikkaat tasoliittymät ja muut konfliktialueet. Kyseinen luokitus toteutuu, kun ajoradan säännöllisesti näkyvä osuus on alle 60 metriä. Jos mahdollista, tulee C-luokissa käyttää taulukossa 9 esitettyjä estohäikäisyvaatimuksia. M- ja C-luokkien vastaavuudet on esitetty taulukossa 11. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 25-26.)

Taulukko 10. C-luokat. Sulkeissa on 2006-vuoden vastaavat AE-luokat (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 25)

Valaistusluokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	E_{nm} lx, min	U_o min
C0 (AE0)	50	0,40
C1 (AE1)	30	0,40
C2 (AE2)	20,0	0,40
C3 (AE3)	15,0	0,40
C4 (AE4)	10,0	0,40
C5 (AE5)	7,50	0,40

Taulukko 11. M- ja C-luokkien vastaavuudet (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 26)

Luminanssi	Valaistusvoimakkuus
M1 (AL1)	C1 (AE1)
M2 (AL2)	C2 (AE2)
M3a (AL3)	C3 (AE3)
M3b (AL4a)	C3 (AE3)
M4 (AL4b)	C4 (AE4)
M5 (AL5)	C5 (AE5)

4.3 P-luokat

P-luokat (taulukko 12) ovat tarkoitettu kevyelle liikenteelle jalkakäytävillä ja muilla ajoradan viereisillä asunto-, piha- ja pysäköintialueilla. P-luokkia käytetään myös maanteihin rinnastetuilla kevyen liikenteen väylillä. Vaakatason valaistusvoimakkuuden sijasta voidaan käyttää myös puolipallovalaistusvoimakkuutta, joka tulee valita standardi SFS-EN 13201-2 mukaan. Tämä tulee esittää myös rakennussuunnitelmassa. P-luokissa voidaan käyttää hankekohtaisesti estohäikäisyvaatimusta $f_{TI} \leq 20\%$. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 26.)

Taulukko 12. P-luokat. Sulkeissa on 2006-vuoden vastaavat K-luokat (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 26)

Valaistusluokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	$E_{hm}^{1)}$ lx, min	E_h lx, min
P1 (K1)	15,0	3,00
P2 (K2)	10,0	2,00
P3 (K3)	7,50	1,50
P4 (K4)	5,00	1,00
P5 (K5)	3,00	0,60
P6 (K6)	2,00	0,40

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

4.4 Valaistusluokkien valinta

Valaistusluokan valintaan vaikuttaa liikenteen ja tien ominaisuudet. Maanteillä tyypillisesti käytetyt valaistusluokat ovat taulukon 13 mukaiset silloin, kun tievalaistus on katsottu kannattavaksi taulukossa 1 (s. 8) esitettyjen liikennemäärien perusteella. Taulukon 13 mukaisia luokkia voidaan käyttää myös silloin, kun valaistusta tarvitaan sijainnin takia luvun 2.1 mukaan. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 28.)

Taulukko 13. Maanteillä käytetyt M-luokat (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 28)

TIELUOKKA	VALAISTUSLUOKKA
KAKSIAJORATAISET VALTA- JA KANTATIET	
<i>Netikaistainen keskialueellinen tai keskikaiteellinen moottoritie</i>	
Taajamassa (ohi- tai läpikulkutie)	M2
Maaseudulla	M3a
<i>Keskikaiteellinen ohituskaistatie</i>	
Maaseudulla	M3b
<i>Netikaistainen keskialueellinen tie</i>	
Taajamassa (ohi- tai läpikulkutie)	M2
Maaseudulla	M3a
<i>Kaksikaistainen keskikaiteellinen tie</i>	
Maaseudulla	M3b
YKSIAJORATAISET TIET MAASEUDULLA	
Valta- ja kantatiet	M3b
Seutu- ja yhdystiet	M4

Valaistusluokka valitaan tavallisesti taulukon 14 perusteella, kun kyseessä on yksiajoratainen tie taajama-alueella tai tien nopeusrajoitukset, liikennemäärät tai olosuhteet ovat poikkeavia tietyypille. Taulukossa 14 on esitetty parametrien painoarvot (V_w). Kaikki parametrit käydään läpi ja lasketaan niiden painoarvojen summa (V_{WS}). Mikäli painoarvojen summa on negatiivinen, tulee käyttää arvoa 0. Valaistusluokka saadaan määriteltyä kaavalla $M = 6 - V_{WS}$. Esimerkiksi, jos $V_{WS} = 2$, saadaan valaistusluokaksi M4. Valaistusluokan ollessa nolla tai pienempi, tulee valaistusluokaksi valita M1. Mikäli valaistusluokaksi saadaan M3, tulee valaistusluokaksi valita joko

M3a tai M3b. Valinta tehdään tieluokan ja valaistustarpeen mukaan. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 28-29.)

Kunnilla voi olla omia ohjeita valaistusluokan valintaan. Hyvinkään kaupunki käyttää Liikenneviraston laatimaa ohjetta, joka on esitetty taulukossa 15. Valaistusluokkaa valittaessa voidaan käyttää apuna taulukossa 14 esitettyjä valintaparametrejä.

Taulukko 14. Valintaparametrit M-valaistusluokalle (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 29)

PARAMETRI	VAIHTOEHDOT	KUVAUS		PAINO-ARVO V_w
Suunnittelu-nopeus tai nopeusrajoitus	Hyvin suuri	120 km/h		2
	Suuri	80, 100 km/h		1
	Kohtalainen	60 km/h		0
	Pieni	50 km/h		-1
	Hyvin pieni	30, 40 km/h		-2
Liikennemäärä		Kohteen keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä (KVL)		
	Suuri	$KVL \geq 12\ 000$		1
	Kohtalainen	$4\ 000 \leq KVL < 12\ 000$		0
	Pieni	$KVL < 4\ 000$		-1
Liikenteen koostumus	Sekaliikenne, suuri osa kevytliikennettä	Pyöräitijät, jalankulkijat, pysäköidyt ajoneuvot		2
	Sekaliikenne			1
	Vain moottori-ajoneuvoja			0
Erilliset ajoradat	Ei			1
	Kyllä			0
Liittymätiheys		Tasoliittymiä/km (ilman maatalousliittymiä)	Eritasoliittymät, risteysaittojen välimatka, km	
	Suuri	5	< 3	1
	Kohtalainen	2	≥ 3	0
Ympäristön valoisuus	Valoisa	Taajama (valaistu rinnakkaiskatu tai valaistu kenttä, liikkeiden ikkunoita tai mainoksia tai muu keskusta-alue)		1
	Pimeä	Maaseutu		0
Ajosuoritus	Vaikea	Vaativa sekoittumisalue, poikkeava geometria, tms.		1
	Normaali			0

Taulukko 15. Hyvinkäällä käytetyt M-valaistusluokat (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 30)

KATULUOKKA	VALAISTUSLUOKKA
PÄÄKADUT	
<i>Netikaistainen keskialueellinen katu tasoliittymän</i>	
Keskustassa	M2
Muilla alueilla	M3a
<i>Kaksikaistainen katu</i>	
Keskustassa	M3a
Muilla alueilla	M4
KOKOOJAKADUT	
Keskustassa	M3b
Muilla alueilla	M4
TONTTIKADUT	
Keskustassa	M4
Muilla alueilla	M5

Valaistusluokat kohteille, kuten taso-, kierto- ja eritasoliittymille sekä pysäköinti-, levähdys- ja palvelualueille, tulee valita erikseen. Valintaperusteet on esitetty Liikenneviraston laatimassa maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnitteluohjeessa. Kevyen liikenteen väylillä käytetään taulukossa 16 esitettyjä P-valaistusluokkia. Jos kevyenliikenteenväylä on liikenteen ominaisuuksiltaan poikkeava, tulee valaistusluokka valita taulukon 17 perusteella. P-valaistusluokka määritellään taulukossa 17 samalla tavalla, kuin M-valaistusluokka taulukossa 14. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 30-33.)

Taulukko 16. Kevyen liikenteen alueilla käytetyt P-valaistusluokat (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 33)

VÄYLÄ TAI ALUE	VALAISTUS-LUOKKA	VÄYLÄ TAI ALUE	VALAISTUS-LUOKKA
KÄVELYKADUT <i>Keskustassa</i> Vain kevyttiikenne Huoltoajo sallittu	P ₂ P ₁	ERILLISET JALANKULKU- JA PYÖRÄTIET Viikkaat Vähätiikenteiset, ei sekaliikennettä	P ₄ P ₆
<i>Muilla alueilla</i> Vain kevyttiikenne Huoltoajo sallittu	P ₃ P ₂	ALIKULKUKÄYTVÄT (ks. 3.11.2)	C ₄
Maaseututaajamat Vain kevyttiikenne Huoltoajo sallittu	P ₃ , P ₄ P ₂	ULKOILUTIET Puistokäytävät Hiihtoladut, pururadat	P ₃ P ₄
HIDAS- JA PIHAKADUT Viikkaat Vähätoimintaiset	P ₂ P ₄ , P ₅	PYSÄKÖINTIALUEET Viikkaat Vähätiikenteiset	P ₂ P ₄
JALANKULKUALUEET KESKUSTASSA, TORIT JA AUKIOT	P ₁ , P ₂		

Taulukko 17. Valintaparametrit P-valaistusluokalle (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 33)

PARAMETRI	VAIHTOEHDOT	KUVAUS	PAINOARVO V _w
Nopeus	Pieni	v ≤ 40 km/h	1
	Hyvin pieni	Kävelynopeus	0
Liikenne- määrä	Suuri		1
	Kohtalainen		0
	Pieni		-1
	Hyvin pieni		-2
Liikenteen koostumus	Mopot tai huoltoajo sallittu		2
	Vain jalankulkijat ja pyöräilijät		1
	Jalkakäytävä		0
	Pyörätie		0
Pysäköidyt ajoneuvot	On		1
	Ei ole		0
Ympäristön valoisuus	Valoisa	Taajama	1
	Pimeä	Maaseutu	0

5 Valaistuksen ohjaus

5.1 Ohjaustavat

Keskitetty ohjaus

Keskitettyä ohjausta käytetään tiealueilla, jossa valaistusverkko on yhtenäinen. Keskitetyllä ohjauksella vältetään valaisimien eriaikaiset sammutus- ja syttymisajat, ja se on kaikista ohjaustavoista luotettavin. Vuodesta 2010 lähtien maanteiden valaistus

on ohjattu keskitetysti. Verkkokäskytyjärjestelmä on korvattu langattomalla GSM-ohjauksella. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 104.)

