

Jouni Pennanen

Tie- ja katuvalaistuksen rakennussuunnitelman laatiminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

19.5.2017

Tekijä Otsikko	Jouni Pennanen Tie- ja katuvalaistuksen rakennussuunnitelman laatiminen
Sivumäärä Aika	62 sivua + 12 liitettä 19.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Sähkötekniikan lehtori Tapio Kallasjoki Valaistussuunnittelija Tony Nelin, Suomen Energia-Urakointi Oy
<p>Insinööriyössä käsitellään tie- ja katuvalaistuksen rakennussuunnittelua uudisrakennuskohteeseen. Suunnittelua ja sen eri vaiheita käydään läpi käyttäen esimerkkinä Vantaan Keimolassa sijaitsevaa todellista kohdetta, jonka suunnitelma on laadittu Suomen Energia-Urakointi Oy:lle. Esitetyt periaatteet ja käytännöt pohjautuvat pääasiassa Liikenneviraston julkaisuihin, sekä Vantaan kaupungin ohjeisiin ulkovalaistuksen suunnittelusta. Suunnitteluprosessia esitellään siten, kuin se tyypillisesti etenee Suomen Energia-Urakointi Oy:ssä.</p> <p>Ennen tie- ja katuvalaistuksen suunnittelun esittelemistä, työssä käydään läpi liikenneväylien valaistusta yleisesti, valaistuksen tarpeellisuutta sekä tyypillisiä katujen valaistustapoja. Teknisestä puolesta esitellään yleisimmin käytetyt valonlähteet ja muut katuvalaistusverkon pääkomponentit sekä valaistuksen ohjaustavat.</p> <p>Päätavoitteina olivat, että lukija ymmärtäisi tie- ja katuvalaistuksen perusteet sekä tyypilliset menettelytavat sen rakennussuunnitelman laatimisessa. Tarkoituksena ei ollut saada täysin valmiita valaistussuunnitelmaa, vaan käyttää sitä suunnittelutyötä havainnollistavana apuvälineenä. Insinööriyötä ei voida myöskään pitää yleisenä suunnittelun ohjeena, mutta se antaa kuitenkin hyvän kokonaiskuvan suunnittelutyöstä, etenkin uusille valaistussuunnittelijoille Suomen Energia-Urakointi Oy:ssä. On otettava huomioon, että toteutustavat ja -prosessit vaihtelevat eri suunnittelutoimistojen ja tilaajien välillä.</p>	
Avainsanat	rakennussuunnitelma, valaistussuunnittelu, tievalaistus, katuvalaistus

Author Title	Jouni Pennanen Drafting of a construction plan for street and road lighting
Number of Pages Date	62 pages + 12 appendices 19 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer Tony Nelin, Lighting Designer, Suomen Energia-Urakointi Oy
<p>The purpose of this thesis was to address construction planning of street and road lighting for a new construction site. Planning and its various phases are examined using as an example a real design site located in Keimola, Vantaa, which has been drafted for Suomen Energia-Urakointi Oy. The principles and practices outlined are mainly based on the Finnish Transport Agency's publications and the City of Vantaa's guidelines on outdoor lighting design. The design process is presented as it typically proceeds in Suomen Energia-Urakointi Oy.</p> <p>Before going over the planning of street and road lighting, the thesis goes over the lighting of traffic routes in a general sense, the need for lighting and typical lighting methods for street lighting. On the technical side, the most commonly used light sources and other main components of the street lighting grid and lighting control methods are presented.</p> <p>The main goals were that the reader would understand the basics of road and street lighting as well as the typical procedures for drawing up its construction plan. The end result was not to get a complete lighting plan, but to use it as an illustrative tool for design work. The thesis cannot be considered as a general design guide, but it gives a good overall picture of design work, especially for new lighting designers at Suomen Energia-Urakointi Oy. It should be noted that methods and processes vary between different design offices and subscribers.</p>	
Keywords	construction plan, lighting design, road lighting, street lighting

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tie- ja katuvalaistus	2
2.1	Valaistus Vantaalla	3
2.2	Valaistuksen tarve	4
2.3	Valaistavat kohteet	4
2.4	Valaistustavat	6
3	Katuvalaistusverkon komponentit	10
3.1	Valonlähteet	10
3.2	Valaisimet	13
3.3	Sähkönjakolaitteet	14
3.4	Pylväät ja perustukset	18
4	Valaistuksen ohjaus	20
5	Suunnittelu	22
5.1	Suunnitelmatasot	23
5.2	Ohjeet ja määräykset	25
5.3	Ohjelmat ja työkalut	25
5.4	Suunnittelun lähtökohdat	28
5.5	Maastokäynnit	30
5.6	Valaisimien valinta	30
5.7	Valaistusteknilliset vaatimukset	30
5.7.1	Valaistustekniikan suureita	30
5.7.2	Valaistusluokat	32
5.7.3	Valaistuslaskennat	36
5.7.4	Laskennat DIALuxilla	36
5.8	Suunnitelmapiiirustuksen laatiminen	36
5.8.1	Pohjakartat ja referenssit	42
5.8.2	Pylväiden sijoittelu ja valaistusratkaisut	42
5.8.3	Kaapeloinnit	48
5.8.4	Viitteet ja merkinnät	50
5.8.5	Koordinaatit	51

5.9	Ulkovalaistuskeskus	52
5.10	Yleis- ja purkupiirustukset	56
5.11	Muut dokumentit	57
5.12	Suunnitelman luovuttaminen tilaajalle	57
6	Yhteenveto	59
	Lähteet	60

Liitteet

Liite 1. Vantaalla käytettävät valaisinpylväsmallit

Liite 2. Valaistus- ja kaupunkisuunnittelun prosessikaavio

Liite 3. Valaistussuunnitelman symbolit ja merkinnät

Liite 4. Keimolanmäen 2-vaiheen katusuunnitelma

Liite 5. Keimolanmäen valaistuksen yleissuunnitelma

Liite 6. Keimolanmäen 2-vaiheen katupoikkileikkaukset

Liite 7. Valaistusluokan valinta

Liite 8. Valaistusteknillisten laskentojen tulokset

Liite 9. Ulkovalaistuskeskuksen pääkaavio

Liite 10. Ulkovalaistustöiden määräluettelo

Liite 11. Keimolanmäen 2-vaiheen valaistuksen yleispiirustus

Liite 12. Keimolanmäen 2-vaiheen valaistuksen rakennussuunnitelma

1 Johdanto

Insinööriyössä käydään läpi tievalaistuksen rakennussuunnitelmaa ja miten sen laatiminen tyypillisesti etenee Suomen Energia-Urakointi Oy:ssä. Pyrkimyksenä on selvittää eri vaiheiden yleisiä periaatteita ja kertoa, miten ne toteutettiin insinööriyössä käytetyssä esimerkkisuunnitelmassa. Lisäksi tavoitteena on antaa hyvä yleiskuva liikenneväylien valaistuksesta kokonaisuudessaan, joka tukee suunnittelun eri vaiheiden ja periaatteiden selvitystä.

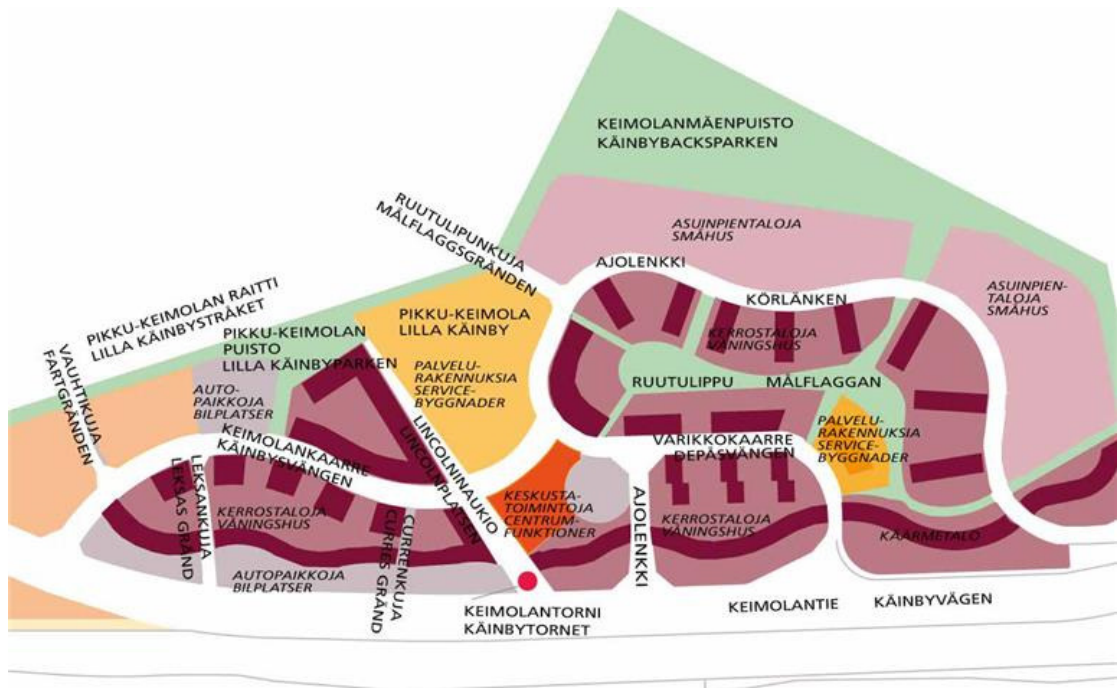
Esimerkkisuunnitelmana käytetään Vantaalle rakennettavan uuden Keimolanmäen asuinalueen 2-rakennusvaiheen valaistussuunnitelmaa. Tilaus työlle vastaanotettiin elokuussa 2016, mutta suunnittelu käynnistyi kunnolla vasta joulukuussa. Tilausta ei alun perin tehty insinööriyönä, vaan sitä alettiin työstää normaalina suunnittelutehtävänä. Keimolanmäki osoittautui kuitenkin uudisrakennusalueena myös hyväksi valaistuksen rakennussuunnittelun esimerkkikohteeksi. Valaistussuunnitelma ei ole vielä lopullinen, sillä kohdealueen muut rakennussuunnitelmat saattavat vielä muuttua ennen rakentamisen alkamista. Suunnitelma on laadittu Vantaan kaupungin nykyisten voimassa olevien ohjeiden ja määräysten mukaan. Ohjeisiin tullaan tekemään muutoksia vuosien 2017 ja 2018 aikana, mutta niitä ei ole vielä otettu käyttöön insinööriyön kirjoituksen aikana. Niitä tullaan kuitenkin todennäköisesti osittain hyödyntämään Keimolanmäen 2-vaiheen valaistuksen lopullisessa toteutussuunnitelmassa.

Suomen Energia-Urakointi Oy on yksi Suomen suurimmista sähköisen yhdyskuntatekniikan palveluntarjoajista. SEU:lla on tällä hetkellä yhteensä noin 160 työntekijää kolmessa eri toimipisteessä Helsingissä, Espoossa ja Lahdessa. Yrityksen tarjoamia palveluita ovat jakelu- ja katuvaloverkkojen suunnittelu ja rakentaminen, sekä niiden ylläpito- ja käyttötyöt. Lisäksi SEU tarjoaa kattavasti palveluita mm. liikennevalojen asennuksiin ja ylläpitoon, liittymisjohtoihin ja tilapäisasennuksiin, maastosuunnitteluun sekä sähköasemien suunnitteluun ja asennukseen. Suurin osa yrityksen toiminnasta keskittyy toimipisteiden läheisyyteen pääkaupunkiseudulle, pääasiallisten tilaajien ollessa Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupungit sekä sähkönjakeluverkkojen haltijat. [1.]

Keimolanmäki (kuva 1) on Vantaan Kivistön suuralueen, Keimolan kaupunginosassa rakenteilla oleva asuinalue. 49 hehtaarin asuntoalue tarjoaa kodin noin 2500 asukkaal-

le. Alueen suunnittelu on alkanut vuonna 2009 ja rakentaminen 2015. Keimolanmäki on arvioiden mukaan kokonaisuudessaan valmis noin 15 vuodessa. [2.]

Insinööriyössä esimerkkinä käytettävä valaistussuunnitelma kattaa Ajolenkin, Ruutulipunkujan ja Varikkokaarteeseen sekä osan Keimolanmäentiestä. Kuvassa 1 Keimolanmäentiestä on käytetty nimeä Keimolantie.



Kuva 1. Yleiskuva Keimolanmäestä [2].

2 Tie- ja katuvalaistus

Tie- ja katuvalaistuksella tarkoitetaan tyypillisesti pylväsrakenteisia valaisimia, joilla valaistaan moottoriajoneuvojen ajoratoja ja kevyen liikenteen väyliä. Valaistuksen määrästä Suomessa ei ole kattavaa tilastotietoa, mutta vuonna 2015 valaistuja maanteitä oli yhteensä 12 723 km [3, s. 47].

Maanteiden valaistuksen omistaa valtio. Valtion tienpitoviranomaisena toimii Liikennevirasto, jonka ohjaamina paikalliset ELY-keskukset (elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskukset) vastaavat alueidensa valaistuksen rakentamisesta ja ylläpitämisestä. Valtioneuvoston asetuksella voidaan myös säätää tienpitoviranomaiseksi jokin muu valtion

viranomainen, jos sitä tienpidon kannalta on pidettävä tarkoituksenmukaisena. Jos tienpitoviranomainen ei katso maantien valaistusta tarpeelliseksi tai ajankohtaiseksi, kunta voi kuitenkin tienpitoviranomaisen luvalla rakentaa sen. Valaistuksen omistuksesta sovitaan erikseen. Kunnat vastaavat pääsääntöisesti maanteiden ulkopuolisten teiden valaistuksesta. [4, s. 12; 5, § 11.]

Valaistushankkeiden kustannuksista rakennusvaiheessa vastaa valaistuksen omistaja yleensä itse. Mikäli valtion rakentamasta valaistuksesta tehdään kunnan pyynnöstä korkealuokkaisempi kuin Liikenneviraston ohjeet määrittävät, kunta vastaa hankkeen lisäkustannuksista. Kunnan saneeraushankkeissa valtio voi osallistua kustannuksiin, jos valaistuksen uusiminen tai parantaminen on perusteltua liikenneturvallisuussyistä. Maanteillä kunta ja valtio vastaavat omistamiensa valaistuksien käyttö- ja kunnossapitokustannuksista. [4, s. 12–13.]

2.1 Valaistus Vantaalla

Vantaalla on yhteensä noin 42 000 valopistettä ja noin 450 ulkovalaistuskeskusta. Katujen ja julkisten alueiden valaistuksesta vastaa Vantaan kaupunki ja Vantaan läpi kulkevien pääteiden valaistuksesta Uudenmaan ELY-keskus. Valaistuksen energiakustannukset ovat noin 1,4 miljoonaa euroa vuodessa ja huoltokustannukset noin 0,6 miljoonaa euroa. [6.]

Valaistusta huolletaan talvella ja syksyllä ajettavilla huoltokierroksilla, jolloin vaihdetaan yksittäisiä viallisia lamppuja. Valaisimet puhdistetaan ja pienet viat korjataan kesäisin tehtävässä ryhmänvaihdossa. Ryhmänvaihdossa vaihdetaan noin 20 % kaikista lamppuista. [6.]

Vantaalla on aloitettu vuonna 2014 elohopeavalaisimien vaihtoprojekti, joka kestää vuoden 2018 loppuun. Elohopeavalaisimia vaihdettiin vuonna 2016 noin 4500 kappaletta LED-valaisimiin, jotka ovat nykyään korvanneet vaihtovalaisimina projektin alussa käytetyt suurpainenatriumvalaisimet. [6.]

2.2 Valaistuksen tarve

Valaistus on oleellinen osa viihtyisän asuin- ja kaupunkiympäristön luomisessa sekä turvallisuuden lisäämisessä. Nykyaikainen valaistus tarjoaa mahdollisuuksia myös energiansäästöön. Tievalaistuksen tärkein tehtävä on kuitenkin liikenneturvallisuuden parantaminen.

Onnettomuusaste kasvaa pimeänä vuorokaudenaikana 2–4-kertaiseksi verrattuna valoisaan aikaan ja kaikista onnettomuuksista yli 30 % tapahtuu pimeän aikaan. Tutkimusten mukaan tievalaistus vähentää näitä onnettomuuksia 20–30 % tieluokasta riippuen, suurimman vaikutuksen ollessa kevyen liikenteen väylän käyttäjiin kohdistuvissa onnettomuuksissa. [7, s 10.]

Tievalaistuksella voidaan parantaa liikenneturvallisuutta myös poikkeuksellisilla tieolosuhteilla, kuten tunneleissa ja monimutkaisissa kiertoliittymissä. Liikenneturvallisuuden lisäksi tie- ja katuvalaistus parantaa muun muassa ajomukavuutta ja optista ohjausta. [7, s 10.]

2.3 Valaistavat kohteet

Tievalaistuskohteita on kahdenlaisia: aina valaistavat kohteet, eli kohteet joiden valaisemisen perusteille ei tarvita lisäselvityksiä ja mahdollisesti valaistavat kohteet, joiden valaistuksen tarpeellisuus arvioidaan erikseen. [8, s. 2]

Valtion omistamilla teillä valaistuksen tarpeellisuutta voidaan arvioida liikennemäärien avulla (taulukko 1). Liikennemäärät perustuvat eri tieluokkien keskimääräisiin henkilöonnettomuusasteisiin (taulukko 2), vuoden 2014 rakennuskustannuksiin ja oletettuun energia- ja kunnossapitokustannusten kehitykseen. Valaistuksen taloudellista kannattavuutta voidaan arvioida erilaisilla kustannustarkasteluilla. [7, s. 12.]

Taulukko 1. Liikennetaloudellisesti kannattavat tievalaistuksen liikennemäärät [7, s. 12].

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

* ei sisällä maatalousliittymiä

Taulukko 2. Henkilövahinko-onnettomuusasteet eri tieluokille valaistuksen polttoaikana [7, s. 121]

Tieluokka	Henkilövahinko-onnettomuusaste onn./10 ⁸ ajon. km	
Kaksiajorataiset valta- ja kantatiet		
Moottoritie	9,2	
Nelikaistainen keskialueellinen tie tasoliittymin	14,9	
Nelikaistainen keskikaiteellinen tie	8,7	
Keskikaiteellinen ohituskaistatie	8,7	
Yksiajorataiset tiet	Taajamamerkin alueella	
	ei	kyllä
Valta- ja kantatie	17,4	36,5
Seutu- ja yhdystie	32,4	50,5

Valtion omistamilla moottoriteillä valaistuksen rakentaminen on perusteltua ilman lisäselvityksiä ja liikennemääristä riippumatta seuraavissa tapauksissa:

- tunnelit ja muut katetut tieosat
- moottoritien aloituskohdat
- moottoritiet taajamissa
- osuudet, joilla liittymien nokkaväli on alle 2000 m
- kahden valaistun osuuden välissä olevat valaisemattomat osuudet, joiden pituus on alle 1500 m. [7, s. 13.]

Kunnat vastaavat omistamiensa teiden ja katujen osalta itse siitä, mitkä niistä valaistaan. Valaistavat tiet ja kadut voidaan valita taulukon 1 mukaisesti tieluokittain liikennemäärien perusteella, mutta tyypillisesti taajamissa valaistaan kaikki moottoriajoneuvojen liikenneväylät.

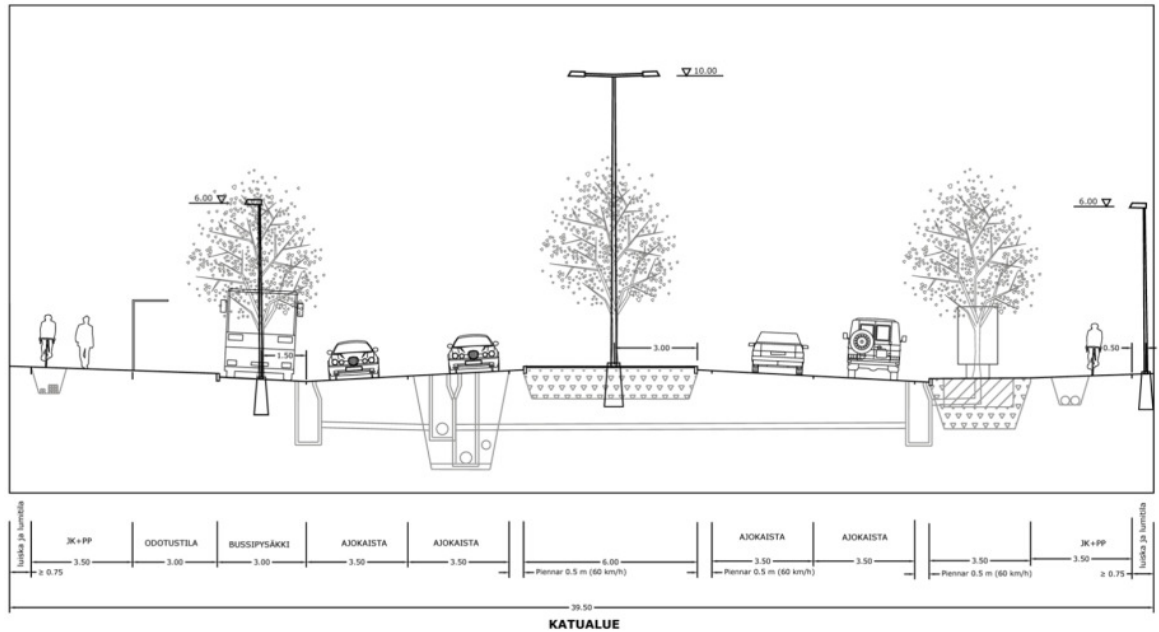
2.4 Valaistustavat

Erilaisilla valaistustavoilla voidaan helpottaa katuverkon osien erottamista toisistaan. Tyypillinen taajaman katuverkko koostuu pääkaduista, kokoojakaduista ja tonttikaduista. Katutyypin ja tieympäristön määrittävät, millainen valaistustapa ja kuinka korkea valaistusluokka valitaan. [7, s. 64.]

Eri kunnilla on yleensä omat vaatimuksensa valaistustavoille, ja ne esitetään joko ulkovalaistuksen tarveselvityksessä tai yleissuunnitelmassa. Seuraavana esitetyt valaistustavat ovat Vantaan ulkovalaistuksen tarveselvityksen mukaiset.

Pääkatuvalaistus

Pääkadut (kuva 2) yhdistävät eri kaupunginosia toisiinsa. Pääkaduilla nopeusrajoitus on tyypillisesti 50–60 km/h ja pysäköinti katujen varsille yleensä kielletty. Valaistukseen voidaan käyttää näyttäviä ja korkealaatuisia kalusteita, asennuskorkeuden ollessa 10–12 m. Jos kevyen liikenteen väyliä valaistaan erikseen, asennuskorkeus on 6 m. [9, s. 39.]

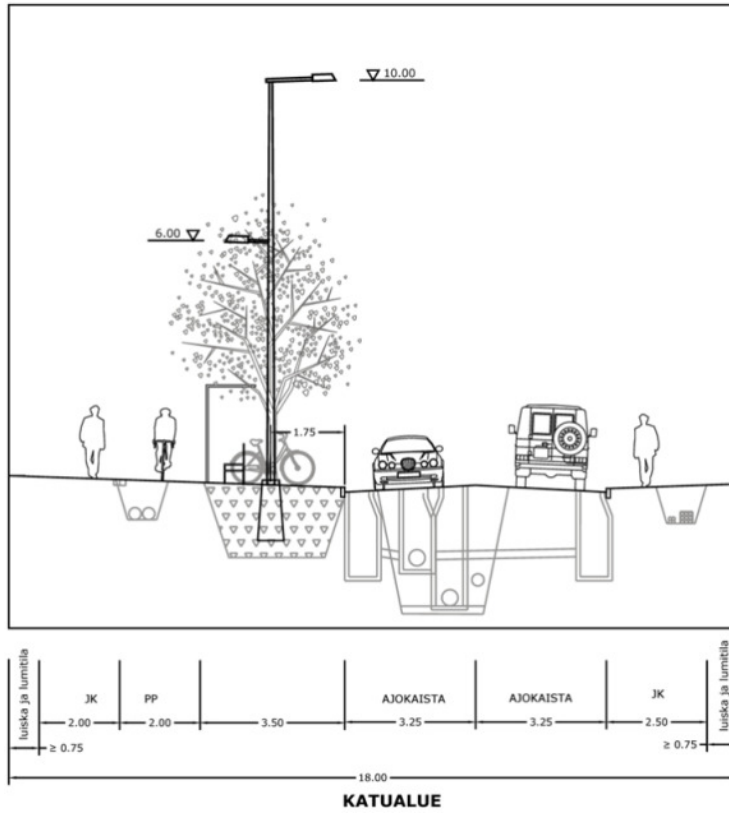


Kuva 2. Esimerkki pääkadun mitoituksesta ja valaistavasta [9, s. 40].

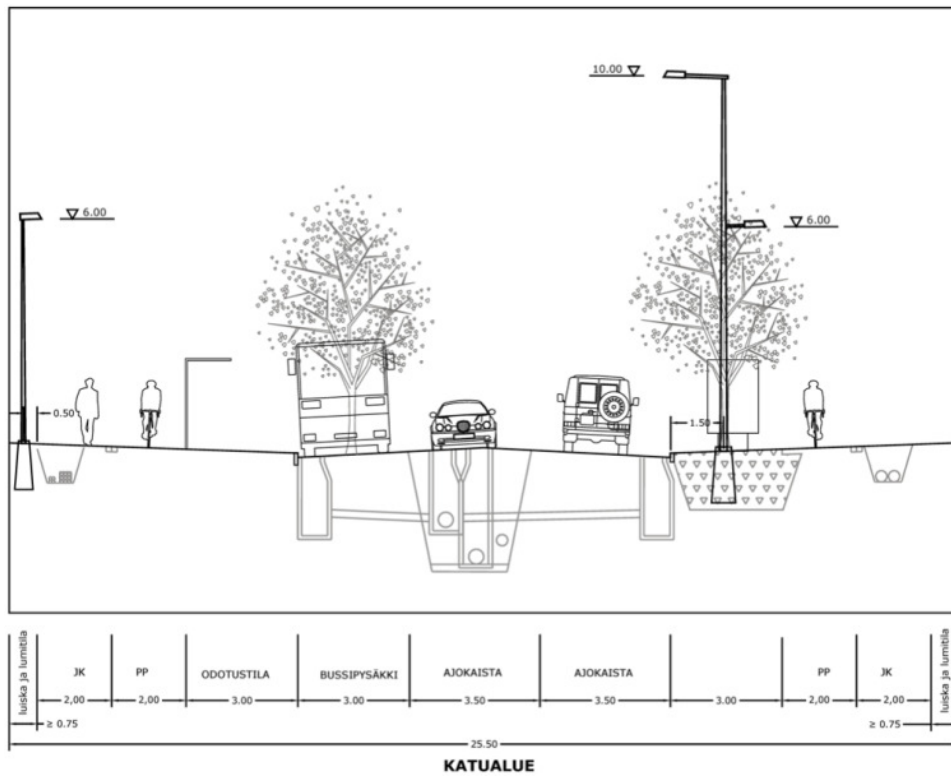
Kokoojkatuvalaistus

Kokoojakaadut jaetaan alueellisiin ja paikallisiin kokoojakaatuihin (kuvat 3 ja 4). Alueelliset kokoojakaadut palvelevat kaupungin osa-alueen sisäistä liikennettä ja alueen yhteyksiä päätieverkkoon. Paikalliset kokoojakaadut ovat kaupunginosan sisäisiä katuja, jotka yhdistävät tonttikadut pääkatuihin ja alueellisiin kokoojakaatuihin.

Kokoojakaatujen nopeusrajoitus on 40–50 km/h ja kadunvarsipysäköinti sallittua paikallisilla kokoojakaaduilla. Alueellisilla kokoojakaaduilla tilapäinen kadunvarsipysäköinti on sallittua aluekeskuksissa. Valaistuksen asennuskorkeus on 8–10 m ja valaistus voidaan pylväiden sijaan asentaa myös ripustusvaijereilla katujen yläpuolelle tai rakennusten seiniin. [9, s. 42.]



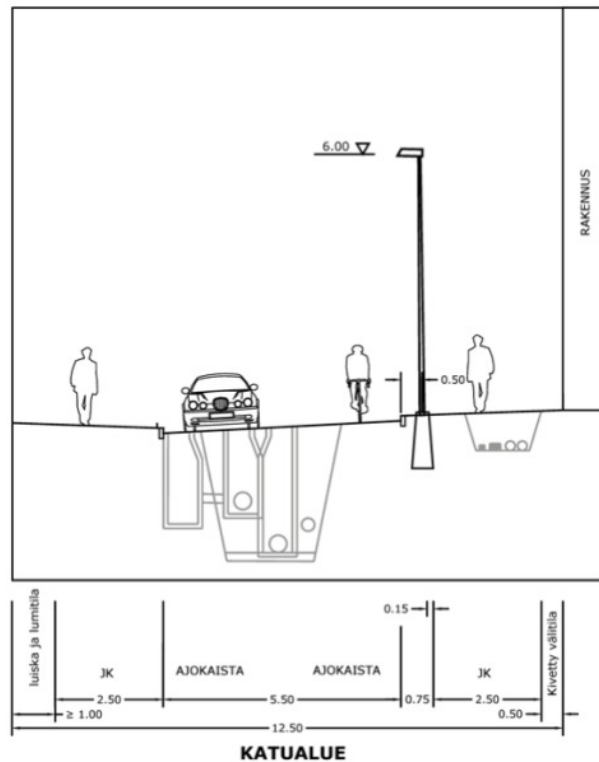
Kuva 3. Esimerkki paikallisen kokoojakadun mitoituksesta ja valaistustavasta [9, s. 41].



Kuva 4. Esimerkki alueellisen kokoojakadun mitoituksesta ja valaistustavasta [9, s. 41].

Tonttikatuvalaistus

Tonttikaduilta (kuva 5) on ajoyhteys tonteille ja ne mahdollistavat myös liikenteen tonttien välillä. Nopeusrajoitus on yleensä 30–40 km/h. Valaisimien asennuskorkeus on 6–8 m ympäristöstä riippuen ja pylväiden sijaan valaisimet voidaan asentaa myös rakennusten seinille. [9, s. 42.]



Kuva 5. Esimerkki tonttikadun mitoituksesta ja valaistustavasta [9, s. 42].

Kevyen liikenteen väylien valaistus

Kävely- ja pyöräteillä valaisimien ja pylväiden tulee sopia katutilaan ja ympäristön muihin katukalusteisiin. Valaistuksen täytyy tukea alueen turvallisuuden tunnetta ja viihtyisyyttä. Valaisimien asennuskorkeus on 5–6 m. Autoliikenteen ajorata ja sen vieressä kulkeva kevyen liikenteen väylä pyritään yleensä valaisemaan samoilla valaisinpylväillä. Kevyen liikenteen väylä voidaan valaista erikseen, jos ajorata on todella leveä ja pylväät sijaitsevat eri puolella tietä. Maantien vierellä kulkeva kevyen liikenteen väylä valaistaan erikseen, jos sillä on paljon liikennettä tai liikenne painottuu pimeään vuodenaikaan. Kevyen liikenteen väylää ei yleensä valaista, jos sen rinnalla kulkevaa päätieta ei ole valaistu. [9, s. 43; 7, s. 12–14.]

3 Katuvalaistusverkon komponentit

3.1 Valonlähteet

Ulkovalaistuksessa käytettävät lampputyypit ja valon värilämpötilat määritellään yleensä kuntien ulkovalaistuksen tarveselvityksessä tai tiesuunnitelman valaistustiedoissa [7, s. 89].

Tie- ja katuvalaistuksessa yleisimmät lampputyypit ovat erilaiset kaasupurkauslamput, kuten suurpainenatriumlamput niiden pitkän polttoajan ja hyvän valotehokkuuden takia. Yhä enemmän kuitenkin käytetään valonlähteinä ledejä niiden väri-ominaisuuksiensa, säädettävyyden ja koko ajan kehittyvän valotehokkuutensa takia. Myös pienempi energiankulutus sekä LED-tekniikkaan tarvittavien komponenttien hintojen lasku tekee ledivalaisimien asentamisesta jatkuvasti investointi- ja elinkaarikustannuksiltaan kannattavampaa. Vantaalla asennetaan uudisrakennuskohteisiin vain LED-valaisimia ja saneerauskohteissakin asennetaan vain hyvin pieniä määriä suurpainenatriumvalaisimia.

Elohopeahöyrylamppu



Kuva 6. Elohopealamppu [10].

Elohopealamppun (kuva 6) valontuotto perustuu elohopeahöyryn lähettämään säteilyyn sähköpurkauksessa. Tämä saadaan aikaan johtamalla lampun polttimon eli purkausputken kautta suuri virta, joka nostaa elohopeahöyryn lämpötilaa ja painetta. Polttimoa ympäröivä ulkokupu on päällystetty loisteainekerroksella, joka muuttaa polttimon lähettävän ultraviolettisäteilyn näkyväksi valoksi. [11, s. 70–71.]

Elohopealampun valovirta alenee johtuen polttimon seinämän tummumisesta ja lampun tyypillinen polttoikä on 12 000 tuntia. Valotehokkuus on elohopealampulla 34–63 lm/W ja valovirta 2000–130000 luumenta. [11, s. 53; 73].

Elohopealamppuja on käytetty pääsääntöisesti tievalaistuksessa, jonkin verran puisto- ja pihavalaistuksessa sekä teollisuushalleissa ja varastoissa. Niiden markkinoille saattaminen on kuitenkin ollut kiellettyä vuodesta 2015 lähtien, kun ne eivät enää täyttäneet uuden EU-asetuksen mukaisia valotehokkuusvaatimuksia. [12, s. 235.]

Monimetallilamppu



Kuva 7. Monimetallilamppu [13].

Toimintaperiaate monimetallilampulla (kuva 7) on hyvin samankaltainen kuin elohopealampulla, mutta sen purkausputkessa on käytetty elohopean lisäksi muiden metallien jodideja. Monimetallilampun tuottama valo valkoisempaa kuin elohopealampulla ja sen värintoisto-ominaisuudet ovat myös paremmat. [10, s. 75–76.]

Monimetallilampun valotehokkuus on 70–90 lm/W, ja valovirtaa se tuottaa 19 000–300 000 luumenta, polttoiän ollessa noin 10 000 tuntia. Kuten elohopealampulla, myös monimetallilampun polttoiän aikainen valovirran alenema johtuu purkausputken tummumisesta. Valovirran alenemaan vaikuttaa myös eri metallien yhdisteiden kemiallisen tasapainon muuttuminen purkausputkessa ja lampun elektrodimateriaalin höyrystyminen. [10, s. 53, 11, s. 258; 267.]

Monimetallilamppuja käytetään pääosin puistojen ja muiden julkisten alueiden sekä teollisuustilojen valaistukseen. Tievalaistuksessa niitä käytetään hyvin vähän, lähinnä kevyen liikenteen väylillä. [11, s. 258.]

Suurpainenatriumlamppu



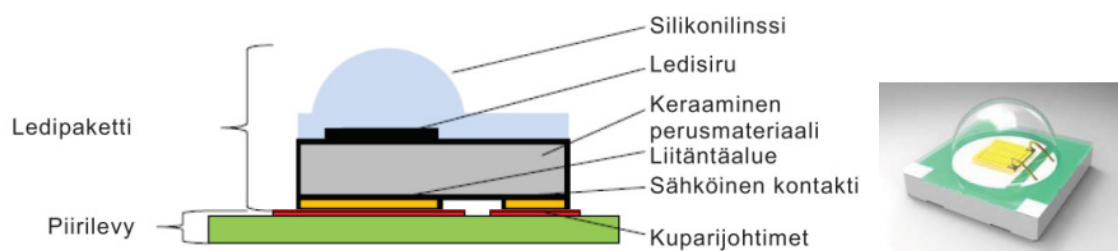
Kuva 8. Suurpainenatriumlamppu [14].

Suurpainenatriumlampun (kuva 8) purkausputki sisältää natriummetallia, joka höyrystyy, kun sen läpi johdetaan virtaa. Purkausputken seinämän lämmitessä natriumhöyrin paine kasvaa ja alkaa lähettävää näkyvää valoa. Valon spektrijakauma ulottuu koko näkyvälle alueelle, spektrihuippujen osuessa keltaiselle ja punaiselle alueelle. Suurpainenatriumlampun tuottaman valon väri onkin hyvin kellertävää ja värinistöominaisuudet heikot muilla väreillä. [10, s. 79; 81.]

Valotehokkuus on suurpainenatriumlampulla hyvä, koska suurin osa sen säteilemästä valosta osuu hyvin silmänherkkyysalueelle. Sen valotehokkuus on 80–119 lm/W ja valovirtaa se lähettää 14 000–130 000 luumenta noin 16 000 tunnin polttoiällä. Purkauslampuille tyypillisen tummumisen lisäksi suurpainenatriumlampun valovirran alenemiseen vaikuttaa purkausputkessa tapahtuva natriumhävikki. [10, s. 81; 53; 11, s. 248.]

Tievalaistuksessa käytetään suurpainenatriumlamppuja todella paljon niiden halvan hankintahinnan ja hyvän valontuoton takia. Muita käyttökohteita ovat erilaiset ulkoalueet, esimerkiksi parkkipaikat. Verkojännitteellä syttyviä suurpainenatriumlamppuja on myös käytetty elohopealamppujen korvaajina. [11, s. 257.]

LED (Light-Emitting Diode)



Kuva 9. Pintaliitosledin rakenne [15.]

LED eli loistediodi (kuva 9) on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan virta. Virran kuljettaessa elektroneja ja elektroniaukkoja katodilta anodille, ne yhdistyvät sirun liitoskohdassa, jolloin vapautuu energiaa. Vapautuvasta energiasta osa emittoituu valoksi, mutta suurin osa muuttuu lämpöenergiaksi. [16.]

Ledit voivat tuottaa käytännössä minkä väristä valoa tahansa, mutta etenkin tievalaistuksessa ledien halutaan tuottavan luonnollista valkoista valoa. Päälylystämällä ledisirun kotelo keltaisella loisteaineella, tai käyttämällä RGB-ledejä, saadaan aikaan valkoinen valo. RGB-ledissä on yhdistetty punainen, vihreä ja sininen loistediodi ja sillä saadaan aikaan useita erilaisia värisävyjä. Värintoisto-ominaisuudet ovat ledeillä hyvin vaihtelevat, koska niiden värispektri on puutteellinen etenkin halvoilla ledeillä. [15; 17.]

Valotehokkuus on ledeillä erittäin korkea ja se kehittyy kokoajan. Esimerkiksi monet valaisinvalmistajat lupaavat katuvalaisimilleen valotehokkuudeksi 120–140 lm/W, jotkut jopa 160 lm/W. Ledien etuna on myös pitkä elinikä, mikä johtuu niiden rakenteesta. Niissä ei ole herkkiä osia, jotka rikkoutuisivat mekaanisessa rasituksessa, kuten hehku-lankaa. Ledivalaisimessa liitäntälaitte saattaa kuitenkin hajota jo ennen valonlähteitä. Vaikka ledit ovat mekaanisesti kestäviä, ongelmana on kuitenkin niiden tuottaman valovirran putoaminen elinikänsä aikana. Suurin aleneman aiheuttaja on diodin sisäinen lämpötila, joka johtuu diodin läpi kulkevasta sähkövirrasta ja ympäristön lämpötilasta. Ledien elinikä ilmoitetaan tyypillisesti valovirran alenemana, esimerkiksi $L_{80}B_{50}$ 70 000 h, joka tarkoittaa että 70 000 tunnin kuluttua 50 %:ssa valaisimista valovirran määrä on $\geq 80\%$ uuden tuotteen valovirrasta. [17.]

Koska ledi lähettää valoa vain yhteen suuntaan, valaisimiin voidaan kehittää paljon erilaisia optiikoita ja heijastinratkaisuita. Näin voidaan tehdä hyvin tarkkoihinkin käyttösovelluksiin sopiva valaisin. Ledejä käytetäänkin valonlähteinä lähes kaikkialla ja tievalaistuskäytössä ne yleistyvät koko ajan.

3.2 Valaisimet

Valaisimet suojaavat valonlähteitä asennusympäristönsä vaikutuksilta, kuten likaantumiselta ja kosteudelta sekä mekaanisilta rasituksilta, kuten ilkevallalta. Ne myös suuntaavat valonlähteen tuottaman valon valaistavalle alueelle erilaisilla heijastin- ja optiikkaratkaisuilla, pyrkien mahdollisimman hyvään hyötysuhteeseen. Valaisimen hyötysuh-

teella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon valonlähteiden säteilemästä valovirrasta tulee valaisimesta ulos.

Katuvalaisimissa käytetään tyypillisesti purkauslampuilla heijastimia valon suuntaamiseen, ja ledeillä muotoiltuja linssejä. Hyvillä linssioptiikoilla ei ole niin suuria valovirran häviöitä kuin heijastinratkaisuilla ja valonlähteen aiheuttama varjostus jää myös pois. Jotkut valmistajat käyttävät kuitenkin myös LED-katuvalaisimissa heijastimia, jolloin ne vaativat suuremman tehon tuottaakseen saman valovirran, kuin linssitekniikalla toteutulla valaisimella.

Valaisimien rakenteeseen on yleensä sijoitettu kaikki valonlähteen verkkoon liittämiseen tarvittavat komponentit, kuten niiden ohjainlaitteet. Valonlähteen tarvitseman ohjaimen, eli liitälaitteen, tehtävänä on säätää virtaa ja jännitettä valonlähteille sopiviksi. Liitälaitte voi olla elektroninen, tai perinteisempi magneettinen kuristin. Esimerkiksi suurpainenatrium- ja monimetallilamput vaativat kuristimen lisäksi toimiakseen sytyttimen, ja usein niissä on myös loistehon kompensointikondensaattori. Elektronisessa liitälaitteessa sytytin ja kuristin on yhdistetty, eikä se kuluta loistehoa, joten erillistä kompensointia ei tarvita. Elektroniset liitälaitteet mahdollistavat myös paremmat valaistuksen ohjausmahdollisuudet ja pidentävät valonlähteiden elinikää, mutta itse liitälaitteen elinikä on hieman lyhyempi ja hinta korkeampi, kuin perinteisellä kuristimella. Purkauslampuilla voidaan käyttää kuristinta tai elektronista liitälaitetta, mutta ledit vaativat aina elektronisen liitälaitteen.

3.3 Sähköjakolaitteet

Ulkovalaistuksessa käytettävät sähkölaitteet tulee olla CE-merkittyjä ja niiden pitää täyttää SFS 6000 -standardisarjan asettamat vaatimukset [7, s. 104].

Kaapelointi

Tievalaistuksen johtoverkko jaotellaan seuraavasti:

- liittymisjohto
- pääjohto
- ryhmäjohto

- valaisinjohto
- ohjausjohto. [7, s. 105.]

Liittymisjohdolla tarkoitetaan ulkovalaistukeskuksen ja sitä syöttävän jakeluverkon välistä ilma- tai maakaapelia. Liittymiskaapelina käytetään yleensä maakaapelia, etenkin taajamissa. Kaapeli voi olla esimerkiksi AXMK 4x35 mm². *Pääjohto* on yhtä tai useampaa keskusta syöttävä virtapiiri [7, s. 105]

Ryhmäjohdot ovat eri valaistusrhymiä syöttäviä johtoja. Puupylväissä ryhmäjohtoina käytetään AMKA-ilmajohtoa ja metallipylväissä maakaapelia. Vantaalla käytetään metallipylväillä yleensä AXMK 4x25 mm² -maakaapelia (kuva 10). [7, s. 105.]



Kuva 10. AXMK voimakaapeli [18].

Valaisinjohto on pylväskalusteen ja valaisimen välinen syöttöjohto. Johdoksi suositellaan 2,5 mm² paksuista MMJ-kaapelia (kuva 11), mutta joskus joudutaan käyttämään 1,5 mm² kaapelia, mikäli tarvitaan viisi johdinta ohjauksen takia. 5x2,5 mm²:n kaapeli saattaa olla liian paksua asennettavaksi joihinkin valaisimiin. [7, s. 106.]



Kuva 11. MMJ 3x2,5S -asennuskaapeli [19].