Hyvinkäällä tievalokeskuksia voidaan ohjata langattomalla GSM-ohjausjärjestelmällä. Kaikista tievalokeskuksista 88 % on varustettu omalla GSM-liittymällä ja loppuihin keskuksiin se tullaan päivittämään lähivuosien aikana.

GSM-järjestelmän avulla tievalaistus voidaan ohjata keskuskohtaisesti päälle tai pois tunnin ajaksi, joko soittamalla tai lähettämällä tekstiviesti liittymän numeroon. Tievalaistusta voidaan ohjata tarpeen mukaan myös valaistusryhmäkohtaisesti, mutta sen käyttö on harvinaisempaa.

Paikallisohjaus

Paikallisohjausta voidaan käyttää silloin, kun valaistus koskee pientä tai erillistä aluetta. Paikallisohjauksessa verkkokäskytyjärjestelmä ei ole käytettävissä ja ohjauskäsky tulee antaa kello- ja hämäräkytkimien avulla. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 104.)

Ketjutus

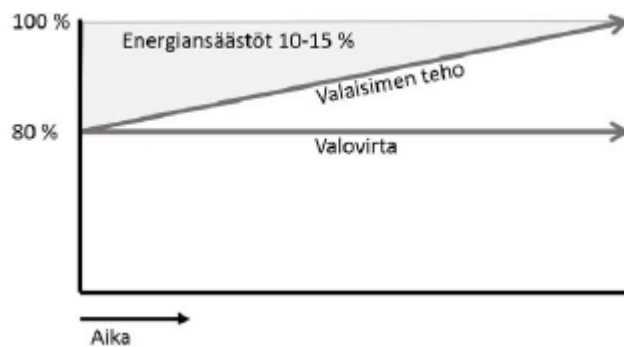
Ketjuttaminen on yksi halvimmista ja yksinkertaisimmista ohjaustavoista. Ketjutuksessa keskuksien välille asennetaan erillinen 230VAC:n ohjauskaapeli, tai vaihtoehtoisesti ohjaus voidaan toteuttaa välisulakkeen avulla lähimmän naapurikeskuksen pylvästä. Sarjakytkentämenetelmän takia ketjuttamisen huonoja puolia on vian monistuminen. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 104.)

Älykäs tievalaistus

Älykäs tievalaistus mahdollistaa monipuolisen valaistuksen ohjauksen, sen avulla voidaan automaattisesti säätää valaistuksen määrää. Älykkäällä ohjauksella voidaan huomioida helposti erilaiset liikenne- ja tieolosuhteet sekä lamppujen valovirrat ja tienpintojen ominaisuudet. Tiealueilla on eri tarpeita vastaava luminanssiarvo, ja se pyritään tuottamaan mahdollisimman pienellä sähkövirralla. Älykäs tievalaistusjärjestelmä antaa järjestelmän toiminnasta palautetietoa, jota voidaan käyttää seurannassa ja hoitotöiden aikaisessa ohjelmoinnissa. (Tievalaistuksen suunnittelu 2006, 13.)

Vakiovalovirtaohjaus

Vakiovalovirtaohjausta voidaan käyttää, jotta valovirran aleneman aiheuttama alkuvaiheen valaistustason ylimitoitus saadaan mahdollisimman pieneksi. Vakiovalovirtaohjauksessa valovirta kyetään pitämään koko elinkaaren aikana samana lisäämällä valaisimen tehoa sen vanhetessa. Valaisin kuluttaa nimellistehoaan vasta elinkaarensa lopussa (ks. kuvio 11). (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 19.)



Kuvio 11. Esimerkki vakiovalovirtaohjauksen toiminnasta (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 19)

5.2 Valaistuksen ajoittainen himmentäminen

Kaikki uudet ja uusittavat tievalaistukset täytyy varustaa ohjauslaitteella, jotta valaistusta kyetään himmentämään. Uudisrakennuskohteissa tai kohteissa, joissa nykyinen kaapeli täytyy uusida, tulee LED-valaisimien ohjaus toteuttaa keskuskohtaisesti. Jos kaapelointia ei tarvitse uusida, tulee LED-valaisimien kanssa käyttää ennakkoon ohjattuja valaisinkohtaisia ohjauslaitteita. Tämä kuitenkin edellyttää saneerauskohteen olevan riittävän laaja. Valaistuksen yöhimmennys tulee toteuttaa valaistusluokkien avulla. Himmennyksessä täytyy huomioida se, että luminanssin tasaisuus ei saa laskea himmennuksen aikana ja valaistustason muutos saa olla enimmillään kahden valaistusluokan verran. LED-valaistuksen kanssa on suositeltavaa käyttää 2-portaista ohjaustapaa. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 14-15.)

Hyvinkään kaupungin tievalaistuksen himmennys on esitetty liitteen 1 taulukossa. Himmennystaulukon ylhäällä olevilla kellonajoilla ei ole suurta painoarvoa, sillä valo-

jen päälläoloaika vaihtelee vuodenajasta riippuen. Pimeänajan kestosta riippuen valaistuksen himmennys ohjautuu aina taulukossa ilmoitettujen valaistustasojen mukaan.

Esimerkki:

Tällä hetkellä liitteen 1 taulukko kuvastaa vuoden pimeintä aikaa, sillä valot ovat taulukon mukaan päällä 19 tuntia ja ne himmenevät taulukossa ilmoitettujen valaistustasojen mukaan. Mikäli olisi kesäaika ja valot olisivat päällä vain muutaman tunnin, niin valot himmenisivät samalla tavalla valaistustasojen mukaan, mutta vain tiheämällä aikavälillä.

Olivatpa valot päällä siis kuinka pitkään tahansa, niin valaistuksen prosentuaalinen säästö on aina sama, kun sitä verrataan valojen päälläoloaikaan.

6 Sähkötekniinen laskenta

6.1 Oikosulkuvirtalaskennat

Katuvalaistuslaskennassa olennaista on laskea keskuksien ja pisimpien johtolähtöjen oikosulkuvirta. Oikosulkuvirta tulee laskea kaikista ulkovalaistuskeskuksista, jotka ovat merkitty valaistussuunnitelmaan. (ST 58.25 2016.)

Standardin SFS 6000-4-43 kohdan 434 mukaan valaistusverkon syötön automaattisen poiskytkennän täytyy toteutua alle viidessä sekunnissa. Mikäli valaistusverkko sisältää virtapiirien suojalaitteiden lisäksi valaisinkohtaisia suojalaitteita, kuten Hyvin-käällä valaisinpylväissä on omat sulakkeet, tulee syöttävä verkko mitoittaa taulukon 18 perusteella. (ST 58.25 2016.)

Taulukko 18. Jakeluverkon suurimmat sallitut sulakekoot (ST 58.25 2016)

Ylivirtasuojaja	Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta jakeluverkossa
gG-tyyppin sulake $I_n \leq 63A$	$2,5 \times I_n$
gG tyyppin sulake $I_n > 63A$	$3,5 \times I_n$

Valaisinpylväisiin ei tarvitse asentaa valaisinkohtaista sulaketta, jos kyse on puupylvään ilmajohtoasennuksesta, missä valaistusverkon ryhmäjohtossa on 35 A:n ylivirtasuoja. Tällöin 5 sekunnin poiskytkentäaika saa ylittyä. (ST 58.25 2016.)

Oikosulkuvirran laskenta voidaan toteuttaa VDE:n likiarvomenetelmällä, jossa vikapiirin impedanssit ovat laskettu aritmeettisesti yhteen. Laskenta voidaan toteuttaa kaavalla 5, jolla määritetään oikosulkuvirta suoja- ja vaihejohtimen välisessä oikosulussa. (Automaattisen poiskytkennän laskeminen 2008.)

$$I_v = \frac{c \cdot U}{Z_v \sqrt{3}} \quad (5)$$

jossa

U on verkon pääjännite (V)

I_v on oikosulkuvirta (A)

Z_v on oikosulkupiirin impedanssi (Ω)

c on jännitteenaleneman huomioiva kerroin 0,95

(Automaattisen poiskytkennän laskeminen 2008)

Oikosulkuvirran laskentakaavasta voidaan johtaa kaava 6, jolla voidaan laskea verkon impedanssi ennen valaistusliittymää, jota tarvitaan oikosulkuvirran laskentaan.

$$Z_v = \frac{c \cdot U}{I_k \sqrt{3}} \quad (6)$$

jossa

I_k on liittymän oikosulkuvirta (A)

(Automaattisen poiskytkennän laskeminen 2008)

Verkkoyhtiö ilmoittaa syöttämänsä keskuksen oikosulkuvirran arvon I_k , jota tarvitaan impedanssin laskennassa. Mikäli I_k arvoa ei ole saatavilla, voidaan se arvioida tarpeen mukaan pääsulakkeiden koon perusteella. (Automaattisen poiskytkennän laskeminen 2008.)

Kupari- ja alumiinikaapeleiden eri poikkipinta-alojen impedanssiarvot on ilmoitettu metriä kohden taulukossa 19. Kaapelin kokonaisimpedanssia laskettaessa arvot täytyy kertoa kaapelin pituudella ja huomioida kaapelin impedanssiarvot molempiin suuntiin, keskukselta päätepiisteeseen ja sieltä taakaisin keskukselle.

Taulukko 19. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (Ω/km) johdinlämpötilassa 80 °C (Tiainen 2012, 96)

Johtimien poikkipinta A/mm^2	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi X	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

6.2 Jännitteenalenema

Jos jännitteenalenemaa halutaan tarkastella erikseen, siinä voidaan käyttää menetelminä piirin impedanssin mittaamista tai siihen tarkoitukseen tehtyjä käyrästäjä. Mikäli jännitteenalenemalle ei olla asetettu erillisvaatimuksia, on suositeltavaa, ettei jännitteenalenema olisi sähkölaitteiden välissä ja sähköasennusten liittymiskohdissa suurempi kuin 3 %. Johtolähdön pituuden ylittäessä 100 metriä voidaan sallittua jännitteenalenemaa kasvattaa 0,005 % jokaista metriä kohden. Ilman kyseistä lisäystä alenema ei saa olla 0,5 %:a suurempi. (Saarelainen & Saastamoinen 2012.)

Kolmivaiheisella vaihtojännitteellä jännitteenalenema voidaan määrittellä kaavan 7 avulla.