Ohjausjohdolla välitetään sytytys- ja sammutuskäskyjä keskukselta toiselle. Ohjausjohto voi olla erillinen, esimerkiksi maakaapeliasennuksissa MCMK 2x6+6 (kuva 12). Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ryhmäjohtona esimerkiksi AMCMK 4x16+10 kaapelia, jolloin nollassa johdinta käytetään ohjaukseen. Nykyään ohjausjohtoja on korvattu langattomilla ohjausjärjestelmillä. [7, s. 106.]

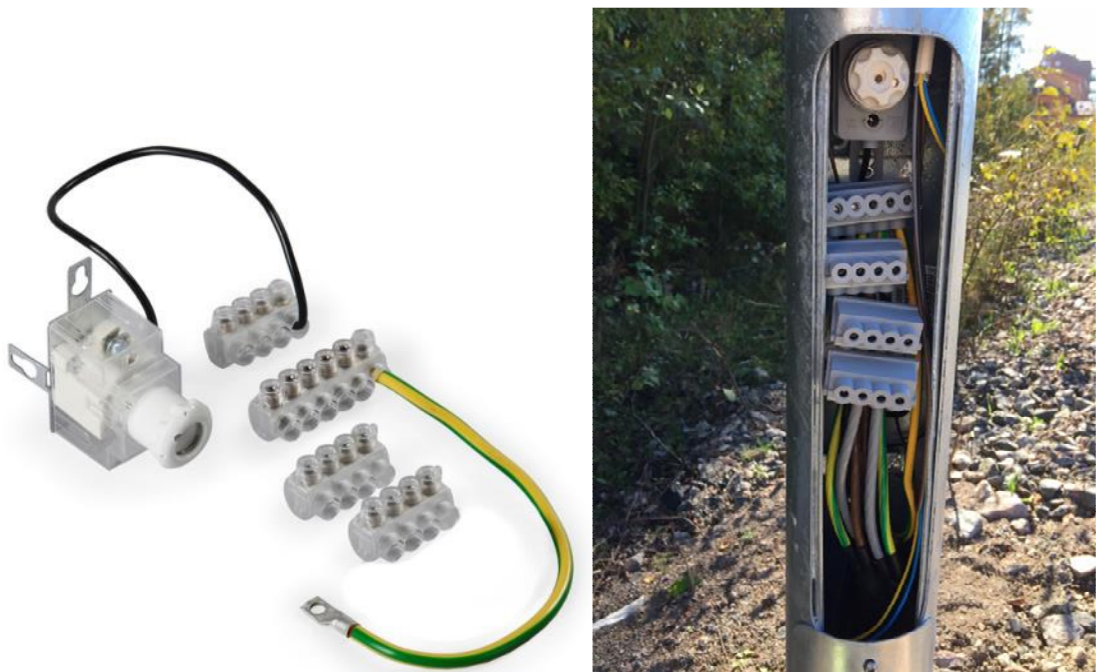


Kuva 12. MCMK 2x6+6 voimakaapeli [20].

Vantaalla maakaapelit suojataan koko suunnitelma-alueella TEL A -luokan, tyypillisesti M110-kokoisilla suojaputkilla. Putkitusta jatketaan pylväsjalustan kaapeliaukolle asti.

Kytöntäkalusteet

Kytöntäkalusteet ovat maakaapeliasennuksissa käytettäviä laitteita ja liittimiä, joiden avulla yhdistetään valaisinjohto ja ryhmän syöttökaapeli sekä ketjutetaan ryhmäjohto seuraavalle pylväälle. Kytöntäkalusteet koostuvat varokkeista ja liittimistä, joihin johdot kytketään. Metallipylväillä kalusteet ovat pylvään sisällä ja kytkennät tehdään pylväessä olevasta kytöntäluukusta. Puupylväillä voidaan käyttää pinta-asennettavaa haaroituskotelo, jonka sisällä on vastaavat kalusteet kuin metallipylväillä. Yleisimmät metallipylväillä käytettävät putkipylväskalusteet ovat kuvan 13 mukaisia Ensto Oy:n SV15-sarjan kalusteita. [7, s. 108.]



Kuva 13. Ensto Oy:n valmistama SV15.11 valaisinpylväskalustesarja [21]. Oikealla puolella kytöntäkaluste pylvääseen asennettuna.

Maadoitukset

Tievalaistuksessa maadoitukset on tehtävä standardin SFS 6000 mukaisesti. Nollajohdin on käyttömaadoitettava enintään 200 m:n etäisyydellä verkon syöttöpisteestä ja jokaisen yli 200 m pitkisen johdon tai johto-haaran loppupäässä tai enintään 200 m:n etäisyydellä loppupäästä. Vantaalla on oltava korkeintaan 200 m lähimpään maadoitukseen miltä tahansa valaisimelta tarkasteltuna. Keskuksille ja valaistuille linja-autojen pysäkkikatoksille tehdään myös omat maadoitukset. [7, s. 107.]

Maadoitusjohtimena käytetään 16 mm² kupariköyttä, joka vedetään samaan kaivantoon ryhmäjohtojen kanssa. Maadoitus varustetaan mittauss liittimillä ja maadoitusresistanssin arvon on oltava alle 100 ohmia. Jakorajojen kohdissa PEN-johtimet kytketään aina vastaan tulevan ryhmän pylvääseen. [7, s. 107.]

Keskuksset

Ulkovalaistuskeskukset ovat valaisinryhmiä syöttäviä sähkökeskuksia, jotka sisältävät liitännät ryhmien syöttökaapeleille varokkeineen sekä energianmittauksen ja mahdolliset valaistuksen ohjauslaitteet. Keskuksset voidaan asentaa muuntamoon, pylvääseen tai maahan jakokaapin sisälle omalle jalustalleen. Vantaalla asennettavat ulkovalaistukset ovat yleensä omalla jalustallaan olevia kaappikeskuksia (kuva 14). [7, s. 108.]

Keskuksen kojeet ja laitteet tulee koteloida ja suojauksen on oltava vähintään roiskevedenpitävä IP34-luokan mukaisesti, jakokaapin oven ollessa auki. Jakokaapissa on myös oltava riittävä ilmankierto. [7, s. 108.]



Kuva 14. Vantaalla käytettävä ulkovalaistuskeskus.

Keskuksessa on seuraavat osat:

1. Energianmittaus ja valaistuksen ohjauslaitteet
2. Pääkytkin ja -sulakkeet sekä liittymiskaapelin liittimet
3. Ohjauskytkimet käsikäytölle ja ohjauskontaktorit
4. Ryhmäsulakkeet
5. Ryhmäkaapelit ja niiden liittimet

3.4 Pylväät ja perustukset

Valaisinpylväät koostuvat jalustasta, pylväsrungosta ja valaisinvarresta. Tievalaistuksessa käytettävät pylväsmallit määrittellään kuntien tievalaistuksen yleissuunnitelmassa tai tiesuunnitelman valaistustiedoissa. Pääosin käytetään teräs- tai alumiinipylväitä ja maakaapeleita tai puupylväitä ja ilmajohtoja. Muut yhdistelmät ja eri pylväsmateriaalit kuten komposiittimuovi ovat mahdollisia, mutta melko harvinaisia. Metallipylväitä ja maakaapelia suositaan taajamissa ulkonäkösyistä, ja ne voidaan maalata tai muovipinnoittaa Plascoat-menetelmällä eri värisävyihin. Puupylväitä ja ilmajohtoja käytetään esimerkiksi maaseutumaisilla teillä, missä ulkonäkö ei ole tärkeää eikä ilmajohdon asentaminen vaadi suuria puiden karsimistöitä. [7, s. 97.]

Metalli- ja komposiittimuovipylväiden täytyy olla CE-merkittyjä ja niiden pitää täyttää standardin SFS-EN 40 -mukaiset vaatimukset. CE-merkintä korvaa tieviranomaisen antaman tyyppihyväksynnän. Puupylväille ei voida myöntää CE-merkkiä, koska niille ei ole EN-tuotestandardia. Niille ei myöskään tarvita tyyppihyväksyntää, jos ne täyttävät standardin SFS 2262:1985 luokan 2 mukaiset vaatimukset. [22, s. 6; 12.]

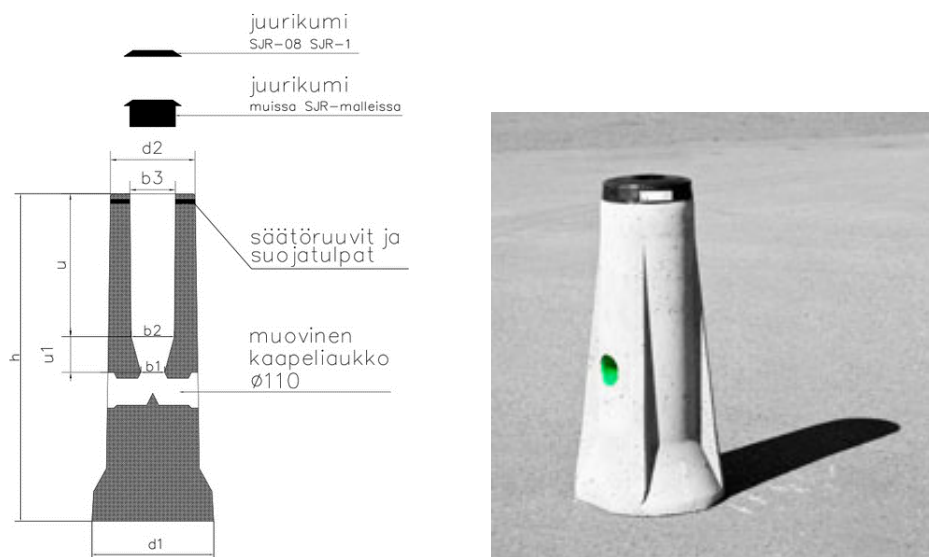
Teillä, joilla on suuri nopeusrajoitus tai vilkas liikenne, käytetään törmäysturvallisia pylväitä. Harkinnan mukaan muuallakin voidaan käyttää törmäysturvallisia pylväitä, jos koetaan että liikenneympäristö sitä vaatii. Törmäysturvalliset metallipylväät voivat olla joko törmäyksessä taittavia eli energiaa absorboivia (HE), tai väistyviä eli jalustasta irtoavia tai katkeavia (NE). Vanhat puupylväät voidaan muuttaa törmäysturvalliseksi heikentämällä niitä juuresta esimerkiksi kovertamalla, tai katkaisemalla pylväs ja asen-

tamalla katkaisukohtaan liukulaippa. Myös vanhat metallipylväät voidaan muuttaa törmäysturvallisiksi liukulaipalla. [7, s. 98–99.]

Vantaalla uudet asennettavat pylväät ovat pääosin kuumasinkittyjä kartiomallisia jäykkiä teräspylväitä. Liitteessä 1 on Vantaalla käytettävien pylväsmallien poikkileikkaukset.

Metallipylvään asentaminen maahan vaatii aina sille sopivan perustuksen eli jalustan. Tyypillinen katuvalaisimen jalusta on valmistettu betonista, varustettuna joko muovisella tai teräksisellä kaulussuojalla. Yleisin tapa kiinnittää valaisinpylväs jalustaan on säätöruuvikiinnitys, mutta voidaan käyttää myös kiila- tai laippakiinnitystä.

Vanhat puupylväät ovat yleensä aina asennettu suoraan maahan. Liikenneviraston kiellettyä vuonna 2010 arsenia sisältävien puunsuoja-aineiden (CCA-kyllästeiden) käytön, uudet puupylväät suositellaan kuitenkin asentamaan jalustoihin niiden eliniän parantamiseksi. Vaatimukset jalustojen kestävyydelle ja materiaaleille on esitetty Liikenneviraston ohjeessa Tien valaisinpylväiden ja jalustojen laatuvaatimukset. [7, s. 98.]



Kuva 15. Sähkö-Jokisen valmistama säätöruuvikiinnitteinen, muovikauluksinen betonijalusta [23].

Pylväs- ja jalustavalmistajilta löytyy yleensä taulukko, jonka avulla voidaan valita kooltaan yhteensopivat pylväs ja jalusta (taulukko 3). Koska pylväät ovat standardisoituja, tulisi myös eri jalustamallien mitat olla lähes samat valmistajasta riippumatta. Käytettävät jalustamallit voidaan myös esittää kunnan ulkovalaistuksen tarveselvityksessä pylväsmallien poikkileikkauksissa, kuten Vantaalla on tehty (liite 1).

Taulukko 3. Sähkö-Jokisen SJ-jalustamallit ja niille sopivat pylväät [23].

SJ-JALUSTAT																
SÄHKÖ- NUMERO	JALUSTA- TYYPPI	PYLVÄÄN HALKAISIJA mm	PYLVÄÄN KORKEUS m	JALUSTAN PAINO kg	h mm ± 20	d 1 mm	d 2 mm	u mm ± 10	u 1 mm	b 1 mm	b 2 mm ± 2	b 3 mm ± 2	SÄÄTÖ- RUUVIT	JUURI- KUMI	DL ³	PAKKAUS KPL/lava
4607612	SJ-08	100-136	1-5	100	800	370	240	430	80	80	138	150	3xM16	JK 0-1	0,11	8
4607615	SJ-1	100-136	1-6	130	1000	370	240	430	80	80	138	150	3xM16	JK 0-1	0,4	8
4607619	SJ-1.3	100-143	5-8	250	1300	490	285	480	120	80	145	153	4xM16	JK 0-1	0,66	6
4607621	SJ-2	128-168	6-10	290	1200	550	330	570	80	120	180	190	4xM16	JK 2-3	0,59	4
4607627	SJ-3	128-168	6-10	380	1500	570	330	570	80	120	180	190	4xM16	JK 2-3	1,23	4
4607633	SJ-4/1100	159-224	8-12	415	1170	500	420	690	110	120	225	245	6xM16	JK-4	*	2
4607636	SJ-4/1500	159-224	8-12	560	1500	620	420	690	110	120	225	245	6xM16	JK-4	1,48	2
4607639	SJ-4/1800	159-224	8-15	680	1800	630	420	690	110	120	225	245	6xM16	JK-4	2,7	2
4607642	SJ-4/2200	159-224	8-15	1100	2200	750	420	690	110	120	225	245	6xM16	JK-4	5,37	1
4607645	SJ-5/1800	215-282	12-15	1015	1800	780	520	730	140	120	285	300	6xM16	JK-5	3,19	1
4607648	SJ-5/2200	222-295	15-18	1300	2150	780	520	710	150	120	300	325	8xM16	JK-5	6,03	1

4 Valaistuksen ohjaus

Erilaisilla ohjaustavoilla pyritään vaikuttamaan energiakustannuksiin ja luomaan eri käyttötarkoituksiin ja ympäristöihin sopivaa valaistusta. Tyypillisiä ohjaustapoja ovat paikallisohjaus, ketjuttaminen ja keskitetty ohjaus. Nykyään älykkäät ohjausjärjestelmät ovat yleistyneet ja LED-valaisimien liitäntälaitteisiin voidaan ohjelmoida monia erilaisia toimintoja.

Valaistuksen *paikallisohjauksella* ohjataan valaistusryhmiä syttymään ja sammumaan haluttuina aikoina. Ohjaus voidaan toteuttaa keskuksiin asennetuilla hämäräkytkimillä tai astrokelloilla. Paikallisohjausta käytetään yleensä, kun valaistu alue on pieni eikä verkkokäskyjärjestelmä ole mahdollinen. [7, s. 104.]

Ketjutuksella ohjauskäskyjä voidaan viedä keskukselta toiselle niiden välisellä erillisellä ohjauskaapelilla. Ohjaus voidaan ottaa myös lähimmästä naapuriverkon valaisinpylvästä välisulakkeen kautta. Ketjuttaminen on yksinkertainen ja halpa ohjausmenetelmä ja sillä pystytään toteuttamaan laajakin ohjausverkko. Laajuus on tosin myös menetelmän heikkous, sillä sen sarjakytkentäluonteen takia yhden keskuksen vikaantuessa eivät ohjauskäskyt kulje muillekaan sen takana oleville keskuksille. Ketjutus on myös huono ohjaustapa, jos se halutaan tehdä verkon rakennuksen jälkeen, koska silloin

jouduttaisiin tekemään kalliit kaivutyöt uutta maakaapelia varten mikäli ryhmäkaapelit ovat 4-johtimisia. [7, s. 104.]

Keskitetty ohjaus on varmin tapa ohjata katuvalaistusta. Sitä käytetään erityisesti yhteisen valaistusverkon alueilla, jotta valaistuksen eriaikaisilta syttymisiltä ja sammumisilta vältyttäisiin. Tällöin esimerkiksi koko kaupungin valaistusta ohjataan yhdestä järjestelmästä. [7, s. 104.]

Erilaiset älykkäät valaistuksenohjausjärjestelmät ovat koko ajan yleistymässä tievalaistuksessa. Ohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi keskuksiin asennetuilla ohjausyksiköillä ja lähettämällä viestikäskyjä keskusjärjestelmän ja ohjauslaitteiston välillä käyttäen hyväksi GSM-verkkoa. Perinteisen päälle/pois -ohjauksen lisäksi älykkäällä ohjauksella voidaan säätää myös esimerkiksi valon määrää. Erilaiset raportoinnit kuten energiankulutukset ja vikailmoitukset ovat myös helposti saatavilla. Älykkäät ohjausjärjestelmät vaativat kuitenkin käytännössä aina LED-valaistuksen, jotta niistä saataisiin kaikki hyöty. Nykyään markkinoilla on useita ohjausjärjestelmien valmistamiseen keskittyneitä yrityksiä ja myös monet valaisinvalmistajat ovat alkaneet kehittää omia tuotteitaan. Vantaalla on tällä hetkellä käytössä C2 SmartLight Oy:n valmistama ohjausjärjestelmä, joka on käytössä myös monissa muissa kunnissa.

Yksittäisiä valaisimia voidaan ohjata viemällä niille ohjauskäskyjä esimerkiksi ryhmäjohtoja pitkin korkeataajuisena signaalina. Myös langattomia ratkaisuita on nykyään runsaasti, ja älykkäät ohjausjärjestelmät mahdollistavat hyvinkin monipuolisen valaisinkohtaisen ohjauksen. LED-valaisimien liitännälaitteisiin voidaan lisäksi ohjelmoida esimerkiksi tehon nostoja tai laskuja. Hyvin yleinen tapa on myös käyttää CLO-, eli vakiovalovirtaohjausta. CLO:lla valaisimen tehoa nostetaan sen ikääntymisen aikana vähitellen kohti nimellistehoaan, jolloin saadaan aikaan tasainen valovirta koko elinkaaren ajan. Vakiovalovirtaohjauksella kompensoidaan myös valovirran aleneman aiheuttama alkuvaiheen valaistustason ylivoimaisuus, sekä vähennetään elinkaaren keskimääräistä tehonkulutusta. [7, s. 104; 18.]

Energiansäästösyistä valaistusta yleensä himmennetään illan ja yön ajaksi. Käyttämällä himmennystä sammuttamisen sijaan parannetaan myös pimeän ajan liikenneturvallisuutta. Purkauslampuilla himmennys toteutetaan 1-portaisena kaksitehokuristimilla, sekä keskuksista ohjattavilla valaisinkohtaisilla automaattireleillä tai ennakkoon ohjatulla ohjausreleellä. LED-valaisimilla ohjaus voi olla keskuskohtainen, tai himmennys voi-

daan ohjelmoida etukäteen suoraan liitäntälaitteeseen. Himmennys on mahdollista tehdä portaattomasti, mutta tyypillisesti käytetään 2-portaista ohjausta. Himmennystasot riippuvat valaistusluokasta taulukon 4 mukaisesti. [7, s. 15.]

Taulukko 4. Valaistusluokkien mukainen himmennystaulukko 2-portaisella ohjaustavalla. 1-portaisessa himmennyksessä suluisa olevia väliportaita ei käytetä. [7, s. 15.]

Valaistusluokka	Muuttuva valaistus	Jäljelle jäävä keskimääräinen luminanssi %
M1 (AL1)	M1 – (M2) – M3 – (M2) – M1	100 – (75) – 50 – (75) – 100
M2 (AL2)	M2 – (M3) – M4 – (M3) – M2	100 – (70) – 50 – (70) – 100
M3a (AL3)	M3 – (M4) – M5 – (M4) – M3	100 – (75) – 50 – (75) – 100
M3b (AL4a)	M3 – (M4) – M5 – (M4) – M3	100 – (75) – 50 – (75) – 100
M4 (AL4b)	M4 – (M5) – M6 – (M5) – M4	100 – (70) – 40 – (70) – 100
M5 (AL5)	M5 – (M6) – P5 – (M6) – M5	100 – (60) – 40 – (60) – 100
M6	M6 – P6 – M6	100 – 50 – 100
Valaistusluokka	Muuttuva valaistus	Jäljelle jäävä keskimääräinen valaistusvoimakkuus %
P1 (K1)	P1 – (P2) – P3 – (P2) – P1	100 – (70) – 50 – (70) – 100
P2 (K2)	P2 – (P3) – P4 – (P3) – P2	100 – (75) – 50 – (75) – 100
P3 (K3)	P3 – (P4) – P5 – (P4) – P3	100 – (70) – 40 – (70) – 100
P4 (K4)	P4 – (P5) – P6 – (P5) – P4	100 – (60) – 40 – (60) – 100

5 Suunnittelu

Tievalaistuksen suunnittelun tarkoituksena on määritellä kustannuksiltaan kannattavin ja rakennusteknisesti toteutettavissa oleva valaistusratkaisu. Suunnitelman tulisi täyttää kohteen valaistusluokan mukaiset valaistusteknilliset vaatimukset ja mahdolliset tilaajan erityisvaatimukset. Valaistussuunnitelmat liittyvät olennaisesti teiden ja katujen suunnitteluun, tai ne voidaan laatia olemassa oleville katualueille omina hankkeinaan. Liitteen 2 kaaviossa on esitetty valaistussuunnittelun suhde muuhun kaupunkisuunnitteluun. [7, s. 87.]

Usein valaistussuunnittelua toteutetaan myös pienjänniteverkon saneerauksen yhteydessä. Samoissa puupylväissä kulkee monesti sekä valaistuksen että pienjänniteverkon ilmajohtoja, ja verkkoa muutettaessa maakaapeloiduksi on järkevää samaan aikaan saneerata valaistus.