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r * \cos\varphi + x * \sin\varphi) \quad (7)$$

jossa

ΔU on jännitteenalenema (V)

- l on johtojärjestelmän pituus (km)
- r on johtimien ominaisresistanssi (Ω/km) (taulukko 19)
- x on johtimien ominaisreaktanssi (Ω/km) (taulukko 19)
- φ on jännitteen ja virran välinen vaihekulma

(Tiainen 2012, 233)

Suhteellinen jännitteenalenema voidaan laskea kaavalla 8.

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} * 100\% \quad (8)$$

jossa

Δu on jännitteenalenema (%)

ΔU on jännitteenalenema (V)

U_n on nimellisjännite (V)

(Tiainen 2012, 234.)

6.3 Suurin johdinpituus

Johtimen suurin sallittu pituus tulee usein määrittää, kun suojalaitetta edeltävän verkon impedanssi Z_v tai oikosulkuvirta on tiedossa.

Suurin sallittu johdinpituus voidaan laskea kaavalla 9.

$$l = \frac{\frac{c * U}{\sqrt{3} * I_k} - Z_v}{2 * z} \quad (9)$$

jossa

l on suurin sallittu johtopituus (km)

c on kerroin 0,95, jolla huomioidaan jännitteenalenema

U on verkon pääjännite (V)

I_k	on oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa (A)
Z_v	on impedanssi ennen suojalaitetta (Ω)
z	on suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km)

(Tiainen 2012, 96.)

6.4 Kuormitettavuus

Valaistusverkon suunnittelussa pyritään saamaan mahdollisimman tasainen kuormitus symmetriseen kolmivaiheverkkoon. Tasainen kuormitus saadaan, kun joka kolmas valaisin kytketään samalle vaiheelle. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 109.)

Valaistusryhmien kuormat voidaan laskea liitteessä 2 esitetyn kuormitustaulukon avulla. Kuormitustaulukossa on käytetty esimerkkinä Martinkadun uutta tievalaistuskeskusta.

Tievalaistuskeskuksella suojaus voidaan toteuttaa joko C-käyrän johdonsuoja-automaatilla tai hitaalla sulakkeella. Hyvinkäällä tievalaistuskeskuksissa on hitaat sulakkeet, niiden luotettavuuden ja vähäisen huollon takia.

7 Suunnitelmat ja suunnittelun vaiheet

Tievalaistuksen suunnittelu voidaan jakaa tarkkuudeltaan ja tavoitteiltaan neljään erilaiseen suunnitelmaan: ulkovalaistuksen tarveselvitys, tievalaistuksen yleissuunnitelma, tiesuunnitelman valaistustiedot ja tievalaistuksen rakennussuunnitelma. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 124.)

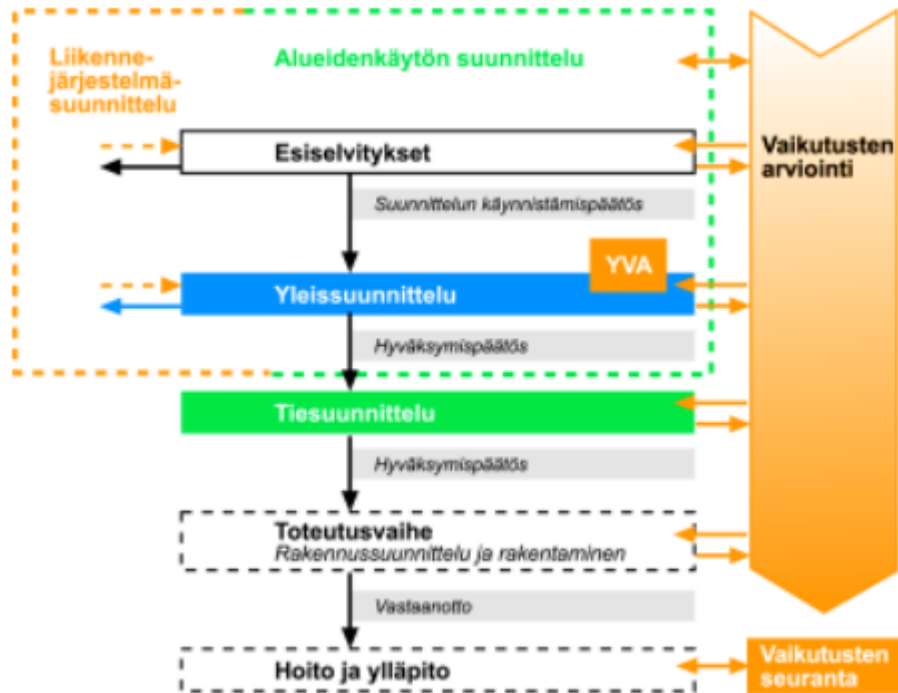
Tarveselvityksen tarkoituksena on esittää kaupungin valaistuksen parantamisen ja kehittämisen perusteet sekä pitkän aikavälin tavoitteet. Tarveselvityksen avulla tuodaan esille alueiden erityispiirteitä ja vahvuuksia, jotka toimivat myöhemmin tehtävän suunnittelun lähtökohtana ja ohjauskeinona. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 124.)

Yleissuunnitelma on tarveselvitystä pienemmän alueen suunnitelma, joka käsittelee kaupunginosia, taajamia ja maanteiden valaistuksia. Valaistuksen yleissuunnitelma laaditaan aina niille aluekokonaisuuksille, jotka tarvitsevat tarveselvitystä kattavampaa käsittelyä. Yleissuunnitelman tarkoituksena on esittää valaistuksen periaateratkaisut. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 125.)

Valaistustiedoista tiesuunnitelmaan tulee liittää valaistusta koskeva piirustus, jolla varmistetaan alueen valaistuksen toteuttamismahdollisuus ja vuorovaikutus muuhun ympäristöön ja rakenteisiin. Tiesuunnitelman valaistustiedot tulee asettaa urakkaan sisältyvän rakennussuunnitelman lähtökohdaksi ja tavoitteeksi. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 127.)

Rakennussuunnitelma on tie- ja aluekohtainen suunnitelma, jonka avulla itse työ toteutetaan. Tievalaistuksen rakennussuunnitelma on normaalisti yleissuunnitelmaan, tarveselvitykseen tai tiesuunnitelman valaistustietoihin perustuva aluekohtainen suunnitelma. Se on rakentamisen kannalta tärkein perusasiakirja, jonka tarkoituksena on kuvata työn lopputulosta ja toimia pohjana työn suunnittelulle. Kaikista kohteista tulee esittää valaistuksen rakennussuunnitelma, jota voidaan käyttää rakentamista varten sekä tarjouspyyntöjä ja hankintoja tehtäessä. (Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 2015, 128.)

Tiehallinnon laatima maanteiden suunnittelujärjestelmä on esitetty kuviossa 12, jossa käydään läpi suunnittelun vaiheet. Tievalaistuksen osalta suunnittelun toteutus on samankaltainen.



Kuvio 12. Maanteiden suunnittelujärjestelmä (Yleissuunnittelu 2007, 16)

8 Martinkadun valaistus

8.1 Lähtökohdat

Martinkadun vanhaa leveäkaistaista tietä ollaan muuttamassa kapeammaksi ja lisäämässä ajoradan viereen kevyenliikenteenväylä. Vanha valaistus puretaan ja rakennetaan uusiksi kadun toiselle puolelle. Uusi valaistus sijoitetaan ajoradan ja kevyenliikenteenväylän väliselle alueelle siten, että valaisin on suunnattu ajoradalle päin.

Martinkadun läheisyydestä poistuu kaksi tievalaistuskeskusta, joiden valaistusryhmien uudet syötöt tullaan ottamaan Martinkadun uudelta keskukselta sekä muilta läheisiltä keskuksilta. Martinkadun katuvalaistussuunnitelman tasopiirustus on esitetty liitteessä 3.

8.2 Pylväiden ja jalustojen valinta

Martinkatu luokitellaan kokoojakaduksi ja siellä käytetään taulukossa 6 (s. 21) esitettyä 8 m:n pylväspituutta. 8 m:n pylväälle valittu varsipituus on 1,5 m (ks. taulukko 7,

s. 22). Pylväsmallina käytetään Tehometin valmistamia sinkitettyjä teräspylväitä. Pylvään tyven halkaisija on 139 mm, minkä perusteella jalusta on valittu. Jalustatyyppi on valittu Lujabetonin RBJ-4.5 B (ks. taulukko 8, s. 23).

Valittujen pylväiden ja jalustojen tarkemmat valmistajakohtaiset tuotetiedot on koottu liitteessä 4.

8.3 Valaistusluokkien ja valaisintyyppien valinta

Martinkadun valaistusluokat valittiin taulukoiden 14-17 perusteella. Valaistusluokaksi ajoradalle saatiin M4 ja kevyenliikenteenväylälle P3.

Ajoradalle ja kevyenliikenteenväylälle tulee yhteinen valaistus, minkä takia valaisimen optiikan täytyy olla oikeanlainen. Valaisinvaihtoehtoja mietittiin yhdessä Signify kanssa (entinen Philips Lighting). Valaisintyyppi valittiin Clearway Gen 2 BGP307 LED84-4S/740 II DM11 CLO, mikä mahdollistaa myös kevyenliikenteenväylän valaistuksen takavalooptiikan ansiosta. Valaisinmallin valotehokkuus on 138 lm/W ja sen ilmoitettu elinikä on vähintään 100 000 tuntia arvoilla L90, B10, $t_a = 25^\circ\text{C}$.

Kevyenliikenteenväylälle suunniteltua P3-luokkaa ei pystytty kuitenkaan toteuttamaan takavalooptiikalla, joten se muutettiin P5-luokaksi. Valaisintyyppi ja valaistusluokakohtaiset laskennat on esitettyinä liitteessä 5.

8.4 Keskukset ja kaapeloinnit

Suunnitelmaan merkityt vanhat keskukset 6 ja 7 tullaan poistamaan. Vanhojen keskusten valaistusryhmien syötöt otetaan osittain Martinkadun uudelta keskukselta. Keskuksen 7 poistuessa sen liittymä siirretään uudelle keskukselle ja siitä tehdään uusi keskus 7.

Vanhan keskuksen 7 pääsulakkeiden koko on 3 x 50 A. Se muuttuu uudelle keskukselle kokoon 3 x 35 A.