5.1 Suunnitelmatasot

Ulkovalaistuksen suunnittelu jaetaan neljään erilaiseen tasoon: ulkovalaistuksen tarveselvitykseen, tievalaistuksen yleissuunnitelmaan, tiesuunnitelman valaistustietoihin ja rakennussuunnitelmaan. Kaikilla näistä on omat tarkoituksensa valaistuksen toteuttamisessa, ja ne kattavat suunnitelmat sekä toteutusperiaatteet koko kaupungin osalta aina yksittäisen tien tai alueen tarkkuuteen asti. [7, s. 124.]

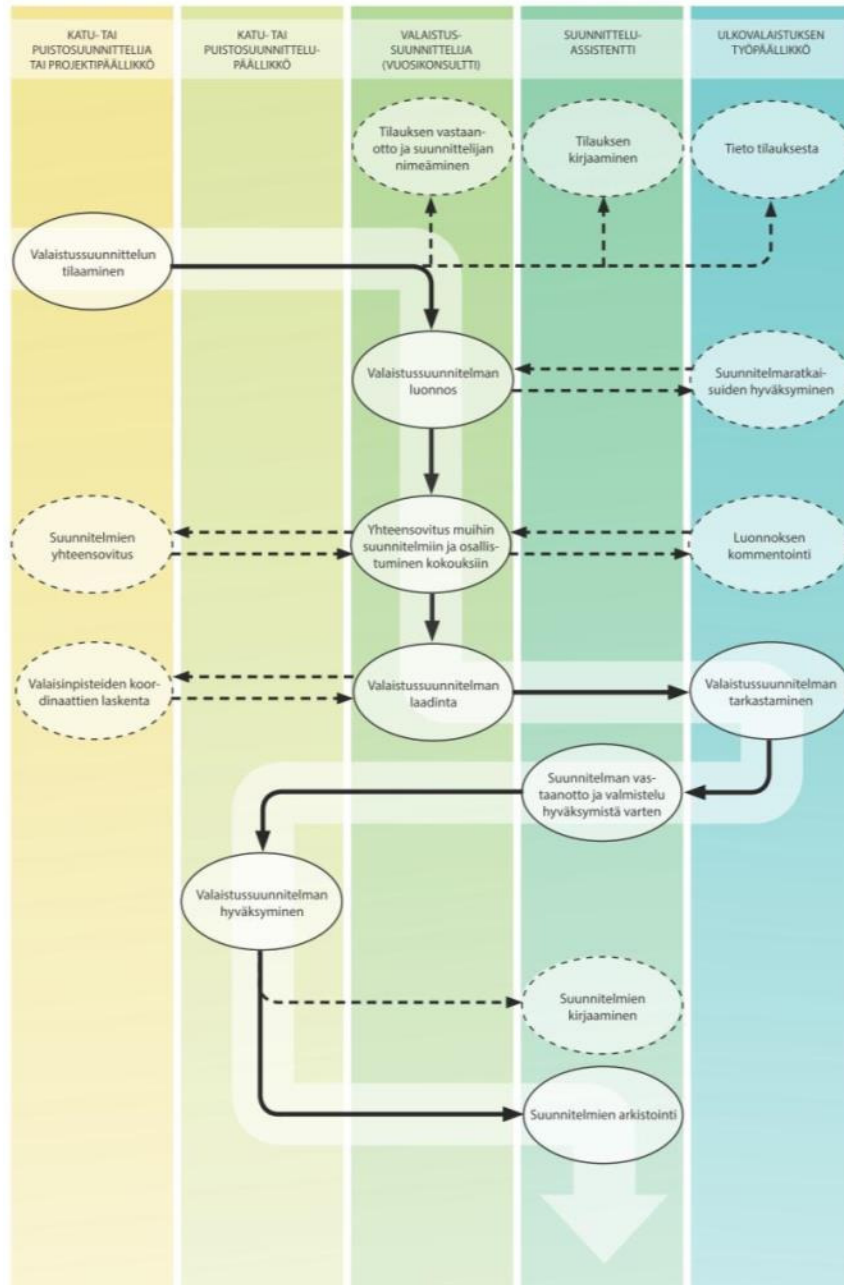
Ulkovalaistuksen tarveselvitys on ensimmäinen ja laajin suunnitelmataso. Se kattaa koko kunnan pitkän aikavälin tavoitteet ulkovalaistukselle vasta suunnitteilla oleville alueille, sekä kehittämistarpeet nykyisille. Tarveselvitys toimii lähtökohtana kaikille eri suunnitelmatasoille ja se palvelee myös valaistustoimenpiteiden päätöksentekovälineenä. Vuonna 2014 laaditun Vantaan ulkovalaistuksen tarveselvityksen on tarkoitus toimia 20 vuoden ajan pohjana suunnittelulle. Se kattaa valaistuksen tavoitteet ja periaatteet koko kaupungin kaduille ja muille julkisille alueille. [9, s. 7–8]

Tarveselvityksen jälkeen tarkempi suunnitelmataso on *tievalaistuksen yleissuunnitelma*. Se kattaa esimerkiksi maantien tai kaupunginosan valaistuksen valaistusperiaatteet ja yleissuunnitelman. Valaistusperiaatteet on yleensä määritelty tarveselvityksessä, mutta ne voidaan määrittää myös yleissuunnitelman suunnitteluperusteetasiakirjassa. Suunnittelualueiden teiden ja katujen valaistusluokat, pylväiden ja valaisimien muodot sekä mahdolliset maalauksen värisävyt ja valaistuksen ohjauksen periaatteet esitetään myös yleissuunnitelmassa. Valaistusteknisillä laskennoilla ja kustannusarvioilla osoitetaan valaistushankkeiden toteuttamiskelpoisuus. [7, s. 125; 126; 127.]

Tiesuunnitelman valaistustiedot ovat yksi osa koko tiealueen tiesuunnitelmaa. Valaistustiedoilla varmistetaan valaistusratkaisuiden toteuttamismahdollisuus ja miten ne sopivat tiealueen muihin rakenteisiin ja ympäristöön. [7, s. 127.]

Tievalaistuksen *rakennussuunnitelma* on tarkin suunnitelmataso, jossa esitetään tiekohtainen suunnitelma, jonka mukaan valaistus rakennetaan. Rakennussuunnittelussa noudatetaan aiemmissa suunnitelmatasoissa määriteltyjä ohjeita ja periaatteita valaistukselle, ellei tilaajan pyynnöstä niistä poiketa. Rakennussuunnitelma toimii ensisijaisena rakentamisen perusasiakirjana sekä työnsuunnittelun lähtöasiakirjana. [7, s. 128.]

Seuraavissa alaluvuissa käydään tarkemmin läpi tievalaistuksen rakennussuunnittelua ja sitä, miten sen laatiminen yleensä toteutetaan Vantaan kaupungille Suomen Energia-Urakointi Oy:ssä. Kuvassa 16 on esitetty valaistuksen rakennussuunnittelun prosessin kulku osana katu- tai puistosuunnitteluhanketta.



Kuva 16. Valaistuksen rakennussuunnittelun prosessi [9, s. 45].

5.2 Ohjeet ja määräykset

Tilaaajien vaatimukset suunnittelun toteuttamiseen vaihtelevat hyvin paljon, etenkin kun tilaajana on kunta tai valtion viranomainen. Ohjeet saattavat olla todella yksityiskohtaisia, tai ne voivat olla vain muutamia tilaaajien ja suunnittelijoiden kesken hyväksytyjä yhteisiä käytäntöjä. Tyypillisesti kunnilla on laadittuna vähintään ulkovalaistuksen tarveselvitys, joka ohjaa suunnittelutyötä.

Vantaan kaupungille ollaan laatimassa ulkovalaistuksen suunnitteluohjetta, joka otetaan todennäköisesti käyttöön vuoden 2017 aikana. Tällä hetkellä rakennussuunnittelua ohjaa ulkovalaistuksen tarveselvitys, jota täydentää erillisistä alueista laaditut yleisuunnitelmat. Lisäksi noudatetaan kaupungin verkkosivuilla olevia ohjeita, sekä ulkovalaistuksen suunnittelusta laadittuja tehtäväkortteja. Liikenneviraston ohjetta maanteiden- ja rautatiealueiden suunnittelusta hyödynnetään myös paljon, vaikka se onkin sitova vain suunniteltaessa valaistusta valtion omistamille teille.

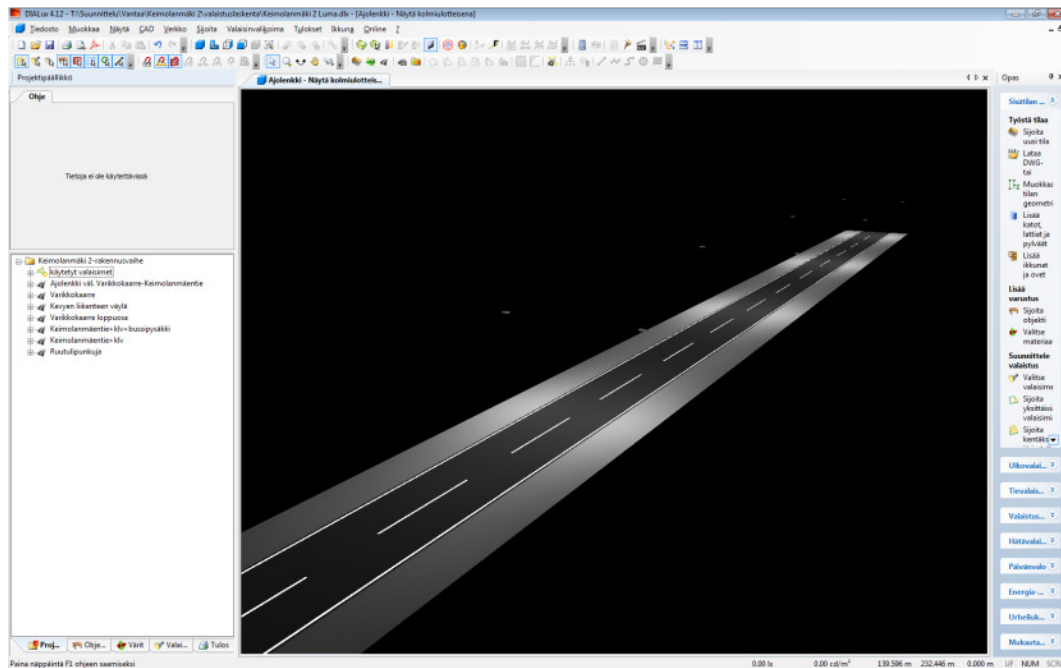
Eri suunnittelutoimistot käyttävät piirustuksissa usein omanlaisiaan symbolikirjastoja ja piirustusteknisiä käytäntöjä. Kaupungeilla saattaa kuitenkin olla myös hyvin tarkasti määritelty esimerkiksi käytettävät piirrosmerkit ja muut suunnitelmakuvien ulkonäölliset seikat. Vantaalla noudatetaan joitain poikkeuksia lukuun ottamatta samoja piirrosmerkkejä kuin Helsingissä (liite 3). Suunnitelmapiirustusten lisäksi myös muiden laadittavien dokumenttien määrä ja sisältö riippuvat eri tilaaajien vaatimuksista.

5.3 Ohjelmat ja työkalut

Suunnittelupalveluita tarjoavilla yrityksillä on käytössään erilaisia ohjelmia ja työkaluja valaistussuunnittelussa. Yrityksen sisällä saattaa olla suunnittelijoidenkin välillä käytössä eri ohjelmia, riippuen tilaaajien vaatimuksista. Esimerkiksi Vantaan ja Espoon kunnat vaativat eri tiedostomuodon käyttöä. Pääasiassa suunnitelmat kuitenkin laaditaan CAD-pohjaisilla ohjelmilla ja valaistuslaskennat joko DIALuxilla tai CalculuXilla. Käytössä voi myös olla erilaisia verkkotieto- ja karttasovelluksia.

DIALux (kuva 17) on ilmainen valaistuksen laskentaan ja visualisointiin käytettävä ohjelma. Se on hyvin yleisesti käytössä ammattitason suunnittelussa ja sen käytön opettelu on suhteellisen helppoa. Mallinnuksessa voidaan käyttää itse luotuja tekstuureita ja

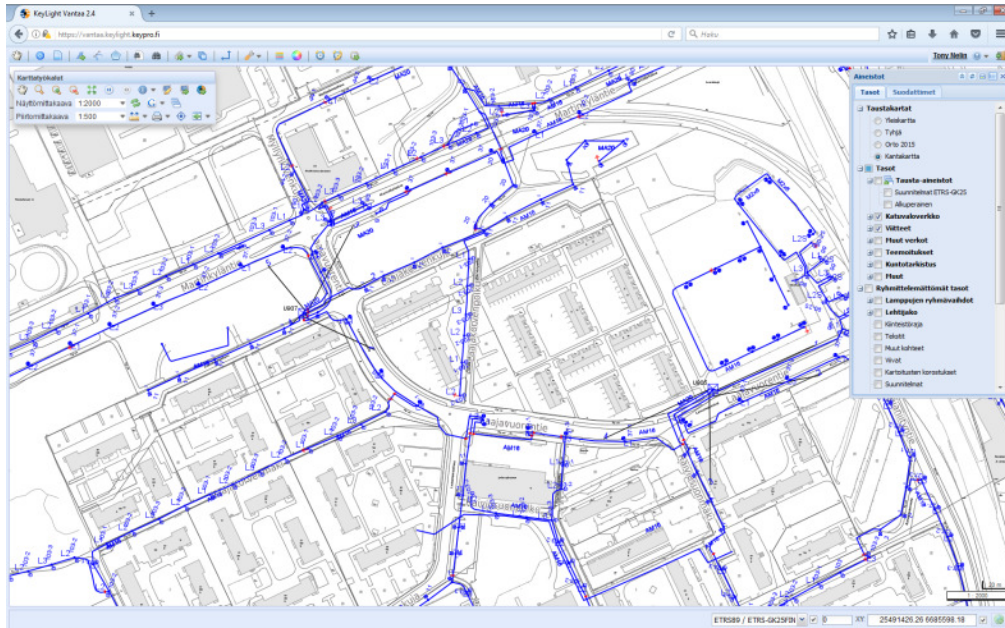
objekteja, jolloin saadaan mahdollisimman todenmukainen visualisointi kohteesta, johon valaistusta suunnitellaan. Monet valaisinvalmistajat tarjoavat sivuillaan ladattavia valonjakokäyriä, joita voidaan käyttää DIALLuxissa valaistuskalentaan. Ohjelmasta on olemassa myös uudempi DIALLux EVO 6 -versio, mutta vanhemmalla versiolla tehdyt ulko- ja tievalaistusprojektit eivät aukea sillä, eikä se ainakaan toistaiseksi tarjoa riittävästi uusia ominaisuuksia tai parannuksia päivittämiseen.



Kuva 17. DIALux 4.12 käyttöliittymä.

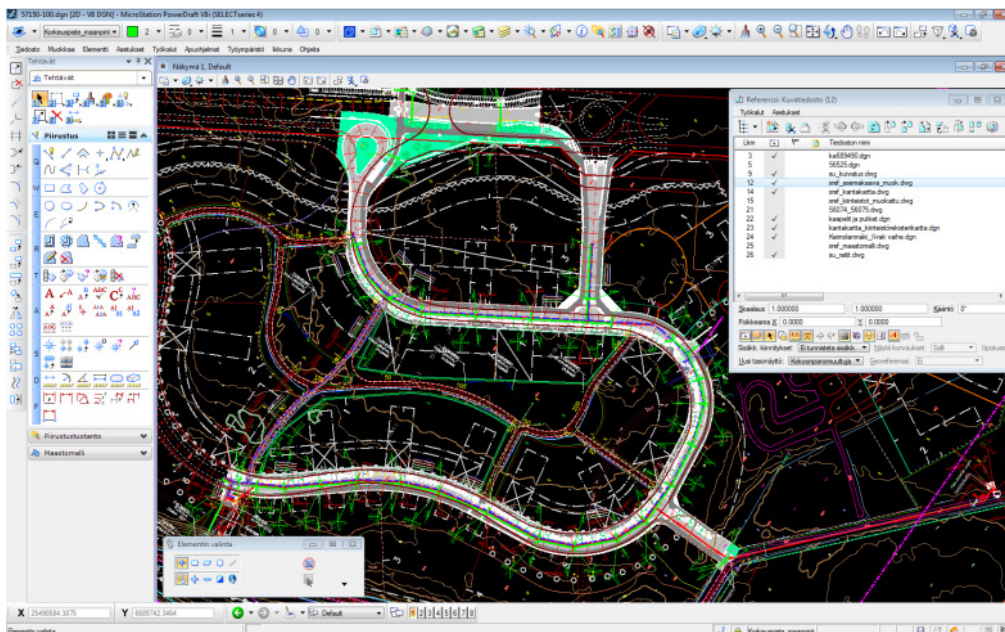
KeyLight (kuva 18) on verkko- ja paikkatietoratkaisuihin erikoistuneen ohjelmisto- ja palveluyritys Keypron kehittämä verkkotietoratkaisu katuvaloverkkojen omaisuudenhallintaan. KeyLightin avulla ylläpidetään katuvaloverkon sijainti- ja ominaisuustietoja, esimerkiksi valaisimien ja pylväiden tyyppjä ja keskuksien ryhmätietoja. Sillä voidaan myös ohjata verkon kunnossapitotöitä. KeyLight-verkkotietojärjestelmä on käytössä muun muassa Vantaalla, Helsingissä ja Tampereella. [24.]

KeyLight on hyvin tärkeä suunnittelun työkalu, koska sillä saadaan tiedot katuvalaistusverkon rakenteesta suunnittelualueella ja sen ympäristössä. Esimerkiksi keskuksien tiedot ovat olennaisia, kun liitytään olemassa olevaan verkkoon. Ongelmia tuottaa kuitenkin digitoinnin puutteellisuus ja virheet. Kun uusia kohteita rakennetaan ja vanhoja saneerataan, katuvalaistusverkon muutoksien päivittäminen verkkotietojärjestelmään on usein hidasta.



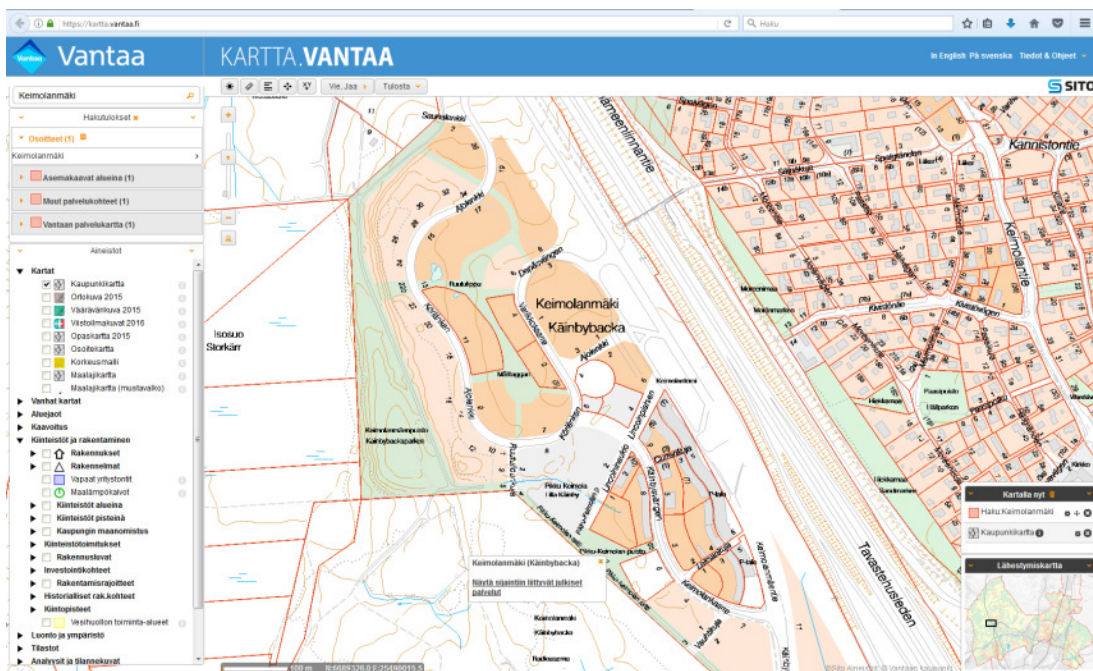
Kuva 18. KeyLightin käyttöliittymä. Näkymässä esillä katuvaloverkko.

MicroStation PowerDraft (kuva 19) on Bentleyyn kehittämä 2D CAD-piirtämiseen tarkoitettu suunnittelu- ja mallinnusohjelma. Toiminnoiltaan ja käytettävyydeltään se on hyvin lähellä AutoCADia. PowerDraftilla voi myös tarkastella 3D-malleja, mutta sillä ei voi mallintaa niitä. Vantaan kaupungin pyynnöstä valaistussuunnitelmat laaditaan DGN-muodossa, joka on Microstationin oma tiedostomuoto. Ohjelma tukee myös dwg-tiedostoja, joita esimerkiksi katusuunnitelmat usein ovat. [25.]



Kuva 19. MicroStation PowerDraftin käyttöliittymä.

Suunnittelun tukena käytetään yleensä myös erilaisia karttapalveluita ja -sovelluksia, joista ehkä tunnetuin ja yleisimmin käytössä oleva on *Google Earth*. Omassa suunnittelutyössäni hyödynnän paljon myös *Vantaan karttapalvelua* (kuva 20). Molemmilla voidaan mitata esimerkiksi teiden ja katujen leveyksiä, jos poikkileikkauksia ei ole saatavilla. Google Earthin katunäkymä on erittäin hyödyllinen ominaisuus, kun halutaan tutkia kohdetta ilman paikan päällä käymistä. Aina ei kuitenkaan katunäkymä ole mahdollinen ja kuvat saattavat olla hyvinkin vanhoja, joten sillä ei voida korvata maastokäyntiä. Kaupunkikartan osalta Vantaan karttapalvelu on usein ajantasaisempi ja tarkempi. Sillä saadaan helposti myös selville kaupungin maanomistus, jotta vältytään suunnittelemaasta yksityisten tonttien alueille.