Hyvinkäällä on tapana käyttää aina samanlaisia tievalokeskuksia, jotta ne voidaan tilata käyttämällä samaa pääkaaviota. Keskuksissa pyritään käyttämään aina samoja

komponentteja ja GSM-ohjauslaitteita, jotta niiden kunnossapito olisi mahdollisimman selkeää. Martinkadun uuden keskuksen pääkaavio on esitetty liitteessä 6. Keskus on tilattu sen perusteella

Martinkadulle kaivetaan uusi kaapelointi, joka toteutetaan AXMK-maakaapelilla, jonka poikkipinta-ala on 25 mm^2 . Suunnitelma sisältää vielä vanhan valaisinryhmän, joka on kaapeloitu 16 mm^2 :n AXMK:lla.

Maadoituskohtien paikat on merkitty suunnitelmaan maadoitusmerkinnällä valaisimen vierelle. Maadoituksessa käytetään 25 m pitkää 16 mm^2 :n avokuparia.

Uuden tievalokeskuksen valaistusryhmien kuormitukset on laskettu liitteessä 2. Laskelmien perusteella valaistusryhmät voisi teoriassa suojata 10 A:n sulakkeilla, mutta näin ei kuitenkaan tehdä, vaan suojaus toteutetaan 16 A:n sulakkeilla. Valaistusryhmiä laajennettaessa tai tilanteessa missä lähistöllä oleva keskus vikaantuu ja sen valaistusryhmien syötöt jatketaan muiden keskusten ryhmien perään, on sulakekokojen hyvä olla riittävän suuria. Käyttäessä 16 A:n sulakkeita, voidaan johtolähtöjen maksimipituutta myös kasvattaa tarpeen mukaan, mikä ilmenee luvun 9.6 laskelmissa.

8.5 Sähkötekniset laskennat

Caruna ilmoitti sen jakokaapin pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran olevan 680 A, ja tämän perusteella voidaan olettaa sen olevan lähes sama Martinkadun uudella tievalokeskuksella, sillä se kaivetaan Carunan jakokaapin viereen. Näin ollen syöttökaapelin pituus on vain muutaman metrin ja sen vaikutus oikosulkuvirtaan on lähes olematon.

Luvun 7.1 impedanssin Z_v laskentakaavalla 6 voidaan määrittää tievalokeskuksen impedanssi seuraavasti:

$$Z_v = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 680 \text{ A}} = 0,323 \Omega$$

Seuraavaksi voidaan määrittää oikosulkuvirrat valaistusryhmien päissä luvun 7.1 kaavojen 5-6 ja taulukoiden 19 ja 20 avulla.

Taulukko 20. Valaistusryhmien pituudet ja kaapelityyppi

Ryhmä 1	700m	AXMK 4x25 S
Ryhmä 2	330m	AXMK 4x25 S
Ryhmä 3	420m	AXMK 4x16 S

Ryhmä 1:

$$Z_{vR1} = 0,323\Omega + 0,7 \text{ km} * 2 * 1,492 \frac{\Omega}{\text{km}} = 2,412 \Omega$$

$$I_{kR1} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 2,412 \Omega} = 91 \text{ A}$$

Ryhmä 2:

$$Z_{vR2} = 0,323\Omega + 0,33 \text{ km} * 2 * 1,492 \frac{\Omega}{\text{km}} = 1,31 \Omega$$

$$I_{kR2} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 1,31 \Omega} = 167 \text{ A}$$

Ryhmä 3:

$$Z_{vR3} = 0,323\Omega + 0,42 \text{ km} * 2 * 2,326 \frac{\Omega}{\text{km}} = 2,277 \Omega$$

$$I_{kR3} = \frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 2,277 \Omega} = 96 \text{ A}$$

16 A:n gG-sulakkeen vaadittu oikosulkuvirta 5 s laukaisuajalla on liitteen 7 taulukon mukaan 65 A, joten vaatimus täyttyy kaikissa ryhmissä.

Seuraavaksi voidaan tarkastella johtolähtöjen jännitteenalenemia. Ryhmien kuormitusvirrat on merkitty taulukkoon 21, jotka on laskettu liitteen 2 kuormitustaulukon tehojen perusteella.

Taulukko 21. Kuormitusvirrat

Ryhmä 1	2,43 A
Ryhmä 2	1,22 A
Ryhmä 3	4,4 A

Jännitteenalenema saadaan laskettua luvun 7.2 kaavojen 7 ja 8 avulla. Kaapeleiden ominaisresistanssit ja -reaktanssit löytyvät taulukosta 19. Ilman tarkkaa $\cos\varphi$ -arvoa, voidaan se arvioida luvuksi 0,9, jonka perusteella voidaan määrittää $\sin\varphi$ seuraavasti:

$$\sin\varphi = \sin(\cos^{-1} 0,9) = 0,436$$

Ryhmä 1:

$$\Delta U_{R1} = 2,43 \text{ A} * 0,7 \text{ km} * \sqrt{3} * \left(1,489 \frac{\Omega}{\text{km}} * 0,9 + 0,086 \frac{\Omega}{\text{km}} * 0,436 \right) = 4,06 \text{ V}$$

$$\Delta u_{R1} = \frac{4,06 \text{ V}}{400 \text{ V}} * 100 \% = 1,02 \%$$

Ryhmä 2:

$$\Delta U_{R2} = 1,22 \text{ A} * 0,33 \text{ km} * \sqrt{3} * \left(1,489 \frac{\Omega}{\text{km}} * 0,9 + 0,086 \frac{\Omega}{\text{km}} * 0,436 \right) = 0,96 \text{ V}$$

$$\Delta u_{R2} = \frac{0,96 \text{ V}}{400 \text{ V}} * 100 \% = 0,24 \%$$

Ryhmä 3:

$$\Delta U_{R3} = 4,4 \text{ A} * 0,42 \text{ km} * \sqrt{3} * \left(2,324 \frac{\Omega}{\text{km}} * 0,9 + 0,090 \frac{\Omega}{\text{km}} * 0,436 \right) = 6,82 \text{ V}$$

$$\Delta u_{R3} = \frac{6,82 \text{ V}}{400 \text{ V}} * 100 \% = 1,705 \%$$

Johtolähdöille voidaan määrittää niiden maksimipituudet luvun 7.3 kaavan 9 mukaan. Mitä suurempaa sulakekokoa käytetään, sitä suurempi oikosulkuvirta tarvitaan suojalaitteen laukaisemiseen ja näin ollen johtolähdön maksimipituus lyhenee.

Alla olevassa esimerkkilaskussa on laskettu Martinkadun keskuksen maksimijohdonpituus johtolähdölle, joka on toteutettu 25 mm²:n AXMK-kaapelilla ja suojalaitteena on käytetty 16 A:n sulaketta viiden sekunnin laukaisukäyrällä. Taulukossa 22 on samalla menetelmällä laskettuna johtolähtöjen maksimipituudet erikokoisille kaapeleille ja sulakkeille.

$$l = \frac{\frac{0,95 * 400 \text{ V}}{\sqrt{3} * 65 \text{ A}} - 0,323 \Omega}{2 * 1,492 \frac{\Omega}{\text{km}}} = 1,023 \text{ km}$$

Taulukko 22. Johtolähtöjen lasketut maksimipituudet

Kaaplein koko (AXMK)	Sulakekoko (A)			
	10	16	20	25
	Johtolähdön maksimipituus (km)			
16 mm ²	0,945	0,656	0,485	0,359
25 mm ²	1,473	1,023	0,757	0,56

9 Pohdinta

Tämä opinnäytetyö on kiteytetty tietopaketti katuvalaistussuunnittelusta, jossa on esitelty suunnittelun keskeisiä asioita. Työ tarkoituksena on toimia pohjatietona Hyvinkään kaupungin omalle suunnitteluohjeelle, jota lähdetään toteuttamaan työn perusteella.

Opinnäytetyön aineistonkeruu nojautuu hyvin pitkälle Liikenneviraston ohjeisiin, niiden luettavuuden takia. Liikenneviraston ohjeissa katuvalaistussuunnittelu on käyty hyvin perinpohjaisesti läpi, jättäen kuitenkin lähes vapaat kädet kaupunkien omille suunnittelukäytännöille. Hyvinkään kaupungin omat toimintatavat ovat tulleet tutuiksi oman työurani aikana ja olen pyrkinyt hyödyntämään sitä opinnäytetyön aineistona. Tie- ja katuvalaistussuunnittelu on aiheena hyvin laaja ja näin ollen kaikkia suunnitteluun liittyviä asiakokonaisuuksia ei ollut mahdollista käydä läpi. Kävin työssä pääsääntöisesti läpi asioita, jotka ovat olleet keskeisiä omissa työtehtävissäni.

Martinkadun tievalaistuksen rakennussuunnitelma on tehty opinnäytetyön alkuvaiheen aikana. Martinkadun suunnittelu on yksi monesta kohteesta, joiden rakennussuunnitelma on laadittu opinnäytetyön aikana. Päädyin käyttämään sitä esimerkki-kohteena, koska se on kaupungin keulahanke. Laatimani rakennussuunnitelman valmistuttua se saatiin heti työmaalle käyttöön, ja Martinkadun valaistusta lähetettiin toteuttamaan sen perusteella. Pääsin itse seuraamaan valaistuksen rakentamisen alkuvaihetta opinnäytetyön ohella, ja sillä perusteella pidän suunnitelmaa tähän asti onnistuneena. Suunnitelmaani on käyty läpi rakennuskokouksissa eri ammattikuntien suunnittelijoiden ja työnjohtajien kanssa, ja niissä suunnitelma on todettu selkeäksi.

Tavoitteena oli tutkia katuvalaistussuunnittelun eri vaiheita ja sitä kautta kartoittaa Hyvinkään kaupungin omaa suunnittelua. Tässä mielestäni onnistuttiin. Tulokseksi

saatiin kartoitettua kaupungin omat toimintatavat, joiden perusteella suunnitteluohjetta on hyvä lähteä laatimaan. Opinnäytetyö toimii suunnitteluohjeelle pohjana, josta lähdetään erottelemaan asiakokonaisuuksien ydin, eli toimintatavat. Tarkoituksenani on tiivistää suunnitteluohje noin 20 sivun mittaiseksi, missä toimintatavat käydään läpi ammattikielellä.

Tärkeimpänä osana nykyistä valaistussuunnittelua on valaistuksen energiatehokkuus, jonka merkitys on kasvanut ledien ja ohjausten myötä. Kustannusasiat ovat tätä kautta jatkuvasti esillä. Ulkonäkötekijöillä on suuri vaikutus siihen, millaiset valaisimet sekä pylvää eri kohteisiin valitaan. Arkkitehtien, suunnittelijoiden ja tiealueiden käyttäjien näkemykset saattavat erota kuitenkin toisistaan, mikä tuo suunnittelulle ajoittain lisähaastetta. Valaistussuunnittelijalta vaaditaan hyvää sähkö- ja valaistusteknillistä osaamista sekä hyviä ihmissuhdetaitoja.