Kuva 20. Vantaan karttapalvelun käyttöliittymä.

5.4 Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelu toteutetaan aina tilaustyönä, oli kyseessä sitten uudisrakennus- tai saneerauskohte. Tilaukset voivat tulla yksityisiltä toimijoilta tai liittyen olemassa oleviin puitesopimuksiin. Suomen Energia-Urakointi Oy:llä on puitesopimukset Vantaan, Helsingin ja Espoon kaupunkien kanssa, joiden tekemät tilaukset kattavat lähes 100 % suunnittelun työkanasta.

Seuraavassa on Vantaan ulkovalaistuksen suunnittelun tehtäväkorttien mukainen tilauskäytäntö:

- Työ käsittää valaistussuunnitelman sekä siihen liittyvän sähkösuunnitelman laatimisen. Suunnitelman perusteella työ teetetään urakoitsijalla.
- Suunnitelmat tehdään tilaajan pyynnöstä. Ottaessaan työn vastaan konsultin tulee vahvistaa kirjallisesti pystyvänsä toimittamaan suunnitelman alla esitetyssä aikataulussa.
- Valaistuksen ennakkosuunnitelma tulee tehdä kahden (2) viikon sisällä siitä, kun suunnittelutyö on tilattu.
- Erikoiskohteista tilaaja kokoaa suunnitteluryhmän. Kohteen suunnitteluai-katauluista sovitaan silloin erikseen.
- Suunnitelmat tarkastutetaan ja hyväksytetään tilaajalla. Tämä toimenpide edellyttää yleensä vähintään kahta henkilökohtaista neuvottelukäyntiä tilaajan luona.
- Toteutussuunnitelman liitteineen tulee olla valmis neljän (4) viikon sisällä siitä, kun suunnittelutyö on tilattu. Koordinaattilaskennassa kuluvaa aikaa ei lasketa valmistumisaikaan mukaan.

Vaikka suunnitelmatilaukset tulee ottaa vastaan sillä edellytyksellä, että valmis työ pystytään toimittamaan määräajassa, joskus toimitusajasta joudutaan joustamaan. Tämä on yleistä etenkin uudisrakennuskohteissa, johtuen muun muassa muutoksista katusuunnitelmiin tai hankkeen laajuuteen. Ennen hankkeiden toteutumista muutoksia voi tulla paljonkin ja ne vaativat lähes aina myös valaistussuunnitelmien muokkaamista.

Kohteelle voidaan antaa alkutietoina esimerkiksi raja-alue suunnittelualueelle tai vaatimus tietyille valaisin- tai pylväsmallille. Kun kyseessä on kohde, johon rakennetaan kokonaan uusi katualue tai tehdään muutoksia nykyiseen, tarvitaan myös uudet katusuunnitelmat.

Vantaan Keimolanmäen 2-rakennusvaiheen tapauksessa tilaus työlle vastaanotettiin 23.8.2016 ja alkutietoina saatiin alueen katusuunnitelma, johon valaistuksen suunnittelualue oli rajattu (liite 4). Alueesta oli myös vuonna 2009 laadittu valaistuksen yleisuunnitelma (liite 5), mutta sen ollessa jo ikääntynyt en omassa rakennussuunnitelmassani noudattanut täysin siinä määritettyjä valolajeja ja valaistusluokkia. Alueen kaaduista saatiin myös poikkileikkauskuvat (liite 6), joista on hyötyä etenkin valaistustekni- sissä laskennoissa.

5.5 Maastokäynnit

Maastokäynnit ovat tärkeitä ja yleensä ensimmäisiä vaiheita valaistussuunnittelussa. Niiden tarkoitus ja ajoittuminen suunnitteluprosessiin riippuu kohteesta ja hankkeesta. Kun kyseessä on saneerauskohde ja alueen maasto tai katualue on selkeä, yleensä voidaan laatia luonnossuunnitelma, jonka jälkeen käydään paikan päällä tarkistamassa pylväiden sijoituspaikkojen toteuttamismahdollisuudet. Vaihtoehtoisesti maastokäynti voidaan tehdä ennen pylväspaikkojen luonnostelemista, jolloin selvittää kohteen tarvittavat saneeraustoimenpiteet ja hahmotellaan pylvässijoittelut paikan päällä. Tällöin saadaan ennen suunnitelmapiirustusten laatimista heti selville kohteen maaston ja valaistuksen todellinen nykytila. Laajoissa saneerauksissa on kuitenkin hyvin yleistä, että maastokäynti tehdään ennen luonnossuunnitelman piirtämistä sekä sen jälkeen.

Keimolanmäen 2-rakennusvaihe ei ole vielä alkanut, joten maastokäynnistä alueelle ei ole suunnittelun kannalta hyötyä. Uudiskohteisiin, joihin rakennetaan täysin uudet katualueet tai nykyisiin tehdään laajoja muutoksia, maastokäynneillä ei pystytä tekemään johtopäätöksiä valaistusratkaisuiden toteuttamismahdollisuuksista. Kohteessa voidaan korkeintaan käydä tarkastelemassa ympäröivän alueen nykyistä valaistusta ja kuinka uusi valaistus liittyy siihen.

5.6 Valaistusteknilliset vaatimukset

5.6.1 Valaistustekniikan suureita

Valovoima (I) on valaistustekniikan perussuure, jonka avulla johdetaan muut valaistus suureet. Sen yksikkö on kandela [cd] ja se kuvaa valon intensiteettiä, jonka valonlähde lähettää tiettyyn suuntaan. Kandela on alun perin määritetty kynttilän avulla, eli yksi kandela vastaa yhden kynttilän lähettämää valovoimaa. [11, s. 34–35.]

Valovirta (Φ) kuvaa valonlähteen säteilevän näkyvän valon määrää painotettuna silmän spektriherkkyydellä. Valovirran yksikkö on lumen [lm]. [11, s. 35–36.]

Valaistusvoimakkuus (E) kuvaa tietylle pinnalle osuvan valovirran tiheyttä. Sen yksikkö on [lm/m^2] eli luks [lx]. Valaistusvoimakkuudelle voidaan kirjoittaa yhtälö:

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (1)$$

ϕ on pinnalle tuleva valovirta

A on pinnan ala

Tie- ja katuvalaistuksessa käytettäviä valaistusvoimakkuuksia ovat vaakatason keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_{hm} , pystytason keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_{vm} , puolipallovalaistusvoimakkuus E_{hs} ja puolisyylinterivalaistusvoimakkuus E_{sc} . Valaistusvoimakkuuden yleistasaisuus U_0 lasketaan alueen pienimmän ja keskimääräisen valaistusvoimakkuuden suhteena ja yleistasaisuus U_d pienimmän ja suurimman suhteena. [7, s. 22; 23.]

Luminanssi (L) kuvaa pinnalta säteilevän valovirran tiheyttä, eli kuinka kirkaalta pinta näyttää. Se kertoo valovoiman määrän pinta-alaa kohti tietyssä tarkastelusuunnassa. Luminanssin yksikkö on siten [cd/m^2]. [11, s. 37.]

Keskimääräinen luminanssi L_m (cd/m^2) osoittaa, miten valoisalta tienpinta näyttää. Se lasketaan koko ajoradan luminanssien keskiarvona sijoittamalla havaitsija jokaisen kaistan keskelle. Pienin arvo on mitoittava. Mitä parempi keskimääräinen luminanssi on, sitä helpompaa on kohteiden ja liikkeen havaitseminen. Korkeampi keskimääräinen luminanssi myös pidentää näköetäisyyttä ja lyhentää reaktioaikaa. [7, s. 22.]

Luminanssin yleistasaisuus U_0 kertoo kuinka tasaisesti tie on valaistu. Se lasketaan ajoradan pienimmän luminanssin suhteena keskiarvoon, pienimmän arvon ollessa mitoittava. Märkä, heijastava tienpinta heikentää luminanssin yleistasaisuutta. [7, s. 22.]

Luminanssin pitkittäistasaisuudella U_l tarkastellaan ajoradan jokaisen kaistan keskilinjalla pienimmän ja suurimman luminanssiarvon suhdetta tien pitkittäissuunnassa. Pienin arvo on mitoittava. Huono luminanssin pitkittäistasaisuus vaikuttaa merkittävästi ajo- ja näkömukavuuteen. [7, s. 22.]

Tievalaistuksessa estohäikäisyä mitataan silmän kontrastin erotuskyvyn muuttumisena. *Häikäisy* f_{TI} (%) kertoo prosentuaalisen enimmäisarvon, jolla suhteellinen kynnykskontrasti saa kasvaa. Kynnykskontrastilla tarkoitetaan pienintä vaadittavaa kontrastiero taustan ja kohteen välillä, jotta kohde havaitaan. Jokaisella havaitsijan paikalla mitatuista f_{TI} -arvoista suurin on mitoittava. [7, s. 22.]

Vierialueen valaistusvoimakkuus R_{EI} kertoo kuinka hyvin tiealueen ulkopuolinen alue on valaistu. R_{EI} lasketaan tien ulkopuolisen, ajokaistan levyisen alueen keskimääräisen valaistusvoimakkuuden ja lähimmän ajokaistan keskimääräisen valaistusvoimakkuuden suhteena, pienimmän arvon ollessa mitoittava. [7, s. 22.]

5.6.2 Valaistusluokat

Valitsemalla kohteelle sopiva valaistusluokka varmistetaan valaistuksen liikenneturvallisuutta ja ympäristöä parantavat vaikutukset. Tärkeimmät valaistustekniset ominaisuudet autoilijoille ovat luminanssin tasaisuus, keskimääräinen luminanssi ja häikäisyn rajoitus. [7, s. 24.]

Valaistusluokka voidaan valita Liikenneviraston ohjeiden mukaan, mikäli kunnalla ei ole omaa ohjetta. Vantaalla käytettävät valaistusluokat on määritelty ulkovalaistuksen tarveselvityksessä ja erillisten alueiden yleissuunnitelmissa. Liikenneviraston ohjeen mukaiset maanteiden, katujen ja kevyen liikenteen väylien valaistusluokat sekä niiden valintaparametrit on esitetty liitteessä 7.

M-luokkia (taulukko 5) käytetään teillä ja kaduilla, joilla on pääsääntöisesti moottoriliikennettä. M-luokkien mitoitukset perustuvat luminanssiin. [7, s. 25.]

Taulukko 5. M-luokat. Suluissa on esitetty vuoden 2006 valaistusohjeen AL-luokat [7, s. 25].

Valaistusluokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Esto- häikäisy	Vieri- alueen valaistus
	Kuiva		Märkä	Kuiva		
	L_m cd/m ² min	U_o min	U_i min	U_{ow} min	f_{TI} %, 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

C-luokkia (taulukko 6) käytetään erikoistyyppisillä alueilla, missä ei voida käyttää luminanssiin perustuvaa mitoitusta, esimerkiksi kiertoiliittymissä. C-luokkaisilla teillä tulee käyttää samoja estohäikäisyvaatimuksia kuin M-luokilla (taulukko 5), jos se on mahdollista. [7, s. 25–26.]

Taulukko 6. C-luokat. Suluissa on esitetty vuoden 2006 valaistusohjeen AE-luokat [7, s. 25].

Valaistusluokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	E_{hm} lx, min	U_o min
Co (AEo)	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

P-luokkia (taulukko 7) käytetään kevyen liikenteen väylillä.

Taulukko 7. P-luokat. Suluissa on esitetty vuoden 2006 valaistusohjeen K-luokat [7, s. 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.

Lisäluokkia voidaan käyttää tilanteissa, joissa häikäisyn f_{TI} -arvoa ei voida laskea. Kevyen liikenteen väylillä voidaan käyttää vaakatason valaistusvoimakkuuden lisäksi puolisynterivalaistusvoimakkuutta, jos halutaan parantaa kasvojen tunnistusta turvallisuus-

den tunteen lisäämiseksi. Pystytason valaistusvoimakkuutta voidaan käyttää, jos halutaan korostaa esimerkiksi suojateitä. Lisäluokat valitaan standardin SFS-EN 13201-2 mukaan. [7, s. 27.]

Alenemakerointa käytetään aina valaistusteknisissä laskennoissa, jotta varmistetaan kohteen valaistusluokan mukaisten vaatimusten täyttymisestä asennuksen koko elinkaaren aikana. Liikenneviraston ohjeistuksen mukaan kerroin valitaan käytetyn valolajin ja ympäristön likaisuuden mukaan (taulukko 8). Se voidaan myös laskea, jos tiedetään kaikki alenemakertoimeen vaikuttavat tekijät. [7, s. 34.]

Taulukko 8. Liikenneviraston ohjeen mukaiset alenemakertoimet [7, s. 34].

Valonlähde	Perusarvo	Liikenneympäristö	
		Puhdas	Likainen
Suurpainenatrium 100-400W	0,80	0,85	0,75
Suurpainenatrium 50-70W, 600W	0,75	0,80	0,70
Monimetalli, keraaminen	0,65	0,70	0,60
Monimetalli, keraaminen 45W, 60W	0,70	0,75	0,65
Monimetalli, keraaminen 90W, 140W	0,75	0,80	0,70
Induktio	0,65	0,70	0,60
LED*	0,70	0,75	0,65
Loisteputki T8/T5, pakkasputki	0,70	0,75	0,65

* arvoille $L_{80}B_{10}$, lämpötilassa $t_a = 25$ °C. Muita arvoja käytettäessä alenemakeroin on aina määritettävä niiden mukaan.

** loisteputkia käytettäessä tulee valita pitkäikäinen loisteputki, jonka elinikä on vähintään 40 000 h. Elektronista liitännälaitetta käytettäessä tulee ottaa huomioon sen soveltuminen ympäristöolosuhteisiin.

5.7 Valaisimien valinta

Suunnitelmissa käytetään joko tilauksessa määritettyjä tai suunnittelijan ehdottamia valaisimia. Tilaaja kuitenkin viime kädessä päättää käytettävän valaisintyyppin. Pääsääntöisesti halutaan käyttää samantyyppisiä valaisimia, joita on suunnittelukohdella ympäröivällä alueella, varsinkin jos uusi valaistus liittyy oleellisesti nykyiseen valaistukseen. Valon määrän tai värin yhtäkkinen vaihtuminen ilman selkeää rajapintaa koetaan usein rumaksi ja epämiellyttäväksi.

Valaisimen valintaan vaikuttaa hyvin paljon valaistavan kohteen tyyppi ja ympäristö. Jos kohde on esimerkiksi maaseutumainen tie, jossa on vain vähän tai ei ollenkaan asutusta, ei ole järkevää käyttää kovin kalliita valaisimia. Ulkovalaisimet altistuvat paljon vedelle ja pölylle, joten niiden koteloinnin IP-luokitus on otettava huomioon. Ilkivalle alltiissa asennuksissa tulee valita myös iskunkestävyydeltään sopivat valaisimet. Valaisinta valitessa on eduksi, jos valmistajalla on tarjolla eri optiikkavaihtoehtoja ja hyvin porrastetut teholuokat. Näin voidaan valita eri katuprofiileille ja pylväskorkeuksille valaistusteknillisten vaatimuksien osalta mahdollisimman sopivat valaisimet. Suunnittelussa yritetään kuitenkin välttää monen erilaisen teholuokan ja valonjaon käyttämistä, ellei eri malleja tarvitsevia pylväitä ole tarpeeksi monta, tai valaistavien alueiden vaatimukset eroavat toisistaan hyvin paljon.

Keimolanmäen 2-rakennusvaiheen valaistukseen oli aluksi tarkoitus käyttää AEC:n ITALO-sarjan LED-valaisimia, joita on käytetty myös 1-rakennusvaiheen suunnitelmisssa. Niiden kalliin hankintahinnan takia valaisimet kuitenkin vaihdettiin Philipsin valmistamiin Luma-sarjan LED-valaisimiin (kuva 21). Luma-valaisimia on käytetty Vantaalla aiemminkin elohopeavalaisimien korvaajina ja muissa suunnitelmissa. Verrattuna AEC:n valaisimiin, Philips tarjoaa myös huomattavasti enemmän eri tehovaihtoehtoja ja optiikoita, joka helpottaa valaistuksen mitoittamista oikein suhteessa valaistusteknisiin vaatimuksiin. AEC:n ITALO-valaisimissa käytetty heijastintekniikka tekee niistä myös hyötysuhteeltaan huonompia.



Kuva 21. Philips Luma Micro -valaisin [26].

Keimolanmäelle hankittavat valaisimet varustetaan vakiovalovirtaohjauksella, ohjelmoitavalla liitäntälaitteella ja ylijännitesuojauksella. Niihin ohjelmoidaan lisäksi valaistusluokkakohtaiset himmennysaikataulut (taulukko 9). Koteloinniltaan ne ovat IP66-luokkaisia ja iskunkestävyydeltään IK09-luokkaisia.

Taulukko 9. Keimolanmäen valaisimien himmennysaikataulut.

	Kellonaika, alkava tunti																		
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valaistusluokka	Himmennys, jäljelle jäävä valaistustaso prosentteina																		
<i>M3b</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	75	75	100	100	100
<i>M4+P3</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	70	70	40	40	40	40	70	70	100	100	100
<i>P4</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	60	60	100	100	100

5.8 Valaistuslaskennat

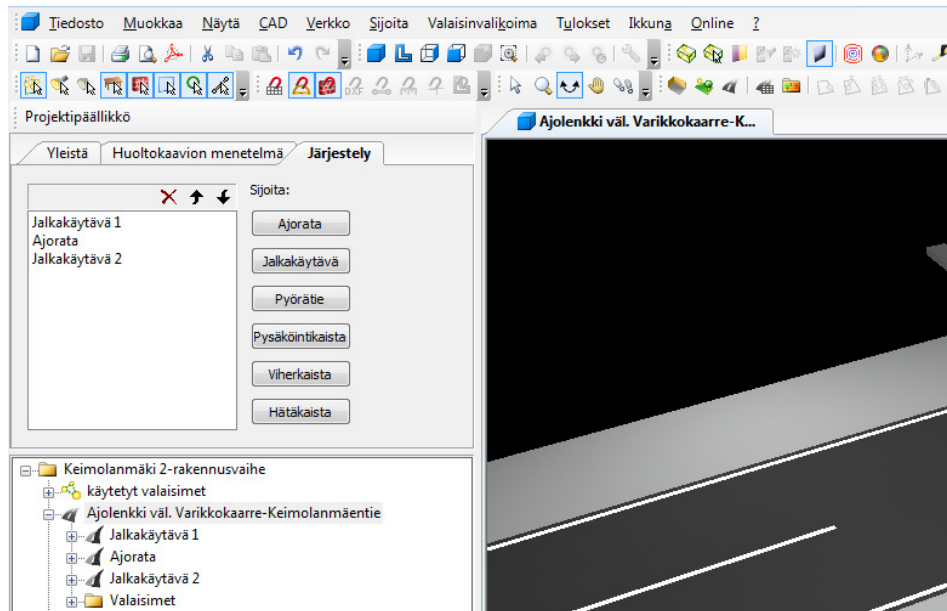
Valaistusteknisillä laskennoilla varmistetaan suunnittelukohteen valaistusluokan mu-
kaisten vaatimusten täytyminen ja saadaan selville valaisinpylväiden maksimiväli, jolla
vaatimukset täyttyvät. Ilman laskentoja on hyvin todennäköistä, että valaistus mitoitte-
taan väärin, eikä se täytä kohteen valaistusteknisiä vaatimuksia tai valitaan liian tehok-
kaat valaisimet.

Laskentoihin käytettävän ohjelman täytyy suorittaa valaistustekniset laskennat stan-
dardin SFS-EN 13201-3 mukaan. Yleisimmin käytetyistä ohjelmista DIALux sekä Li-
kenneviraston hyväksymä Calculux Road täyttävät tämän vaatimuksen. Laskentojen
tueksi kohteesta on hyvä olla katujen poikkileikkaukset tai katusuunnitelma, joista saa-
daan tiedot ajoratojen ja kevyen liikenteen väylien leveyksistä. Käyttämällä erilaisia
karttapalveluita, kuten Google Mapsia, saadaan tiedot yleensä riittävän tarkasti mitat-
tua jos kohteessa ei tehdä muutoksia katualueeseen. Seuraavassa on esitetty pääkoh-
dat valaistuslaskennoista DIALuxilla.

Laskennat DIALuxilla

Laskennoissa määritetään ensimmäisenä kadun järjestely (kuva 22) ja teiden leveydet
(kuva 23). Tässä vaiheessa valitaan myös sopiva alenemakerroin ”Huoltokaavion me-
netelmä” -välilehdeltä (kuva 22), jossa itse olen käyttänyt arvoa 0,8. Liikenneviraston
ohjeen mukainen arvo 0,70 (taulukko 6) on mielestäni liian alhainen, sillä Philips ilmoit-
taa Luma-valaisimilleen eliniäksi 100 000 tuntia minimissään L₈₈B₁₀-arvolla, ja par-

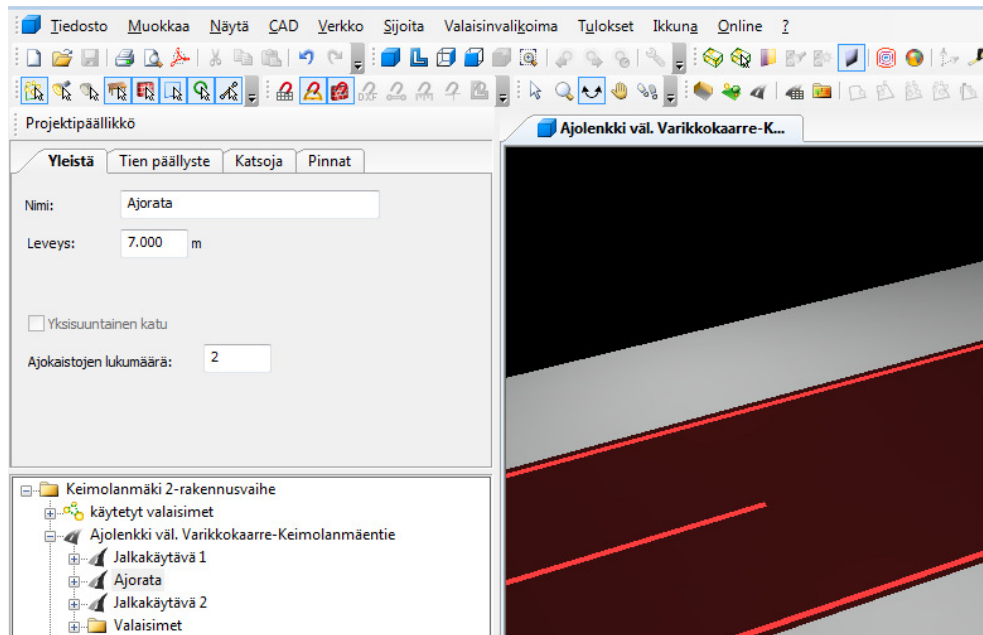
haimmillaan jopa $L_{96}B_{10}$ -arvolla. Oletuksena on myös se, että valaisimia puhdistetaan säännöllisesti, jolloin likaantumisen vaikutus valovirran alenemaan minimoituu. Laske-malla sopivalla alenemakertoimella vakiovalovirtaohjaus otetaan huomioon, mutta voi-daan myös käyttää valonjakotiedostoa, jossa valovirran alenema on jo huomioitu ja likaantumisen aiheuttamaa alenemakerrointa 0,9.



Kuva 22. Kadun järjestelyn ja alenemakertoimen määrittäminen.

Keimolanmäen katujen poikkileikkauksista (liite 6) nähdään laskettavan kadun profiili ja leveydet. Esimerkiksi Varikkokaarten ja Keimolanmäentien välinen osuus Ajolenkistä koostuu 7 m leveästä 2-kaistaisesta ajoradasta, sekä sen molemmilla puolilla olevista 3,5 m leveistä kevyen liikenteen väylistä.

Samassa ikkunassa, jossa määritellään ajoradan leveys ja kaistojen lukumäärä, valitaan myös päällysteen luokka "Tien päällyste" -välilehdeltä (kuva 23). Se määrittelee päällysteen heijastusominaisuudet, ja oletuksena käytetään luokkia R2 kuivalle tielle ja W3 märälle tielle, jos päällysteen todellisia heijastusominaisuuksia ei tunneta. Todellisten heijastusominaisuuksien selvittämiseksi valaistuslaskentaa varten vaadittaisiin laboratoriomittaukset, mikä on uudiskohteissa käytännössä mahdotonta. [7, s. 93.]

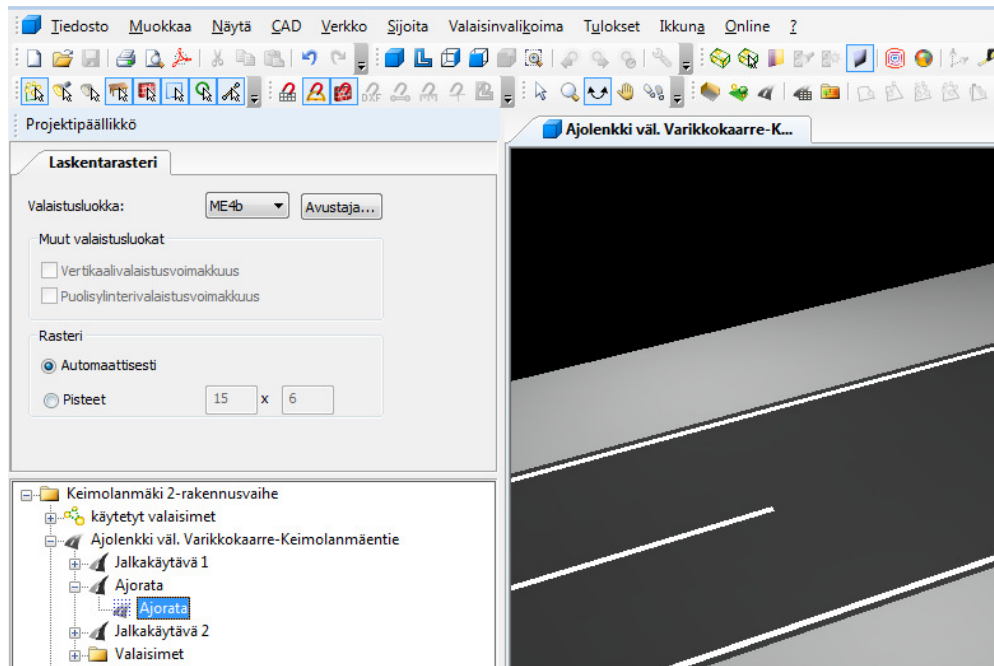


Kuva 23. Ajoradan leveyden, kaistojen määrän ja tien päällysteen määrittäminen.

Valaistusluokat voidaan valita manuaalisesti, jos ne tiedetään etukäteen (kuva 24). Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ohjelman sisäänrakennettua avustajaa luokan määrittämiseen. Omassa suunnitelmassani eri tieosuuksien valaistusluokat valittiin taulukon 10 mukaisesti.

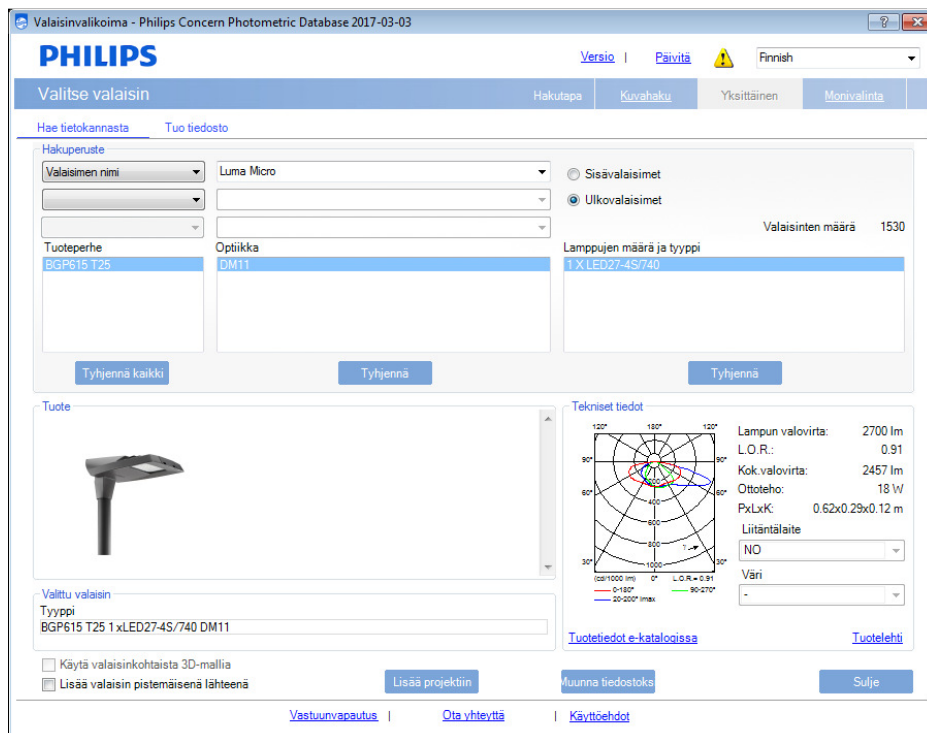
Taulukko 10. Keimolanmäen 2-rakennusvaiheen teiden valaistusluokat. Vasemmalla ovat Liikenneviraston ohjeiden mukaiset M- ja P-luokat, oikealla DIALuxin vastaavat ME- ja S-luokat.

Tieosuus	Valaistusluokka	
	M- ja P-luokat	ME- ja S-luokat
Ajolenkki välillä Ruutulippu-Lincolninaukio	P3+M4+P4	S3+ME4b+S4
Ruutulipunkuja	P3+M4+P3	S3+ME4b+S3
Ajolenkki välillä Lincolninaukio-Varikkokaarre	P3+M4+P4	S3+ME4b+S4
Ajolenkki välillä Varikkokaarre-Keimolanmäentie	P2+M4+P2	S2+ME4b+S2
Varikkokaarre loppuosa	P4+M4	S4+ME4b
Keimolanmäentie	M3b	ME3c
Kevyen liikenteen väylät	P4	S4



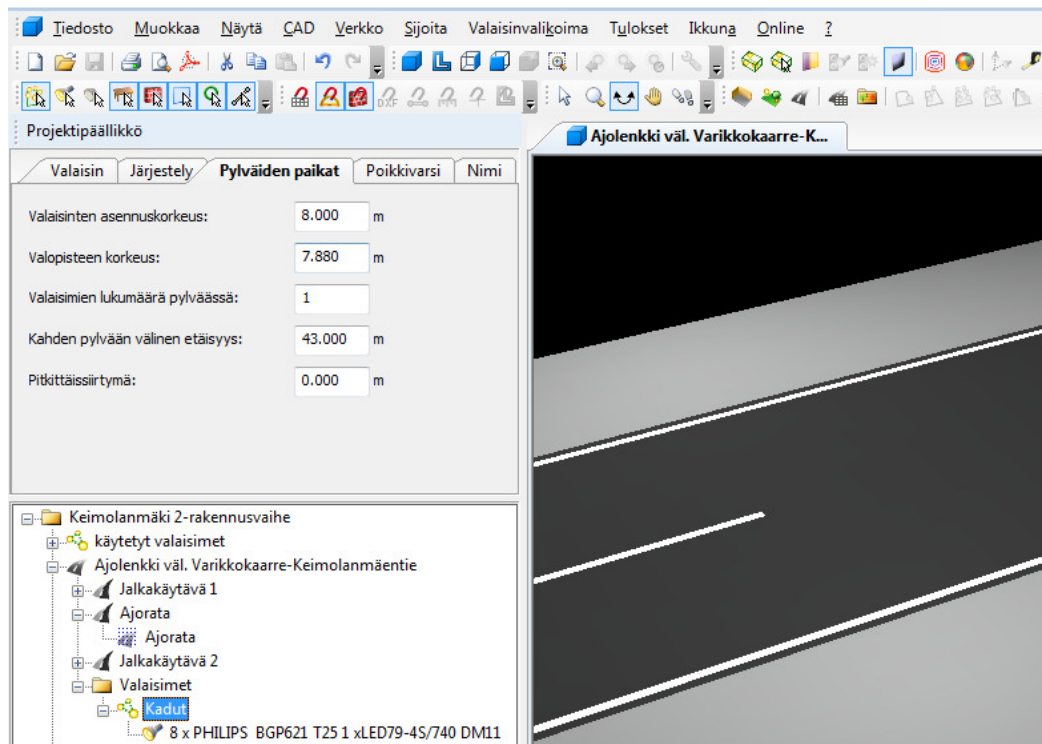
Kuva 24. Valaistusluokan määrittäminen.

Laskennassa käytettäviä valaisimia voidaan lisätä DIALuxiin raahaamalla valonjakotiedostoja hakemistoikkunan ”käytetyt valaisimet” -kohtaan. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää valaisinvalmistajien omia, erikseen asennettavia tietokantaliitännäisiä (kuva 25).



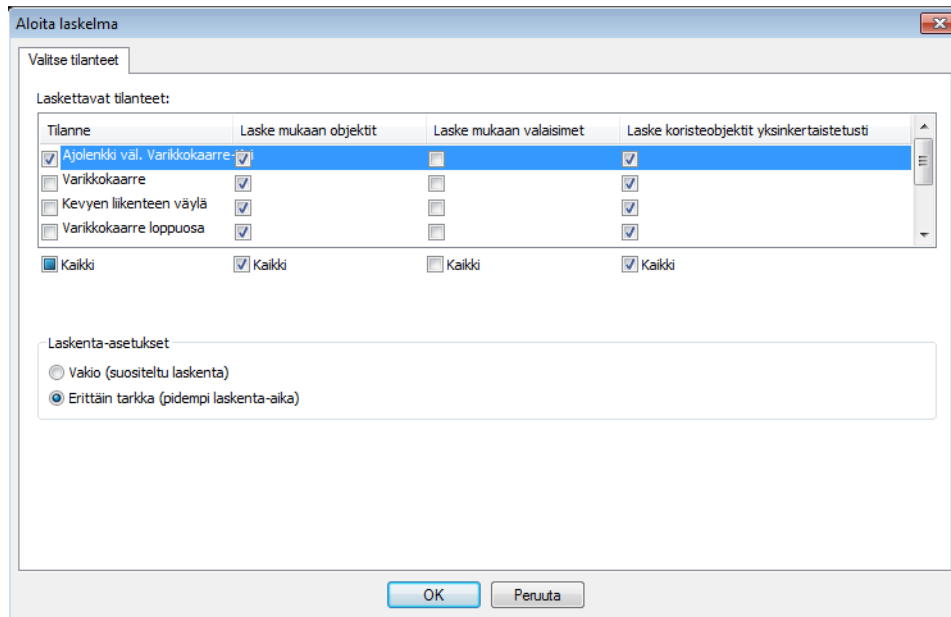
Kuva 25. Philipsin valaisinvalikoiman tietokantaliitännäinen.

Valaisimien lisäämisen jälkeen määritellään niiden asennusperiaatteet kuten pylväsväli, asennuskorkeus ja poikkivarren pituus (kuva 26). Ohjelmassa on myös avustaja, joka laskee kadulle optimoidun valaistussijoittelun. Se on hyödyllinen ominaisuus, jos halutaan vertailla useita valaisinvaihtoehtoja ja sijoitustapoja. Omassa suunnitelmassani valaisimet ja valaistusperiaatteet olivat jo valittu valmiiksi, joten vertailua ei tarvinnut tehdä. Keimolanmäessä käytetyt valaistusratkaisut on esitetty alaluvussa 5.8.2.



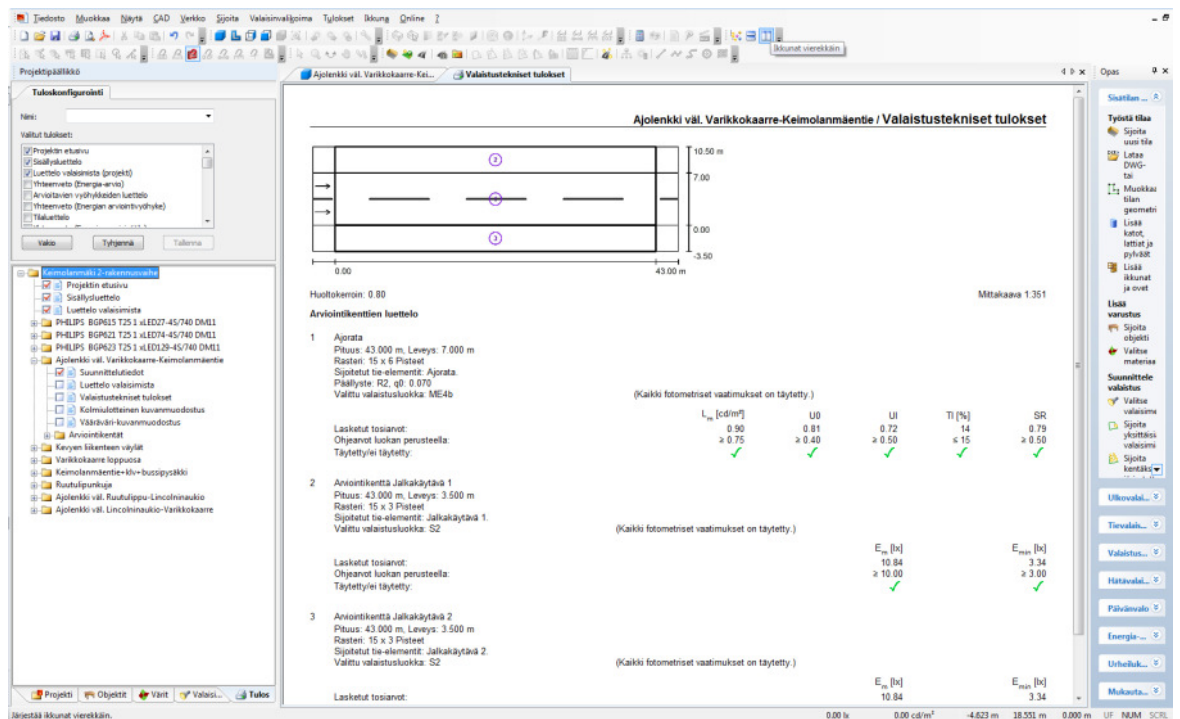
Kuva 26. Valaisimien asennusperiaatteet.

Kun kaikki tarvittavat tiedot on annettu, voidaan aloittaa laskenta. Asetuksissa voidaan valita laskentatavaksi erittäin tarkka, sillä se ei ainakaan omien kokemuksieni mukaan pidennä laskenta-aikaa, vaikka ohjelma niin väittääkin (kuva 27).



Kuva 27. Laskenta-asetuksien valintaikkuna.

Valaistusteknisiä tuloksia tarkastellaan "Tulos" -välilehdellä (Kuva 28). Tuloskonfigurointi-ikkunasta (kuva 28) valitaan, mitkä dokumentit halutaan ottaa mukaan tulostukseen. Omat valaistusteknillisten laskentojen tulokset ovat liitteessä 8.



Kuva 28. Valaistusteknisten laskentojen tulostusnäyttö ja tuloskonfigurointi-ikkuna.

5.9 Suunnitelmapiirustuksen laatiminen

5.9.1 Pohjakartat ja referenssit

Kun suunnitelman piirtäminen aloitetaan, ensimmäisenä tarvitaan pohjalle referenssit. Referensseistä nähdään kaikki valaistussuunnittelun kannalta huomioitavat asiat, kuten liikenneväylät ja maanalaiset ja -päälliset esteet. Tarvittavia referenssejä ovat vähintään suunnitelma-alueen kantakartta tai katusuunnitelma, joista nähdään muun muassa tiealueiden rajat ja rakennukset. Muita tärkeitä referenssejä ovat kiinteistörekisterikartat ja teknisen infrastruktuurin, kuten vesihuollon ja sähkönjakeluverkon sijaintikartat. Suunnittelukohteen liittyessä laajempaan kokonaisuuteen, on tärkeää olla myös ympäröivien alueiden valaistussuunnitelmat ja nykyisen valaistuksen verkkokartta.

Suomen Energia-Urakointi Oy:llä on käytössään kaikki Vantaan alueen nykyiset kanta- ja kiinteistörekisterikartat sekä kaapeleiden, putkien ja vesihuollon johtokartat. Omaan suunnitelmaani sain lisäksi muun muassa Keimolanmäen uuden kanta- ja kiinteistörekisterikartan, asemakaavan ja 1-rakennusvaiheen valaistussuunnitelmat. Katusuunnitelma sisältää uusien jäte- ja hulevesiviemäreiden sekä vesijohtojen sijainnit, mutta sähkönjakeluverkon kaapeleiden ja muiden putkien suunnitelmia ei ollut vielä laadittu.

5.9.2 Pylväiden sijoittelu ja valaistusratkaisut

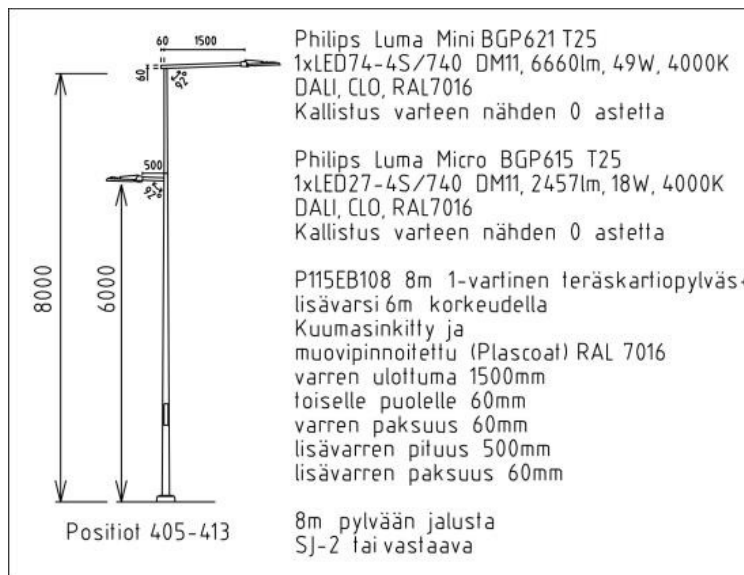
Pohjareferenssien kokoamisen jälkeen suunnitelmapiirustukseen tehdään pylvässijoittelut. Eri tapoja valaisinpylväiden sijoitukselle ovat yksirivinen reunasijoitus, vuoroittainen reunasijoitus, vastakkainen reunasijoitus sekä keskiasennus. Sijoittelu aloitetaan pakkopisteistä, eli paikoista joihin pylväitä täytyy sijoittaa, kuten risteysalueille. Loput pylväät sijoitetaan vapaille tieosille mahdollisimman lähelle valaistusteknillisistä laskennoista saaduilla enimmäispylväsväleillä. Jos pylväsvälit eroavat paljon laskennallisista, suoritetaan tarkentavat laskennat pisimmällä toteutuneella pylväsvälillä. Näin varmistetaan valaistusteknillisten vaatimusten täyttymisestä koko tieosuudella. [7, s. 100.]

Pylväiden sijoittelua vaikeuttavat muun muassa viemärit, ojarummut, maan alla kulkevat kaapelit ja putket sekä tonttiliittymät. Myös suurjänniteilmajohdot rajoittavat pylväiden korkeuksia ja sijoittelua, ja valaistuksen rakentamisesta niiden läheisyyteen on aina pyydyttävä lausunto voimalinjojen omistajalta. Pylväitä ei saa asentaa tonteille ja sijoittamista suoraan rakennusten ikkunoiden eteen tulee välttää. Kunnossapitotyöt on

myös otettava huomioon, muun muassa niin ettei pylviäitä sijoiteta paikkoihin, joihin nostolava-autolla ei voi ajaa, tai nostokoria ei voi käyttää esteiden takia.

Keimolanmäessä päätettiin Ajolenkillä Ruutulipun ja Varikkokaarteiden välisellä osuudella sijoittaa pylvää ajoradan ja kevyen liikenteen väylän väliselle alueelle, samaan linjaan siinä olevien puuistutuksien kanssa. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska valaistus haluttiin toteuttaa yksirivisellä asennuksella, eikä kevyen liikenteen väylien takana ole palpylväille tilaa tonttirajojen takia. Lisäksi kaksirivinen asennus olisi kasvattanut valaistuksen kustannuksia huomattavasti. Hule- ja jätevesiviemäroinnit sijaitsevat koko suunnitelma-alueella ajoradan alla, joten ne eivät vaikuttaneet pylväsijoituksiin.