Lähteet

AMKA riippukierrekaapeli. N.d. Drakan kaapeli verkkosivustolta sähkönumerot.fi. Viitattu. 23.7.2018. <https://www.sahkonumerot.fi/0655534/id/111964/>

Automaattisen poiskytkennän laskeminen. 2008. Enston verkkosivustolla. Viitattu 1.8.2018. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210598828380/1211200962452/1211201010952.html>

AXMK-voimakaapeli. N.d. Reka kaapeli Oy:n verkkosivustolla. Viitattu 23.7.2018. <https://www.reka.fi/voimakaapelit/alumiinivoimakaapelit/axmk-voimakaapeli>

Finnparttia. N.d. Sähkötukku, myyntisivusto. Viitattu 20.7.2018. <https://www.finnparttia.fi> › Finnparttia Oy › Lamput

Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen suunnitteluohje. 2018. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisu. Viitattu 23.7.2018. https://www.hel.fi/static/hkr/ohjeita_suunnittelijoille/helsingin_kaupungin_ulkovalaistuksen_suunnitteluohje.pdf

Hyvinkään ympäristöraportti. 2017. Hyvinkään ympäristöpalveluiden julkaisu. Viitattu 12.7.2018. <https://www.hyvinkaa.fi/globalassets/asuminen-ja-ymparisto/kestavakehitys/liitteet/hyvinkaan-ymparistoraportti-2017.pdf>

Kunnan ja valtion kustannusvastuun periaatteet maantien pidossa. 2010. Liikenneviraston julkaisu. Viitattu 5.7.2018. shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/rontu_maantienpitoverkkoon.pdf

Liikenne. N.d. Ely-keskuksen verkkojulkaisu. Viitattu 9.7.2018. <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/liikenne>

Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. 2015. Liikenneviraston julkaisu. Viitattu 10.7.2018. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf

MCMK-voimakaapeli. N.d. Reka kaapeli Oy:n verkkosivustolla. Viitattu 23.7.2018. <https://www.reka.fi/voimakaapelit/kuparivoimakaapelit/mcmk>

Mitkä tekijät vaikuttavat led-valaisimen elinikään. N.d. Walkia lightingin verkkosivusto. Viitattu 20.7.2018. <https://www.walkia.fi/yritys/ajankohtaista/132-led-valaisimen-elinika>

MMJ asennuskaapeli. N.d. Reka kaapeli Oy:n verkkosivustolla. Viitattu 23.7.2018. <https://www.reka.fi/asennuskaapelit/vakioasennuskaapelit/mmj-asennuskaapeli>

Perussuuret. 2008. Enston verkkosivustolla. Viitattu 13.7.2018. http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/0705016/5hZOS6mDZ/Suuret_kaavat.pdf

Saarelainen, K. & Saastamoinen, A. 2012. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. ST-käsikirja. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 57.40. 2017. Valaistustekniikan perussuureet ja määritelmät. Sähköinfo Oy. Viitattu 12.7.2018. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/6532?search=ST%2057.40>.

ST 58.04. 2017. Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Sähköinfo Oy. Viitattu 16.7.2018. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/672?search=ST%2058.04>.

ST 58.08. 2018. Valonlähteet. Sähköinfo Oy. Viitattu 20.7.2018. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/676?search=ST%2058.08>

ST 58.25. 2016. Ulkovalaistusverkon mitoitus. Viitattu 1.8.2018. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/664?search=ST%2058.25>.

Tiainen, E. 2012. Rakennusten sähköasennukset. D1-Käsikirja. Espoo: Sähkö- ja teleurakointiliitto STUL ry.

Tien valaistuspylväiden ja jalustojen laatuvaatimukset. 2010. Liikenneviraston julkaisu. Viitattu 25.7.2018. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2010-14_tien_valaisinylvaiden_web.pdf

Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset. 2007. Liikenneviraston julkaisu. Viitattu 24.7.2018. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2200048-v-07-tylt_7510_tievalaistus.pdf

Tievalaistuksen suunnittelu. 2006. Liikenneviraston julkaisu. Viitattu 4.7.2018. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf

Tievalaistuksen toimintalinjat. 2006. Liikenneviraston julkaisu. Viitattu 10.7.2018. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/1000105-v-06tievtoimlinj.pdf>

Valaisinylväiden jalustat. N.d. Lujabetonin verkkosivustolta. Viitattu 26.7.2018. <https://www.lujabetoni.fi/tuotteet/betonituotteet/pylvasjalustat/valaisinylvaiden-jalustat/>

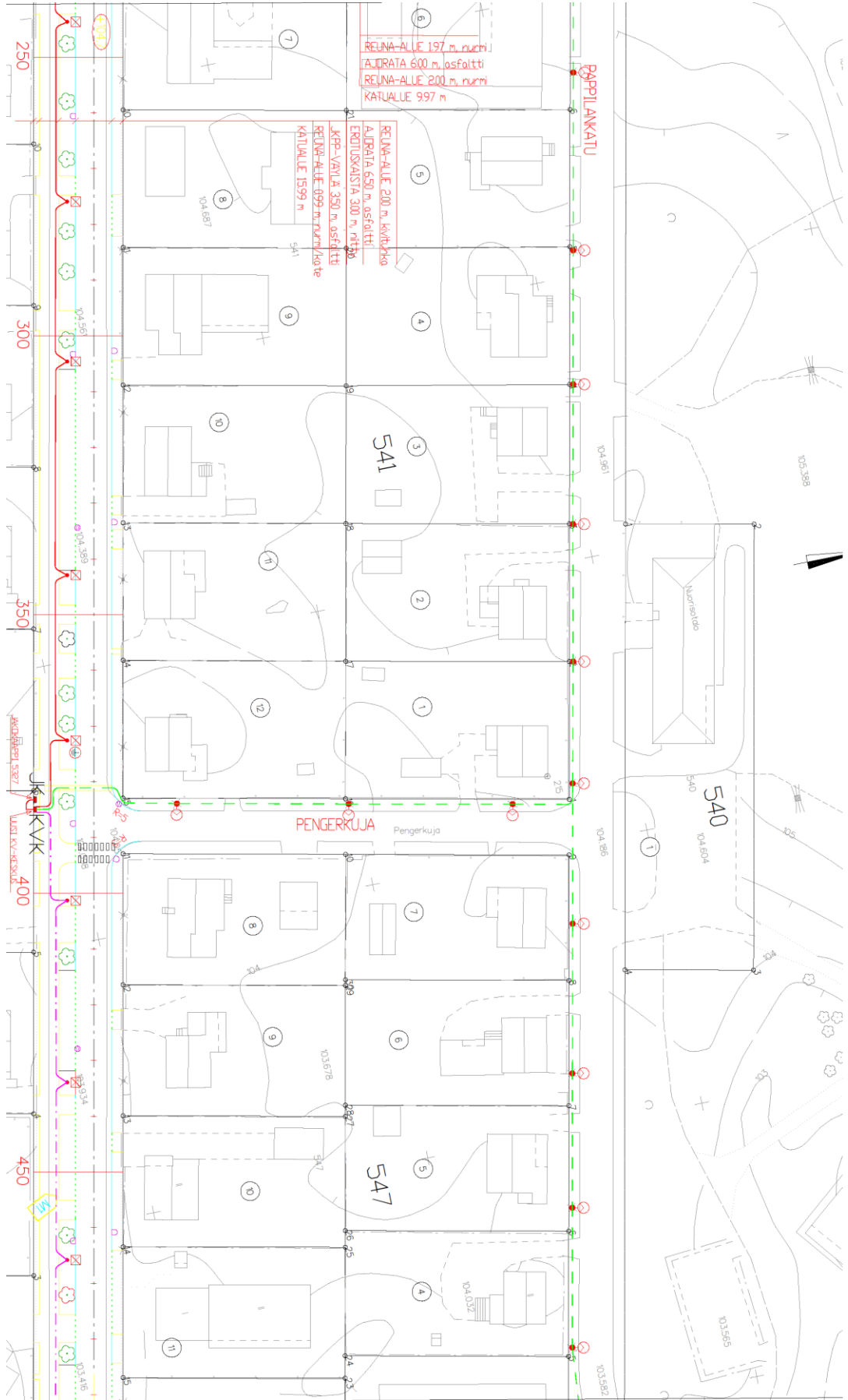
Valaistustekniikka. 2008. Enston verkkosivostolla. Viitattu 13.7.2018. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398103877.html>

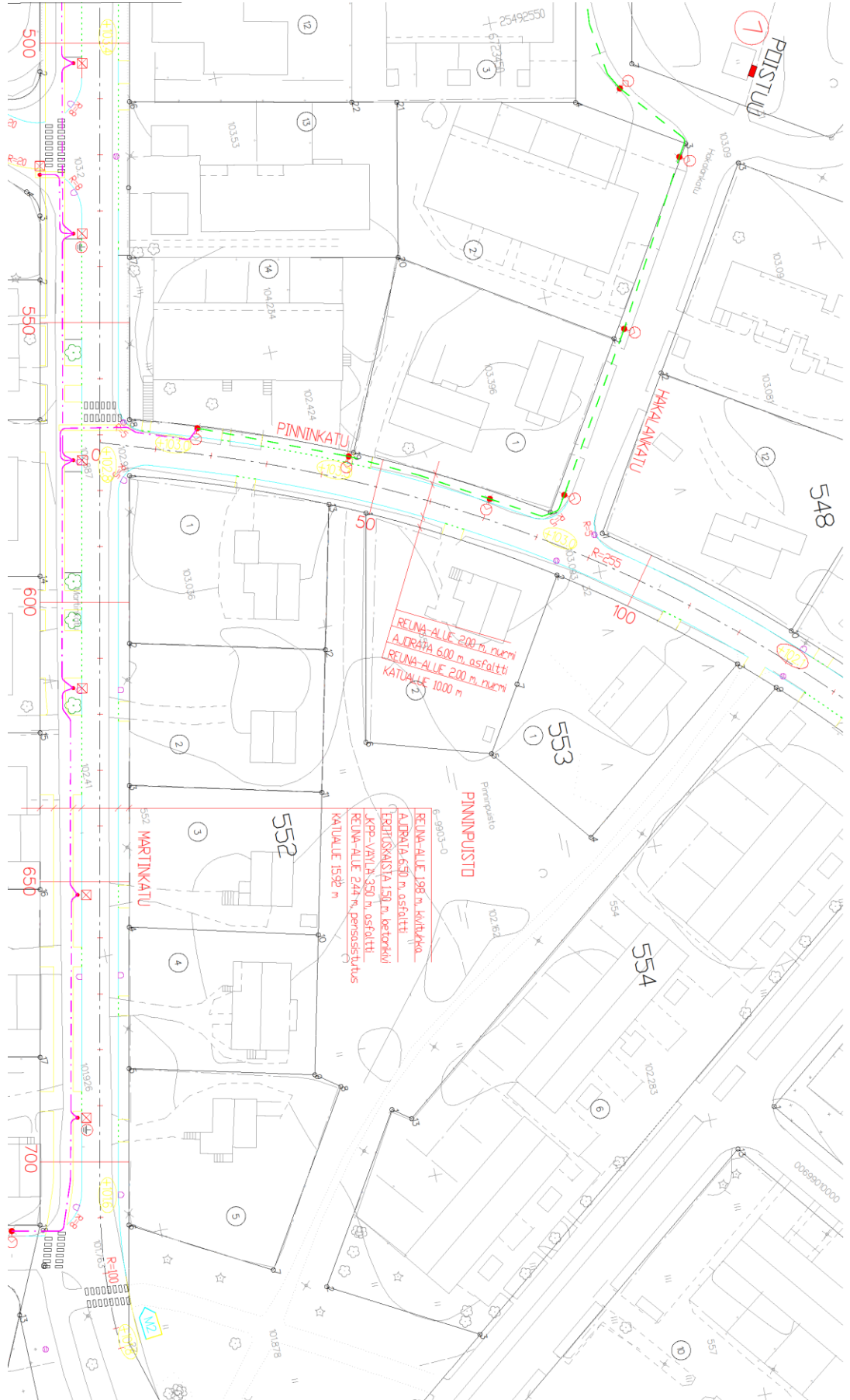
Yleissuunnittelu. 2007. Tiehallinnon julkaisu. Viitattu 2.8.2018. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100043-v-07-yleissuunnittelu.pdf>

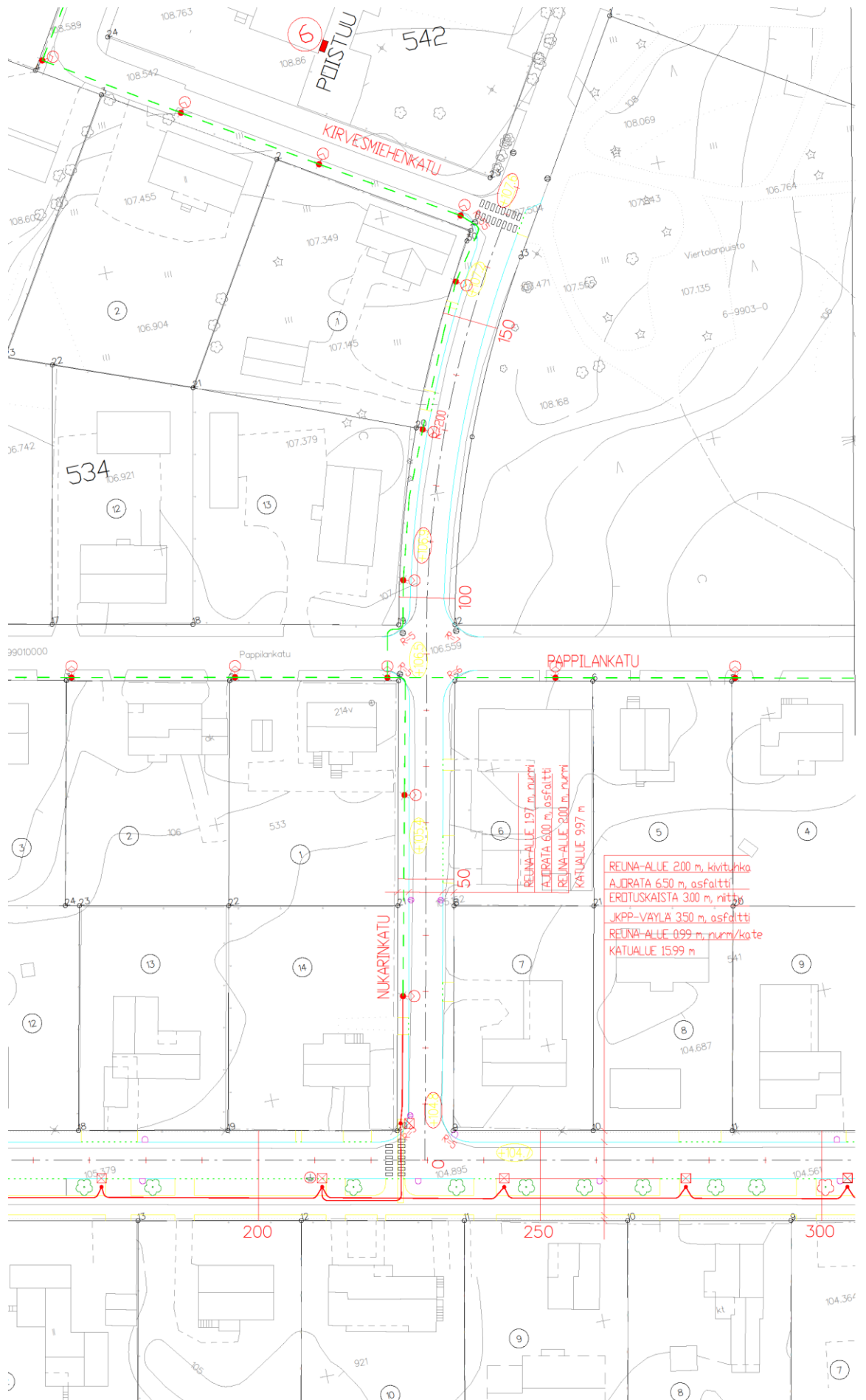
Liitteet

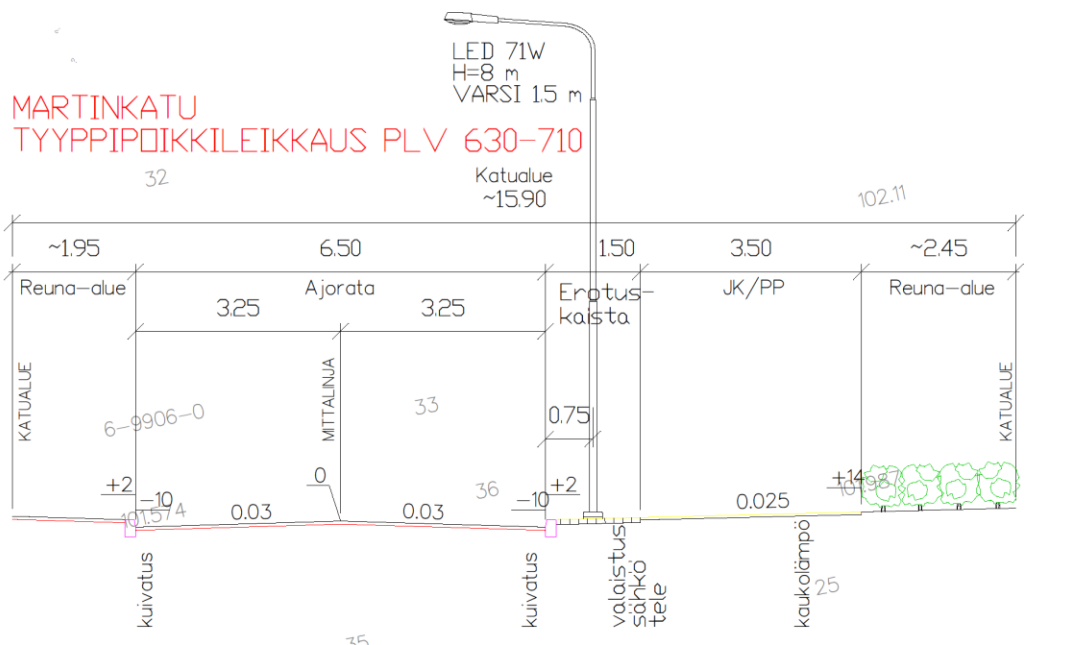
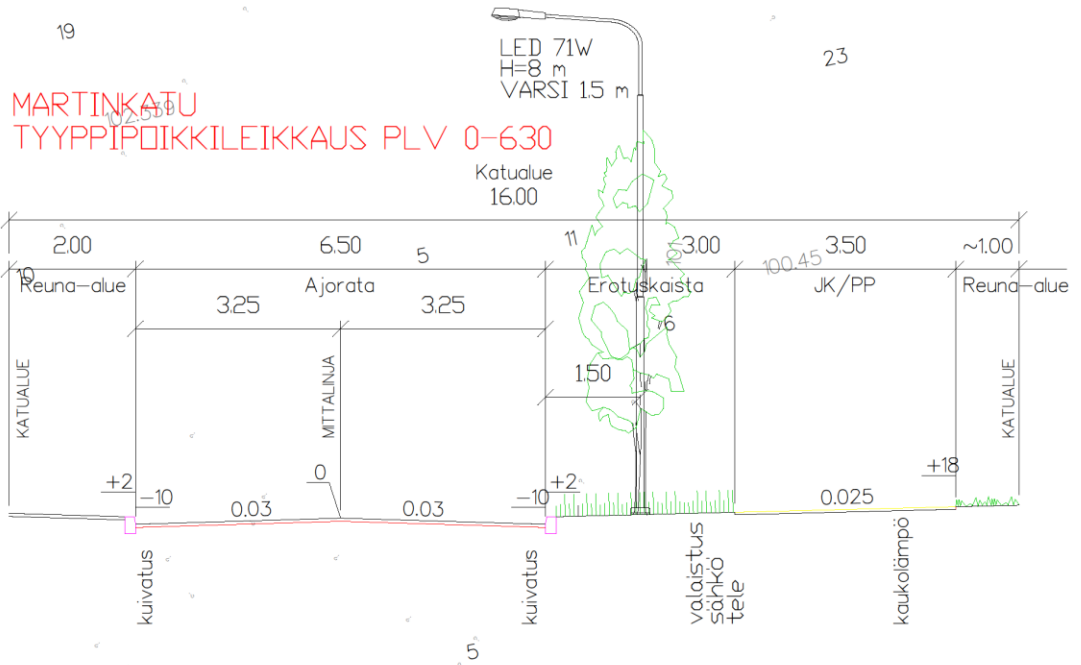
Liite 1. Tievalaistuksen himmennystaulukko