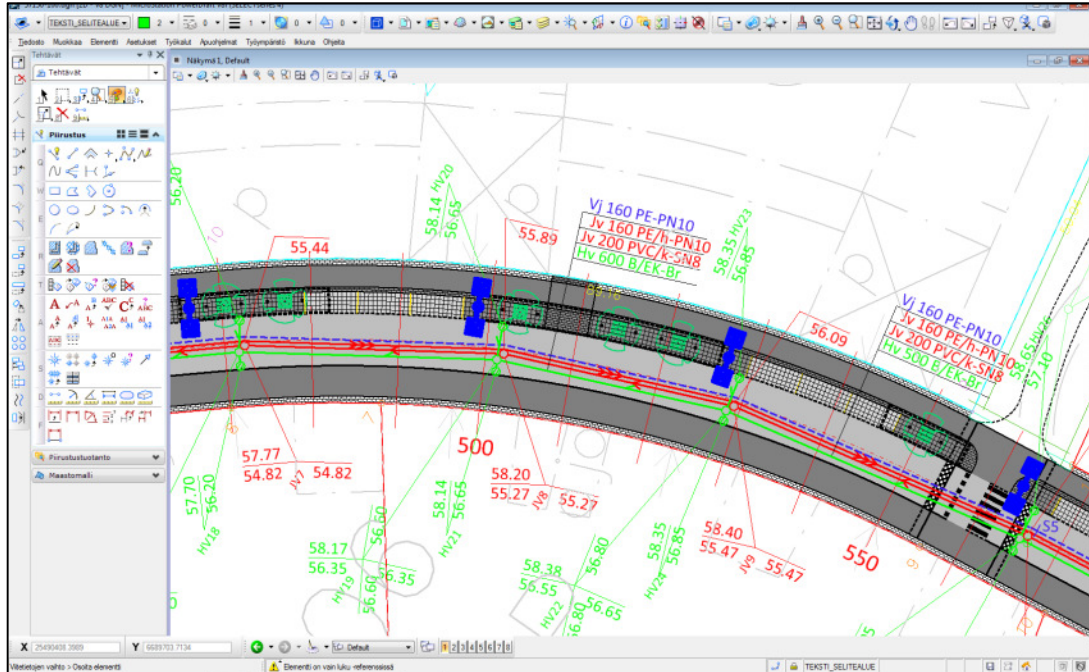
Pylväinä käytettiin kuvan 29 mukaisia, kahdeksan metriä korkeita pylviäitä 1,5 metrin varrella. Niissä on lisäksi kuuden metrin korkeudella oleva 0,5 metriä pitkä lisävarsi, joka valaisee kevyen liikenteen väylää. Valitsemalla pitkä varsi ajoradan puoleiselle valaisimelle, pystytään hieman vähentämään puiden aiheuttamaa varjostusta ja paremmin valaisemaan myös vastakkainen kevyen liikenteen väylä. Valaistustaso vastapuolella on kuitenkin matalampi, kuin pylvaiden vieressä olevalla kevyen liikenteen väylällä.



Kuva 29. Ajolenkillä ja Varikkokaarteissa käytettävän valaisinpylvään poikkileikkaus.

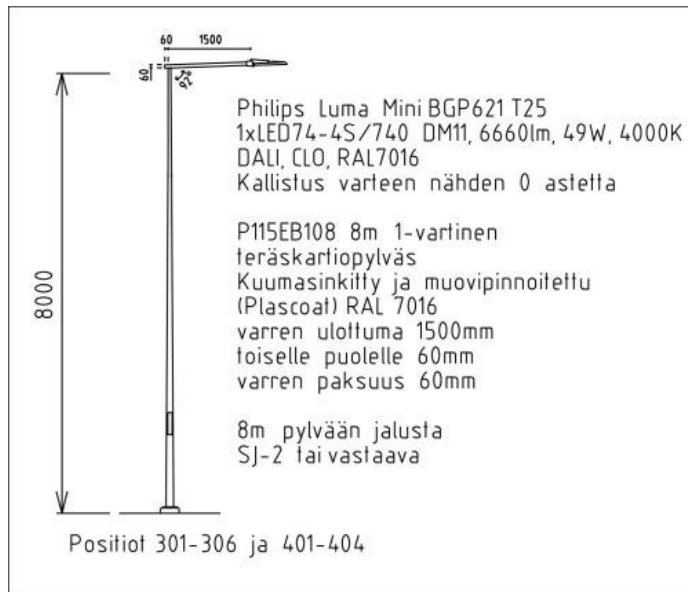
Pylväiden sijoittelu näille tieosuuksille oli haasteellista johtuen puuistutusalueiden ja ajoradan vieressä olevien pysäköintipaikkojen epätasaisista väleistä (kuva 30). Myös itse puut asettivat sijoittelulle rajoituksia, ja huomioon oli vielä otettava pakkopisteet

kuten suojatiealueet ja tonttien sisäänajot. Pylväsvälit ovat pääosin 30–36 metriä, mutta vaikeimmissa sijoituskohdissa ne kasvoivat lähes 40 metriin asti. Koska valaistuksen mitoitus tulee tehdä niin, että valaistustekniset vaatimukset täyttyvät koko tieosuudella, lyhemmillä pylväsväleillä valaistustaso on hieman ylimitoitettu.



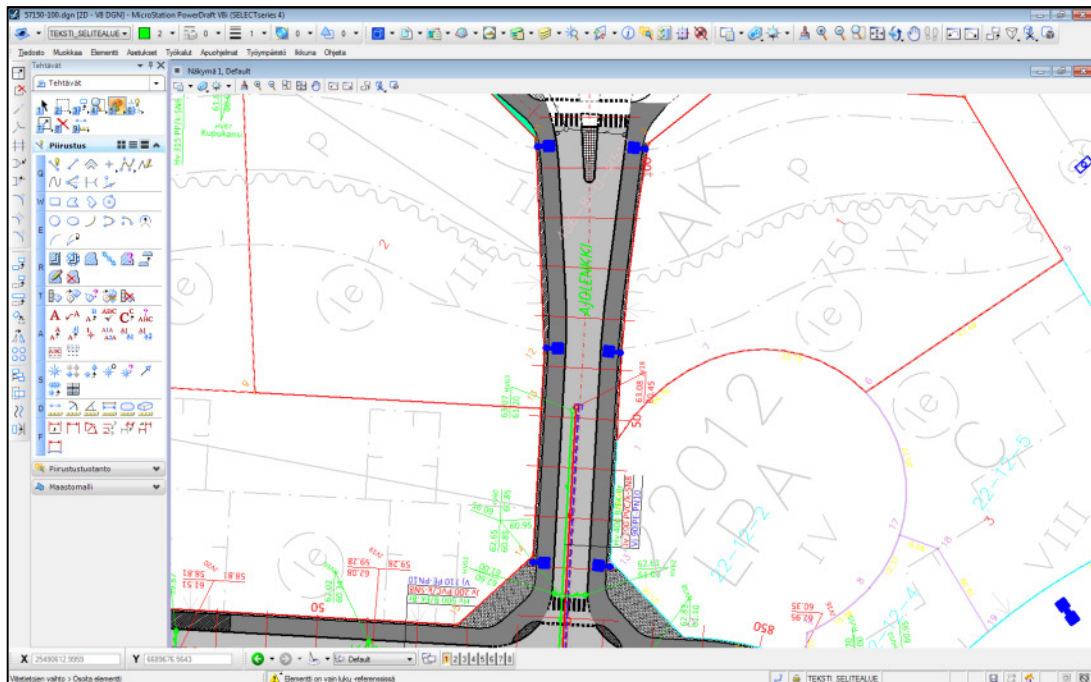
Kuva 30. Pylväiden sijoituspaikat Ajolenkillä.

Ajolenkin lopussa, Varikkokaarten ja Keimolanmäentien välisellä osuudella käytettiin 2-rivistä vastakkaista reunasijoitusta ja kuvan 31 mukaisia, kahdeksan metrin korkuisia pylväitä 1,5 metrin varsilla. Tämä oli kannattavin ratkaisu, koska tiealue on hyvin leveä ja pylväät oli pakko sijoittaa kevyen liikenteen väylien taakse. Yksirivisellä asennuksella valaistustaso olisi jäänyt paljon huonommaksi tiealueen toisella puolella ja valaisimien tehoa olisi pitänyt kasvattaa.



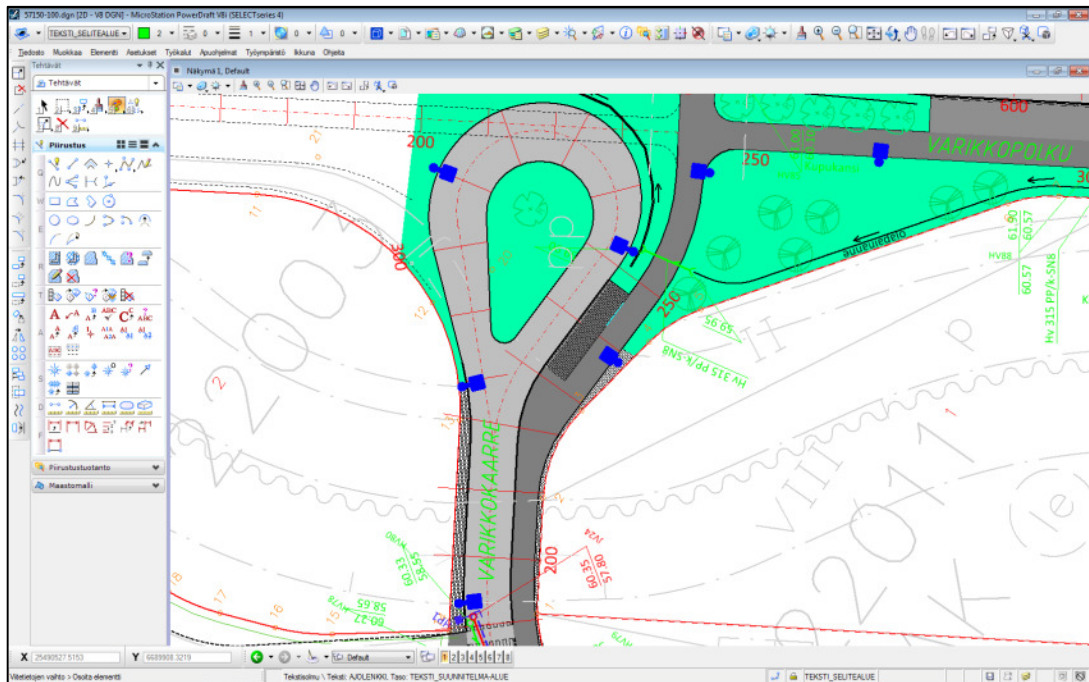
Kuva 31. Ajolenkin ja Varikkokaarten loppuosuuksilla käytettävän valaisinpylvään poikkileikkaus.

Tieosuus on pituussuunnassa vain noin 100 metriä pitkä, joten kolme pylvästä molemilla puolilla noin 43 metrin väleillä oli optimaalisin ratkaisu, joka saavutettiin lisäämättä suunnitelmassa käytettyjä valaisinmalleja (kuva 32). Kevyen liikenteen väylien ja niiden takana olevien tonttien välissä on hyvin vähän tilaa, mutta pylväät saatiin sijoitettua niin, etteivät niiden jalustat ole huomattavasti tonttirajojen sisäpuolella.



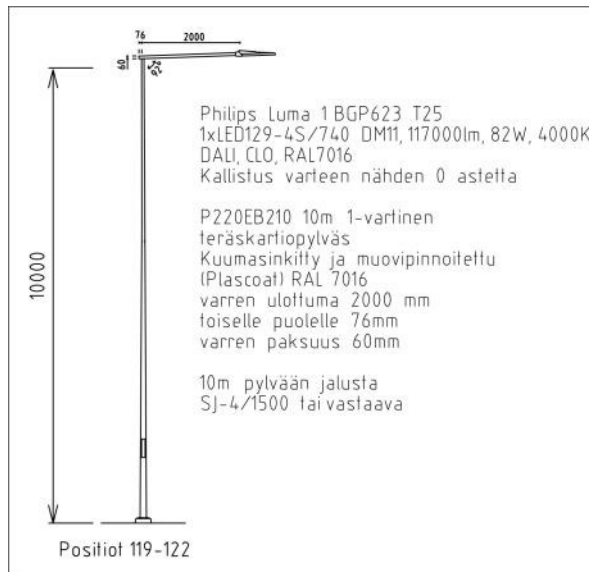
Kuva 32. Pylväiden sijoituspaikat Ajolenkillä välillä Varikkokaarre-Keimolanmäentie.

Varikkokaarteiden loppuosalla katualue kapenee ja päättyy linja-auton kääntöpaikkaan ja pysäkkiin. Ajorata ja kevyen liikenteen väylä ovat yhtä leveät kuin Ajolenkin loppuosalla, joten siinä päätettiin käyttää myös samoja pylväitä ja valaisimia (kuva 31). Kevyen liikenteen väyliä on kuitenkin vain yksi, joten asennustavaksi valittiin yksirivinen reunasijoitus. Pylväät on sijoitettu kuvan 33 mukaisesti.



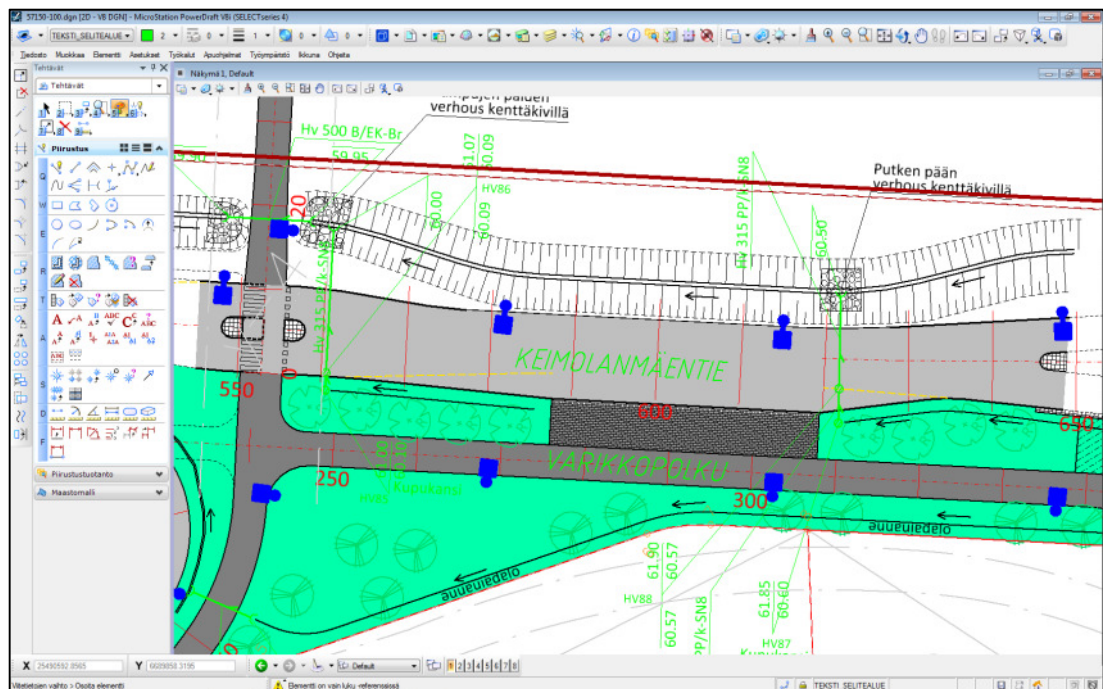
Kuva 33. Varikkokaarteiden loppuosuuden ja linja-auton kääntöpaikan pylvässijoitukset.

Keimolanmäentien katuprofiili on suunnitelma-alueen levein, joten sinne valittiin kuvan 34 mukaiset 10 metriä korkeat pylväät ja kaksi metriä pitkät varret. Käyttämällä korkeita pylväitä ja pitkiä varsia varmistuttiin siitä, että ajorata on valaistu tasaisesti ilman tarvetta kaksiriviselle asennukselle. Laskennoissa ja sijoitteluissa otettiin huomioon myös linja-autopysäkki, jotta se saisi tarpeeksi valoa ilman ylimääräisiä pylväitä tai pylväsvälien muutoksia.



Kuva 34. Keimolanmäentiellä käytettävän valaisinympvään poikkileikkaus.

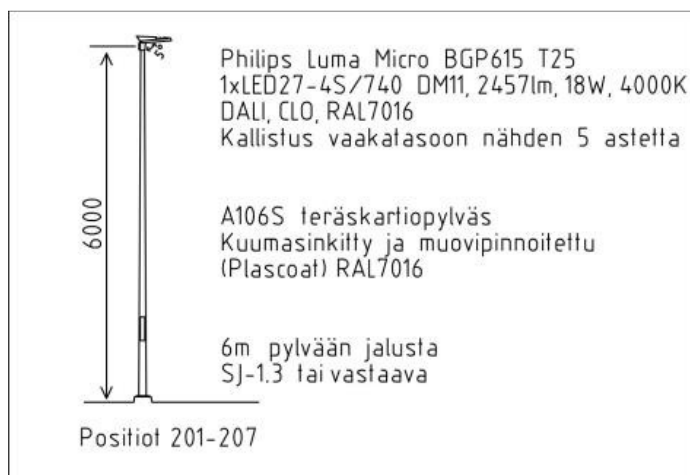
Asennustavaksi valittiin yksirivinen reunasijoitus, ja laskettu enimmäispylväsväli on noin 33 metriä. Pylväät on sijoitettu kuvan 35 mukaisesti.



Kuva 35. Keimolanmäentien ja Varikkopolun pylväiden sijoituspaikat.

Keimolanmäentien vierellä kulkevalle kevyen liikenteen väylälle Varikkopolulle valittiin kuusi metriä korkeat varrettomat pylväät (kuva 36). Pylväät ovat samassa linjassa Kei-

molanmäentien pylväiden kanssa, noin 33 metrin pylväsväleillä (kuva 35). Linja-autojen kääntöpaikalta lähtevälle, Hämeenlinnanväylän ylittävälle kevyen liikenteen väylälle valittiin samat pylväät ja valaisimet.



Kuva 36. Kevyen liikenteen väylillä käytettävän valaisinpylvään poikkileikkaus.

5.9.3 Kaapeloinnit

Kaapelireittien suunnittelussa on otettava huomioon niiden rakennuskustannukset ja toteuttamismahdollisuudet. Nykyisiä kaapeleita ja suojaputkia pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon ja ajoratojen ylityspaikat on valittava järkevästi. Kun valaistusta rakennetaan samaan aikaan esimerkiksi pienjänniteverkon maakaapeloinnin kanssa, suunnittelemalla kaapelireitit mahdollisimman paljon samoihin kaivantoihin voidaan säästää kaivutöiden osuudessa rakennuskustannuksista. Maakaapelit asennetaan pääsääntöisesti tiealueen ulkopuolelle, mutta joskus ne joudutaan kaivamaan kevyen liikenteen väylän alle. Rakentamista moottoriliikenteen ajoradan alle pyritään aina välttämään. Kuten pylväitä, kaapeleitakaan ei saa sijoittaa tonteille, ellei siitä erikseen sovi ta tilaajan kanssa.

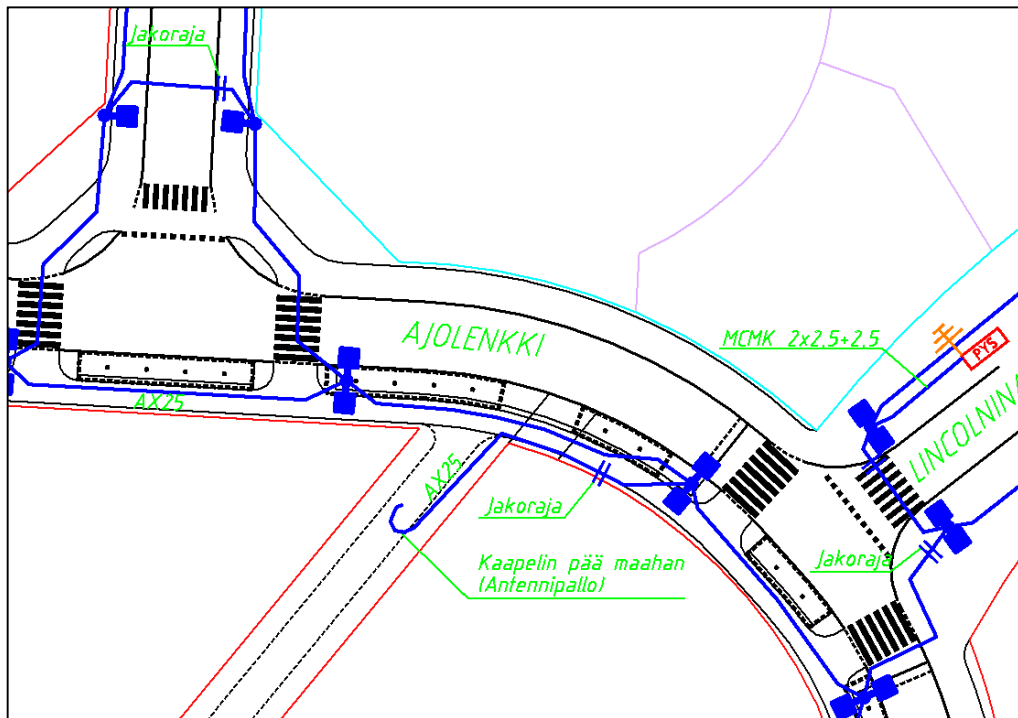
Valaistussuunnitelman kaapelireitit ovat enemmän sähköverkon rakennetta kuvaavia, kuin tarkkoja sijaintitietoja. Niiden täytyy kuitenkin olla realistisia, ja mahdollisten esteiden kuten suurien kivien tai puiden kiertäminen tulee käydä suunnitelmasta ilmi. Maassa oleva sähköjakeluverkko ei yleensä ole esteenä valaistuksen maakaapeleiden sijoitukselle, koska niiden putkitukset mahtuvat hyvin samaan kaivantoon riippuen kuitenkin niiden määrästä. Vesihuollon kanavat, viemärit, kaukolämpöputket ja vastaavat

asettavat kuitenkin rajoituksia kaapeleiden asennuksille ja vaikeuttavat kaivantojen tekoa, joten reittien suunnittelemista niiden ylitse tai läheisyyteen yritetään välttää.