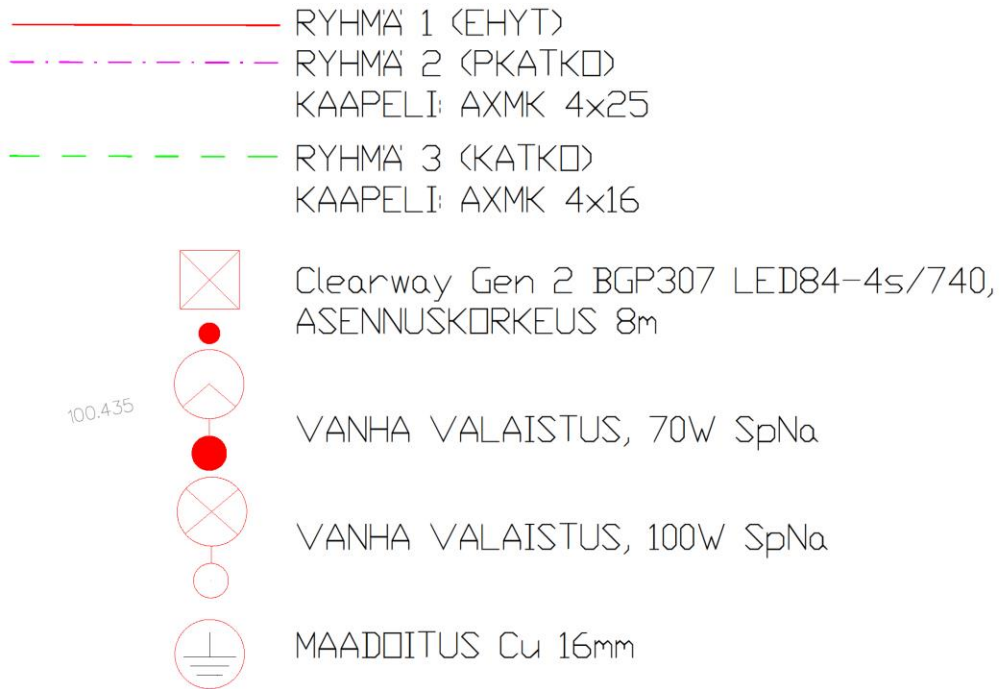
		HIMMENNYSKÄYTTÖ																		
		TIEVALAISTUKSEN HIMMENNYSTAULUKKO																		
		Himmennyksestä jäljelle jäävä valaistustaso (%)																		
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valaistusluokat	Muuttuvan valaistuksen valaistusluokat																			
M1, C0, C1	M1 - M2 - M3 - M2 - M1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	50	50	50	75	100	100	100	100
M2, C2	M2 - M3 - M4 - M3 - M2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	50	50	50	70	100	100	100	100
M3a, C3	M3 - M4 - M5 - M4 - M3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	75	75	100	100	100
M3b	M3 - M4 - M5 - M4 - M3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	75	75	100	100	100
M4, C4	M4 - M5 - M6 - M5 - M4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	70	40	40	40	70	70	100	100	100
M5, C5	M5 - M6 - P5 - M6 - M5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	60	60	100	100	100
M6	M6 - P6 - M6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100
P1	P1 - P2 - P3 - P2 - P1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	50	50	50	75	100	100	100	100
P2	P2 - P3 - P4 - P3 - P2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	50	50	50	70	100	100	100	100
P3	P3 - P4 - P5 - P4 - P3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70	70	40	40	40	70	70	100	100	100
P4	P4 - P5 - P6 - P5 - P4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	60	60	100	100	100
P5	P5 - P6 - P5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	60	60	60	60	60	60	60	100	100	100












 KAAPELINSUOJAPUTKI 110 A
(Tienylityksiin). MUUTEN KAAPELOINTI
SUOJATAAN PUTKELLA 110 B.


002

RYHMA 3 (Pengerkujalle uusi
syöttökaapeli, muuten vanha
kaapelointi säilyy)
 RYHMA 1 (Seittemänmiehenkatu osuus
vanhaa kaapelointia, muuten uutta)
 RYHMA 2 (Kokonaan uutta
kaapelointia)

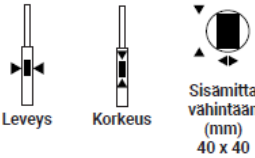
piirustustaji	KV-SUUNNITELMA		TWEB tunnus	arkistotunnus
kohteen sijainti	006 VERTOLA			
kohde	MARTINKATU		SUUNN.	28.5.2018 S.FRIMAN
			PIRT.	28.5.2018 S.FRIMAN
toimenpide	KATUVALOSUUNNITELMA KZ-KESKUS MUUTOS		TARK.	
			HYV.	
			liittyy piirustukseen no	17014-200
piirustuksen sisältö	ASEMAPIRUSTUS TYYPPOIKKILEKKAUKSET	mittakaava 1:500 1:100	korvaa piirustuksen no	
	9 11		korvattu piirustuksella no	
	HYVINKÄÄN KAUPUNKI TEKNIikka JA YMPÄRISTÖ KUNTATEKNIikka	koord.	piirustus no	muutos
		ETRS-GK25 N2000	17014-201	

15

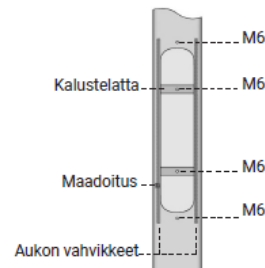
Liite 4. Pylväät ja jalustat



Sähkönumero	Tyyppi	Valaistuskorkeus (m)	Tyven halkaisija Ø (mm)	Latvan halkaisija (mm)	Kytkenätaukon etäisyys (mm)	Aukon ID	ASENNUSVAIHTOEHDOT		Maksimi-kuorma Kg (max)
							Upotuksella (mm)	Laipalla	
4608427	8S114	8	114	60	950	A1	600	L1	15
4608430	8S140	8	139	60	950	A2	600	L2	30
4608433	10S140	10	139	60	950	A2	600	L2	15
4608436	10S170	10	168	60	950	A3	600	L3	30
4608439	12S170	12	168	60	950	A3	600	L3	15
4608442	12S220	12	219	60	1350	A4	600	L4	30
4608445	14S220	14	219	60	1350	A4	600	L4	30

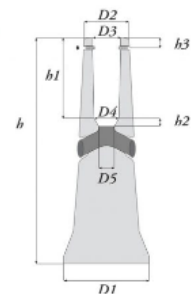


Aukon ID	Leveys	Korkeus	Sisämitta vähintään (mm) 40 x 40
A1	80	400	65x65
A2	90	400	80x90
A3	90	400	80x115
A4	100	400	90x160



VALAISINPYLVÄIDEN JALUSTAT, Pylvään KIINNITYS SÄÄTÖPULTEILLA

JALUSTAN TYYPI	SÄHKÖ-NUMERO	PYLVÄÄN-HALKAISUJA mm	PYLVÄÄN-KORKEUS m	SUOJA-KUMI	h mm	h1 mm	h2 mm	h3 mm	D1 mm	D2 mm	D3 mm	D4 mm	D5 mm	SÄÄTÖ-PULTEIT M16 kpl	DL ³	AINO kg	kpl/lo
RRJ - 2B	4607215	100 - 143	1 - 4	235	700	430	40	50	310	260	155	142	96	3	0,06	78	12
RRJ - 2.5B	4607224	100 - 143	1 - 5	235	915	450	50	40	370	260	155	143	109	3	0,17	105	6
RRJ - 3B	4607233	100 - 143	1 - 6	235	950	505	60	60	500	300	158	155	101	3	0,21	169	4
RJB - 4B	4607245	100 - 143	4 - 8	235	1300	510	70	65	490	304	158	154	94	3	0,67	273	4
RRJ - 4B 4	4607202	100 - 143	4 - 8	235	1300	510	70	65	490	304	158	154	94	4	0,67	273	4
RRJ - 4.5B	4607257	128 - 168	6 - 10	235	1250	600	100	60	600	330	188	180	127	4	0,61	314	4
RRJ - 4.8B	4607278	128 - 168	8 - 11	235	1500	600	100	60	650	330	188	177	130	4	1,1	490	2
RRJ - 5B	4607266	150 - 224	8 - 12	360	1500	660	165	70	600	420	240	228	102	4	1,35	500	2
RRJ - 5B 6	4607204	150 - 224	8 - 12	360	1500	660	165	70	600	420	240	228	102	6	1,35	500	2
RRJ - 6B	4607287	150 - 224	8 - 15	360	1800	680	110	65	650	435	255	250	137	6	2,67	780	2
RRJ - 6/2200B	4607563	150 - 224	8 - 15	360	2200	680	110	65	800	435	255	250	137	6	5,08	1100	1
RRJ - 6.3B	4607210	215 - 278	10 - 15	360	1710	695	140	65	810	490	310	290	133	6	2,64	1000	1
RRJ - 6.5B	4607201	215 - 278	10 - 18	360	2000	695	140	65	810	490	310	290	133	8	4,44	1250	1



Liite 5. Valaistusteknilliset laskennat

Hyvinkää Martinkatu

14/08/2018



Hyvinkää Martinkatu / Sisällysluettelo

Sisällysluettelo

Hyvinkää Martinkatu

Katu 1: Vaihtoehto 1

Suunnittelutulokset..... 3

Katu 1: Vaihtoehto 1 / Pyörätie 1 (P5)

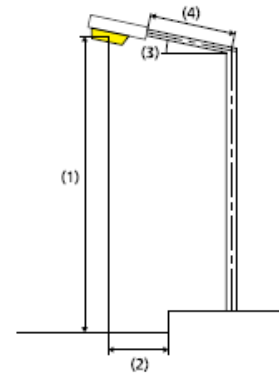
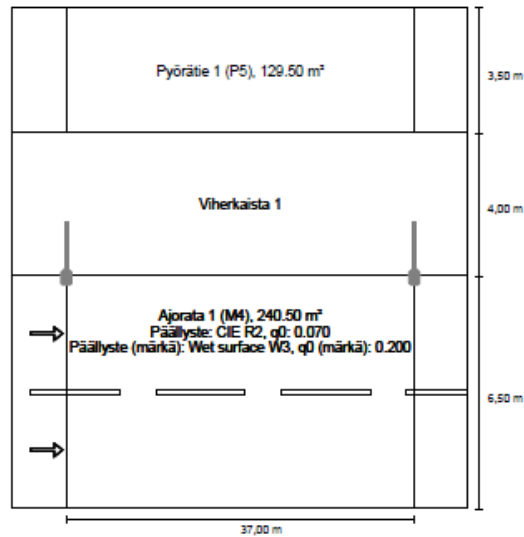
Tuloksien yhteenveto..... 4

Katu 1: Vaihtoehto 1 / Ajourata 1 (M4)

Tuloksien yhteenveto..... 5

Katu 1 nach EN 13201:2015

Philips Lighting BGP307 T25 1 xLED84-4S/740 DM11



Lamppu:	käyttäjän määrittelemä
Valovirta (valaisin):	6762.25 lm
Valovirta (lamppu):	7800.00 lm
Käyttötunnit	
4000 h:	100.0 %, 48.0 W
W/km:	1296.0
Järjestely:	yksipuolinen ylhäällä
Katuvalojen väli:	37.000 m
Poikkivarren kallistuskulma (3):	0.0°
Poikkivarren pituus (4):	1.500 m
Valopisteen korkeus (1):	8.000 m
Valopisteen ulkonema (2):	0.000 m

Arviointikenttien tulokset
Alenemakerroin: 0.89

Pyörätie 1 (P5)

Em [lx] ≥ 3.00 ≤ 4.50	Emin [lx] ≥ 0.60
✓ 3.89	✓ 0.96

Ajorata 1 (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	Uo (märkä) ≥ 0.15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.77	✓ 0.65	✓ 0.57	✓ 10	✓ 0.15	✓ 0.68

Energiatehokkuusindikaattorien tulokset

Tehon tiheyden (Dp) indikaattori	0.015 W/lx·m²
Energiankulutuksen tiheys	
Järjestely: BGP307 T25 1 xLED84-4S/740 DM11 CLO (192.0 kWh/v)	0.5 kWh/m²·v

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Valovoiman enimmäisarvot	
kulman ollessa 70°:	633 cd/klm
kulman ollessa 80°:	174 cd/klm
kulman ollessa 90°:	0.00 cd/klm
Valovoiman luokka:	G*1
Kaikkiin niihin suuntiin, jotka muodostavat ilmoitetun kulman alemman pystysuoran kanssa, kun valaisin on asennettu käyttökuntoon.	
Sijoittelu täyttää häikäisyarvoluokan vaatimukset D.6	

Hyvinkää Martinkatu

14/08/2018



Katu 1: Vaihtoehto 1 / Pyörätie 1 (P5) / Tuloksien yhteenveto

Pyörätie 1 (P5)Alenemakeroin: 0.89
Rasteri: 13 x 3 Pisteet

Em [lx] ≥ 3.00 ≤ 4.50	Emin [lx] ≥ 0.60
✓ 3.89	✓ 0.96

Hyvinkää Martinkatu

14/08/2018



Katu 1: Vaihtoehto 1 / Ajoina 1 (M4) / Tuloksien yhteenveto

Ajoina 1 (M4)

Alenemakeroin: 0.89

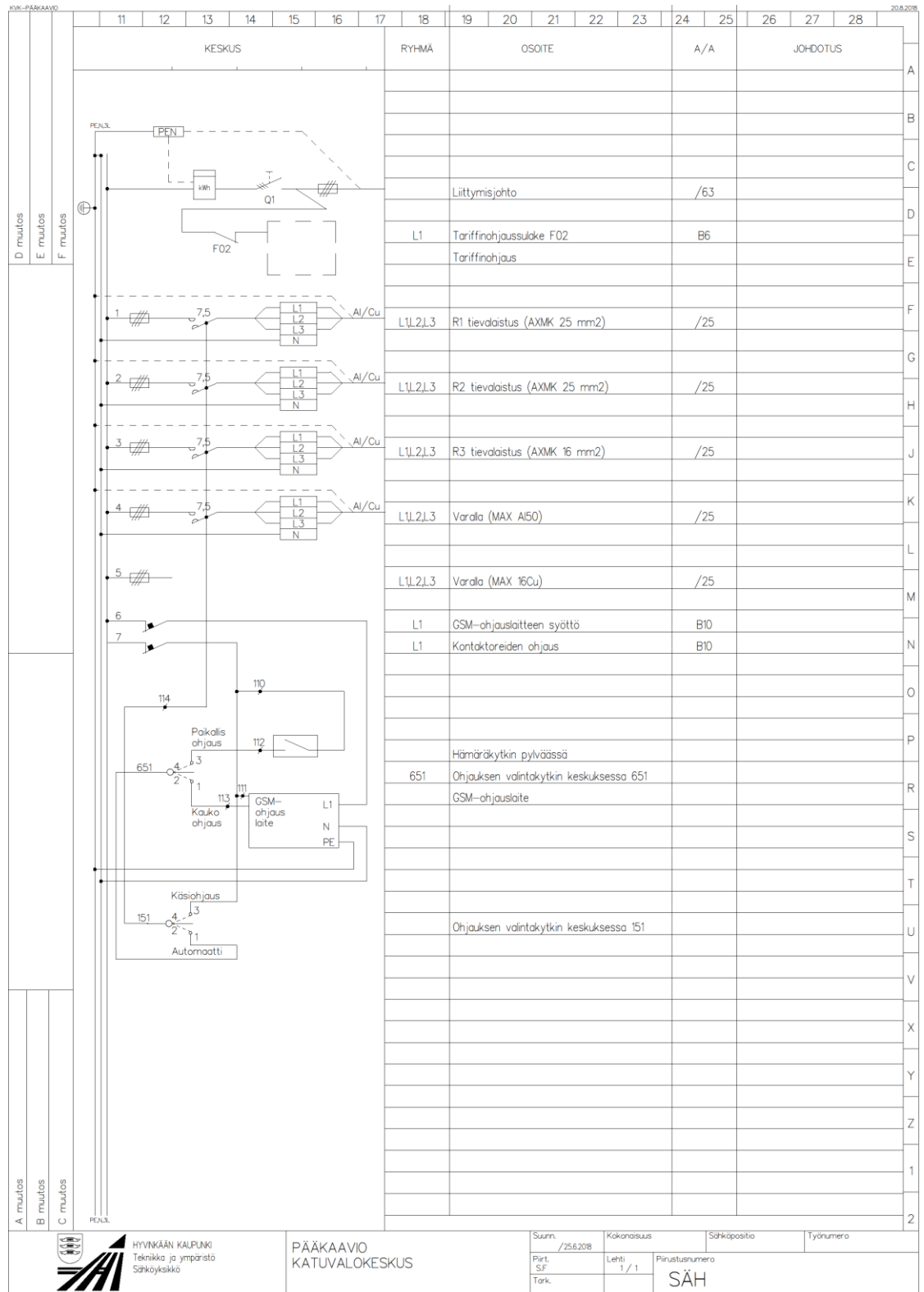
Rasteri: 13 x 8 Pisteet

Lm [cd/m ²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	Uo (märkä) ≥ 0.15	EIR ≥ 0.30
✓ 0.77	✓ 0.65	✓ 0.57	✓ 10	✓ 0.15	✓ 0.68

Sijoitettut katsojat (2):

Katsoja	Sijainti [m]	Lm [cd/m ²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15	Uo (märkä) ≥ 0.15	Lm [cd/m ²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.40	TI [%] ≤ 15
Katsoja 1	(-60.000, 1.625, 1.500)	0.82	0.65	0.79	10	0.15				
Katsoja 2	(-60.000, 4.875, 1.500)	0.77	0.65	0.57	10	0.15				

Liite 6. Keskuskaavio



D muutos
 E muutos
 F muutos

A muutos
 B muutos
 C muutos



PÄÄKAAVIO
KATUVALOKESKUS

Suunn.	/25.6.2018	Kokonaisuus	Sähköpiirros	Työnumero
Piirt.	SF	Lehti	1 / 1	Piirustusnumero
Tark.			SÄH	

Liite 7. Sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden vaaditut oikosulkuvirrat

Taulukko 1 Johdonsuojien vaatimat oikosulkuvirrat vikasuojaukseen ja oikosulkusuojaukseen.

Pienimmät oikosulkuvirrat, jolla erilaiset suojalaitteet toimivat 0,2, 0,4 tai 5,0 sekunnissa					
Suojalaitteen nimellisvirta A	Pienin sallittu yksivaiheinen oikosulkuvirta A				
	Johdonsuojakatkaisijat				
	B-tyyppi 0,2, 0,4 s ja 5,0 s	C-tyyppi 0,2 ja 0,4 s	C-tyyppi 5,0 s	D-tyyppi 0,2 ja 0,4 s	D-tyyppi 5,0 s
	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo/ mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo
6	30 / 38	60 / 75	42 / 55	120 / 150	42 / 55
10	50 / 65	100 / 125	70 / 90	200 / 250	70 / 90
16	80 / 100	160 / 200	112 / 140	320 / 400	112 / 140
20	100 / 125	200 / 250	140 / 180	400 / 500	140 / 180
25	125 / 160	250 / 320	175 / 220	500 / 630	175 / 220
32	160 / 200	320 / 400	225 / 280	640 / 800	225 / 280
40	200 / 250	400 / 500	280 / 350	800 / 1000	280 / 350
50	250 / 320	500 / 630	350 / 440	1000 / 1250	350 / 440
63	315 / 400	630 / 790	440 / 550	1260 / 1600	440 / 550
80	400 / 500	800 / 1000	560 / 700	1600 / 2000	560 / 700
125	625 / 780	1250 / 1570	875 / 1100	2500 / 3130	875 / 1100

Taulukko 2 Vaaditut oikosulkuvirrat käytettäessä gG tai gL -sulakkeita.

Sulakkeiden nimellisvirta A	Laukaisuaika	
	0,4 s	5,0 s
	Laskettu arvo / mitattu arvo	Laskettu arvo / mitattu arvo
2	16 / 20	9 / 12
4	32 / 40	18 / 23
6	46,5 / 58	28 / 35
10	82 / 103	46,5 / 58
16	110 / 138	65 / 81
20	145 / 180	85 / 105
25	180 / 225	110 / 138
32	270 / 340	165 / 210
35	290 / 365	175 / 220
40	315 / 395	190 / 240
50	470 / 590	250 / 315
63	550 / 690	320 / 400
80	840 / 1050	425 / 530
100	1000 / 1250	580 / 725
125	1450 / 1800	715 / 895
160	1600 / 2000	950 / 1190
200	2100 / 2625	1250 / 1560
250	2800 / 3500	1650 / 2065
315	3700 / 4625	2200 / 2750
400	4800 / 6000	2840 / 3550
500	6400 / 8000	3800 / 4750
630	8500 / 10625	5100 / 6375