Ulkovalaistuksen sähköverkko pyritään suunnittelemaan silmukkamaiseksi, eli sähkönsyöttö varmistetaan yhdistämällä eri ulkovalaistuskeskusten ryhmiä toisiinsa jakorajoilla. Näin voidaan valaistus yhä pitää päällä, vaikka yksi keskus vikaantuisi. Jakorajoissa ryhmien PEN-johtimet kytketään yhteen ja vaihejohtimet erotetaan toisistaan. Myös päättyviä haaroja yritetään välttää katuvaloverkossa ja kaapelivikojen varalta varayhteyksiä tehdään aina kun se on mahdollista.

Koska valaisimet ovat yksivaiheisia kuormia, ne täytyy jakaa eri vaiheille tasaisesti, yleensä joka kolmas samalle vaiheelle. Näin valaistusverkosta saadaan aikaan mahdollisimman tasaisesti kuormitettu symmetrinen 3-vaiheverkko. Suunnittelussa pyritään siihen, ettei yhden vaiheen vikaantuminen vaikuttaisi liikaa valaistuksen tasaisuuteen ja optiseen ohjaukseen esimerkiksi risteysalueilla. Lisäksi yritetään välttää saman vaiheen käyttämistä jakorajojen molemmilla puolilla. Valaisimien vaiheistus kannattaakin tehdä vasta, kun kaapeloinnit on suunniteltu loppuun.

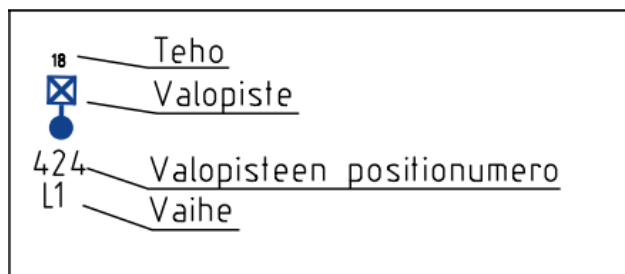
Keimolanmäessä kaapeloinnin suunnittelussa ei ollut suurempia haasteita. Pääosin reitit jouduttiin piirtämään kevyen liikenteen väylille tonttirajojen ja pylväiden sijoituspaikkojen takia. Esimerkiksi puuistutusalueilla olevien pylväiden kaapeloinnit (kuva 37) jouduttaisiin rakentamaan tontille, jos ne haluttaisiin katualueen ulkopuolelle. Lisäksi on kustannustehokkaampaa vetää kaapelit mahdollisimman suorilla reiteillä. Niitä ei myöskään haluttu asentaa puuistutuksien ja pysäköintikaistojen alle, siltä varalta jos kaapelit joudutaan tulevaisuudessa kaivamaan esiin esimerkiksi vikojen takia. Ruutulippupuiston sisäänkäynneille vedetään myös päättyvät kaapelit valmiiksi (kuva 37), mikäli puiston valaistus rakennetaan eri aikaan. Linja-autojen pysäkkikatoksien valaisimet saavat syöttönsä niitä lähinnä olevilta valaisinpylväiltä kuvan 37 mukaisesti.



Kuva 37. Esimerkki puuistutusalueilla olevien pylväiden kaapeloinneista, Ruutulippupuiston varayhteyksistä ja pysäkkikatoksien syöttökaapeleista.

5.9.4 Viitteet ja merkinnät

Pylväiden sijoittelun ja kaapeloinnin suunnittelun jälkeen kuvaan tehdään erilaiset viitteet ja selitetekstit. Yleensä ensimmäisenä merkitään valopisteiden positiot, sekä valaisimen tehot ja vaiheet, joihin ne on kytketty (kuva 38). Valopisteellä tarkoitetaan valaisimen, pylvään ja jalustan muodostamaan kokonaisuutta. Positiolla tarkoitetaan yksilöllistä tunnusnumeroa, joka annetaan suunnitelman jokaiselle uudelle tai muutettavalle valopisteelle.



Kuva 38. Valopisteen merkinnät.

Positionumerot ovat aina suunnitelmakohtaisia, eikä niitä viedä esimerkiksi verkkotietojärjestelmiin. Numerointitapaan tai -järjestykseen ei ole määritetty ohjetta, mutta yleensä se tehdään käyttäen satalukuja aloittaen luvusta 101. Näin voidaan esimerkiksi eri valaistusrhyhmät numeroida omilla sataluvuillaan. Positionumero itsessään ei kerro, mikä valaisin tai pylvästyypin valopisteessä on, ellei numeroita ole yhdistetty kyseisiin tietoihin esimerkiksi pylväs- tai valaisinluettelossa. Yleisenä tapana suunnitelmapiirustuksessa olevien valopisteiden poikkileikkauksiin kirjoitetaan, missä positioissa kyseiset pylvääät ja valaisimet ovat.

Kohteesta riippuen suunnitelmassa voi olla hyvinkin paljon erilaisia viitetekstejä ja merkintöjä. Suunnitelma-alueella olevat tai siihen liittyvät nykyiset valaisimet ja pylvääät merkitään aina viiteviivoilla ja -teksteillä. Myös jakorajat, kaapelityypit, kaapelijatkokset ja keskukset merkitään. Pisimpien ryhmälähtöjen viimeisien pylväiden kohdalle kirjoitetaan siinä pisteessä oleva oikosulkuvirran arvo.

Viiteillä ja seliteteksteillä pyritään siihen, että suunnitelmakuvassa näkyisi kaikki rakentamisen kannalta oleellinen tieto. Joskus voi kuitenkin olla haastavaa pitää suunnitelma selkeänä ja helposti tulkittavana, jos kohteessa on paljon viitetekstejä vaativia asioita. Joitain tietoja kannattaakin kirjoittaa esimerkiksi työselostukseen.

5.9.5 Koordinaatit

Viimeisenä vaiheena suunnitelmapiirustukseen laaditaan koordinaattitaulukko pylväiden sijainneista (taulukko 11). Uudisrakennuskohteissa, kuten Keimolanmäessä, valaistussuunnittelija lähettää suunnitelman vielä katusuunnittelijalle koordinaattilaskentaa varten, joka palauttaa suunnitelman laskentojen kanssa valaistussuunnittelijalle. Jos pylväiden sijainteja joudutaan muuttamaan, katusuunnittelija merkitsee katusuunnitelmaan uudet sijainnit. Kohteissa, joissa rakennetaan vain valaistusta, pylvääät asennetaan valaistussuunnittelijan laatiman koordinaattitaulukon mukaisesti.

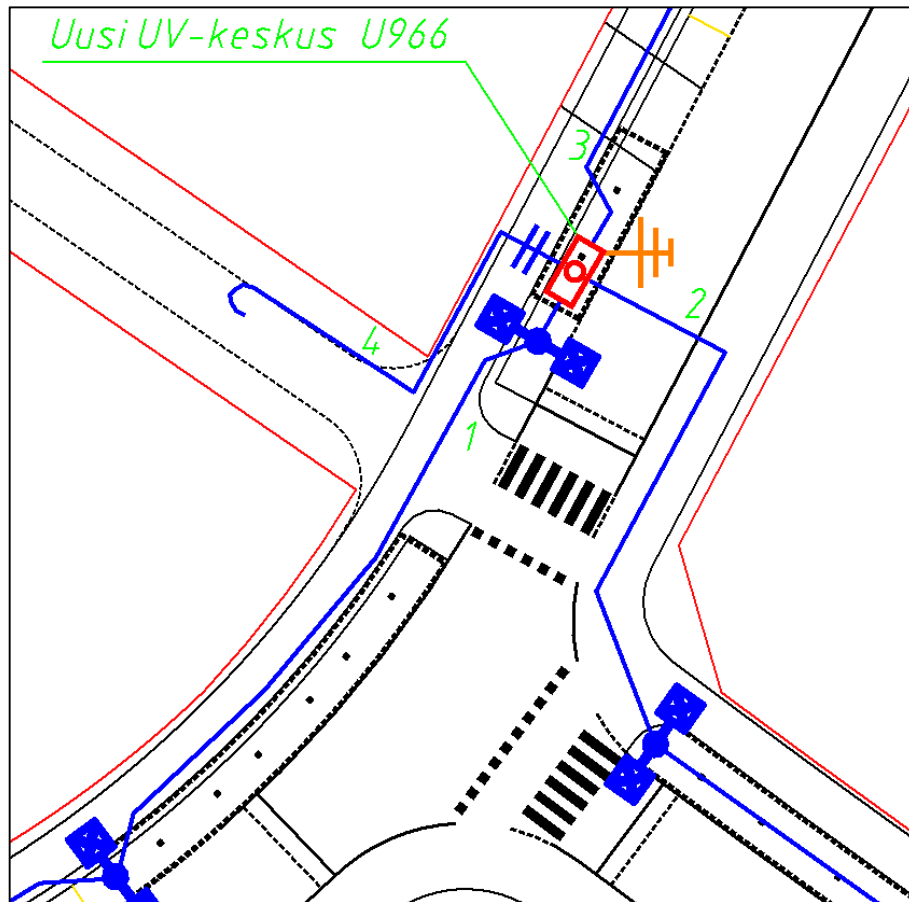
Taulukko 11. Esimerkki pylvässijaintien koordinaattitaulukosta.

№гo	X	Y
421	6689736.54	25490385.01
422	6689763.57	25490365.90
423	6689791.14	25490342.59
424	6689815.29	25490325.42
501	6689564.91	25490474.69
502	6689536.59	25490474.41

5.10 Ulkovaistutuskeskus

Oma suunnittelualueeni oli hyvin kaukana lähimmästä keskuksesta, joten sinne täytyi sijoittaa uusi ulkovaistutuskeskus. Sijoitusta ei pidä tehdä mielivaltaisesti, vaan on mieltävä järkevin paikka ottaen huomioon syötettävien ryhmien koot, niiden määrä ja lähtöjen suunnat. Myös sijoituspaikan liikenneympäristö on otettava huomioon.

Keimolanmäessä parhaimman sijoituskohdan keskukselle katsottiin olevan Ajolenkin ja Ruutulipunkujan risteyksessä. Tästä saatiin hyvin syötettyä neljään eri suuntaan, ilman pitkiä kaapelinvetoja ennen kuormaa. Lähdöt jaettiin Ruutulipunkujalle (ryhmä 2), Ajolenkin molempiin suuntiin (ryhmät 1 ja 3) sekä Ruutulipun puistoalueelle (ryhmä 4). Puuistutusalue on sijoituspaikkana hieman altis moottoriajoneuvojen törmäämiselle, mutta tonttien rajat estävät asentamisen tiealueen ulkopuolelle. Puistopolun vierellä olisi tilaa, mutta keskuksien asentamista puistoihin halutaan välttää. Kuvassa 39 on ulkovaistutuskeskus sijoitettuna suunnitelmaan ja liitteessä 9 sen pääkaavio.



Kuva 39. Keimolanmäen uusi ulkovalaistuskeskus ja sen ryhmälähdöt.

Vantaalla käytetään yleensä ulkovalaistuskeskuksissa alaluvun 3.3 kuvan 14 mukaista kalustusta, pää- ja ryhmäsulakkeiden kokojen sekä ryhmälähtöjen määrän kuitenkin vaihdellussa kohdekohtaisesti. Ulkovalaistuskeskuksen ryhmien ylikuormitussuojina käytetään tyypillisesti gG-tyyppin tulppavarokkeita, mutta voidaan käyttää myös johdon-suojakatkaisijoita jos halutaan pienempikokoinen keskus. Pääsulakkeina käytetään kahvasulakkeita. Ryhmien ylikuormitussuojat mitoitetetaan valaisimien palamis- ja syttymisvirtojen mukaan, ottaen kuitenkin huomioon mahdollinen tulevaisuuden lisätehontarve ja vikatilanteet, joissa joudutaan ryhmän kuormitusta kasvattamaan.

Ryhmien ylikuormitussuojien nimellisvirran I_n on täytettävä ehto: sulakkeiden nimellisvirran I_n on oltava vähintään $1.3 \times$ lamppujen palamistilanteen aikainen kokonaisvirta ja johdon-suojakatkaisijoiden nimellisvirran I_n on oltava vähintään $1.3 \times$ lamppujen syttymistilanteen aikainen kokonaisvirta. [7, s. 110.]

Keimolanmäen uudelle keskukselle ei pystytty tekemään mitoituslaskelmia, koska tässä vaiheessa ei ollut tietoa keskuksen syötön pituudesta ja kaapelityypistä, eikä ryhmien kuormituksista oltu varmoja. Kun käytetään nykyistä ulkovalaistuskeskusta suunnitelma-alueen syöttämiseen, yleensä sen oikosulkuvirta ja ryhmien vaihekohtaiset kuormitusvirrat käydään mittaamassa, jos sitä ei ole jo aikaisemmin tehty. Kaikki mittaukset lisätään verkkotietojärjestelmään keskuksen tietoihin. Seuraavassa on esitetty SFS 6000 -standardin mukaiset kaavat ja laskentatavat, joilla mitoitukset tulisi tehdä.

Kun ryhmä- ja pääsulakkeiden koot tiedetään, varmistetaan suojauksen toimivuus laskemalla oikosulkuvirrat ulkovalaistuskeskuksella sekä pisimmän ryhmäjohton päässä. Ensimmäisenä lasketaan keskusta edeltävän verkon impedanssi kaavalla 2. Jos verkon pääkeskuksen oikosulkuvirtaa ei tiedetä, laskennoissa voidaan käyttää arvoa 250 A, eli minimioikosulkuvirtaa, joka verkkoyhtiöllä on velvollisuus toimittaa.

$$Z_v = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad (2)$$

Z_v on ulkovalaistuskeskusta syöttävän verkon impedanssi (Ω)

c on jännitteen aleneman kerroin, joka on pienjännitteellä 0,95

U on pääjännite (V)

I_k on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta pääkeskuksella (A) [27].

Seuraavaksi lasketaan ulkovalaistuskeskuksen impedanssi kaavalla 3. Jos keskusta syöttävän kaapelin vaihejohtimen ja PEN-johtimen poikkipinta-alat eroavat toisistaan, käytetään kaavaa 4.

$$Z_{vUV} = Z_v + s \cdot 2 \cdot z_{kaapeli} \quad (3)$$

$$Z_{vUV} = Z_v + s \cdot (z_1 + z_2) \quad (4)$$

Z_{vUV} on ulkovalaistuskeskuksen impedanssi (Ω)

Z_v on ulkovalaistuskeskusta edeltävän verkon impedanssi (Ω)

s on ulkovalaistuskeskusta syöttävän kaapelin pituus (km)

$z_{kaapeli}$ on ulkovalaistuskeskusta syöttävän kaapelin impedanssi (Ω/km)

z_1 on vaihejohtimen impedanssi (Ω)

z_2 on PEN-johtimen impedanssi (Ω).

Nyt voidaan laskea ulkovalaistuskeskuksen oikosulkuvirta kaavalla 5. Samalla kaavalla lasketaan myös oikosulkuvirta pisimmän ryhmälähdön päässä, lisäämällä ensin ryhmäjohdon impedanssi ulkovalaistuskeskuksen impedanssiin kaavan 3 tai 4 mukaisesti. Taulukosta 12 voidaan tarkistaa oikosulkuvirran riittävyys. Katuvalaistusverkossa käytetään 5 sekunnin toiminta-aikaa.

$$I_{kUV} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{vUV}} \quad (5)$$

I_{kUV} on ulkovalaistuskeskuksen oikosulkuvirta (A)

c on jännitteen aleneman kerroin, joka on pienjännitteellä 0,95

U on keskuksen pääjännite (V)

Z_{vUV} on ulkovalaistuskeskuksen impedanssi (Ω) [27, s. 95].

Taulukko 12. gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat [27, s. 94].

Sulakkeen nimellisvirta [A]	Pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot [A]			
	toiminta-aika 0,4 s		toiminta-aika 5,0 s	
	toimintavirta	mitattu arvo	toimintavirta	mitattu arvo
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,5
40			190	237,5
50			250	312,5
63			320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

Toimitettavan sähkön laadun ja lamppujen oikeanlaisen toiminnan varmistamiseksi lasketaan ryhmän jännitteen alenema jakelumuuntajalta ryhmän viimeiseen valaisimeen asti. Kokonaisjännitteenalennus muodostuu ulkovalaistuskeskuksen liittymisjohdon, ryhmäjohdon sekä valaisinjohdon jännitteen alenemien summasta. Kolmivaiheisilla verkoilla, kuten ulkovalaistusverkolla, jännitteen alenema lasketaan kaavalla 6

ja suhteellinen alenema kaavalla 7. SFS 6000 -standardissa suositellaan jännitteenvaihteluväliksi $-10...+6\%$ (207...244 V), mutta purkauslampuilla sallitaan kuitenkin vain $\pm 6\%$:n jännitteen vaihtelu nimellisjännitteestä. [7, s. 110–111.]

$$\Delta U = I \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (6)$$

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\% \quad (7)$$

ΔU on jännitteen alenema (V)

I on kuormitusvirta (A)

l on johdon pituus (km)

r on johdon ominaisresistanssi (Ω/km)

φ on jännitteen ja virran välinen vaihekulma

x on johdon ominaisreaktanssi (Ω/km)

U_n on verkon nimellisjännite (V) [27, s. 233–234]

5.11 Yleis- ja purkupiirustukset

Varsinaisen valaistussuunnitelmapiirustuksen jälkeen laaditaan yleis- ja purkupiirustukset. Yleispiirustuksen tarkoituksena on olla eräänlainen lähestymiskartta, jossa näkyy laajemmin suunnittelukohteen ympäristö. Siitä nähdään myös ne aluetta syöttävät keskukset, jotka ovat liian kaukana näkyäkseen valaistussuunnitelmassa. Yleispiirustuksesta karsitaan pois kaikki turhat yksityiskohdat sekä viitteet, ja jätetään vain valaisimet ja niiden positionumerot, kaapeloinnit ja keskukset. Pohjareferensseiksi jätetään katusuunnitelma, kantakartat sekä nykyisen katuvalaistuksen verkkokartta suunnittelualueen ympäristöstä.

Purkupiirustus laaditaan kohteista, joissa nykyistä valaistusta saneerataan tai puretaan kokonaan. Piirustusteknisesti se on vastaava kuin yleispiirustus, mutta siinä esitetään ainoastaan nykyinen valaistus. Tyypillisesti purkupiirustus laaditaan hyvin yksinkertaisena käyttämällä referenssinä nykyisen valaistuksen verkkokarttaa, ja rajaamalla siihen tehtävät purkutytöt. Joskus joudutaan purettavaa valaistusta piirtämään, jos verkkokartan tiedot ovat puutteellisia. Koska Keimolanmäki on täysin uudisrakennuskohde, purkupiirustusta ei tarvinnut laatia.

5.12 Muut dokumentit

Keimolanmäen 2-rakennusvaiheen ulkovalaistuksen suunnitelmapakettiin sisältyy seuraavat dokumentit:

- piirustusluettelo
- työkohtainen työselostus
- ulkovalaistustöiden määräluettelo (liite 10)
- yleispiirustus 1:1500 (liite 11)
- valaistussuunnitelma 1:500 (liite 12)
- kustannusarvio
- työturvallisuusliite
- keskuskaavio (liite 9)

Kuten aiemmin mainittu, purkupiirustus ei ole tarpeellinen uudisrakennuskohteissa. Keskuskaaviokin liitetään mukaan vain jos kohteeseen asennetaan uusi keskus. Muut dokumentit ovat aina suunnitelmapaketissa, ja erikoiskohteissa kuten alikuluissa lisätään usein mukaan myös valaistusteknilliset laskennat. Kehitteillä olevassa Vantaan ulkovalaistuksen suunnitteluohjeessa tullaan tekemään muutoksia laadittavien dokumenttien määrään ja sisältöön, mikä nopeuttaa ja helpottaa suunnittelutyötä.

5.13 Suunnitelman luovuttaminen tilaajalle

Kun valaistussuunnitelmasta on laadittu luonnos, se lähetetään tilaajalle kommentoitavaksi. Kohteesta riippuen kommentit pyydetään myös esimerkiksi puistojen tapauksessa viheraluesuunnittelijalta. Lopullisen toteutussuunnitelman hyväksyy kuitenkin Vantaan työpäällikkö. Työpäällikölle lähetetään suunnitelma kommentoitavaksi vasta, kun kaikki suunnitelmapaketin dokumentit on laadittu. Muille tahoille riittää yleensä pelkkä rakennussuunnitelmapiirustus. Kun mahdolliset korjaukset on tehty ja toteutussuunnitelma on hyväksytty, dokumentit lähetetään printattavaksi kopiolaitokselle. Kopioita tilataan seuraavasti:

- kaikista dokumenteista 5 paperisarjaa mappitaitolla tarjouskansiossa joista 1 kpl jää valaistussuunnittelijalle, 1 kpl kaupungin arkistojalle, 2 kpl maanrakentajille ja 2 kpl sähköurakoitsijalle
- kaikista dokumenteista 1 paperisarja 19/21 mappitaitolla Suomen Energia-Urakoinnille
- suunnitelmapiirustuksesta 1 kpl tulostettuna muoville.

Kaupungin työpäällikkö tarkastaa vielä paperiversiot, mutta yleensä tässä vaiheessa niissä ei enää ole korjattavaa. Jos kuitenkin havaitaan pieniä virheitä, esimerkiksi määräluettelossa, suunnittelija lähettää korjatun version työpäällikölle joka tulostaa sen itse. Dokumentit lähetetään tyypillisesti kokonaan uudestaan kopioitaviksi vain, jos suunnitelmapiirustuksessa on rakentamisen kannalta haitallisia virheitä tai siihen joudutaan tekemään muutoksia muista syistä. Keimolanmäen 2-rakennusvaiheen valaistuksen tämänhetkinen luonnossuunnitelma on liitteessä 11.

6 Yhteenveto

Valaistussuunnittelijalla on hyvin tärkeä rooli turvallisen ja viihtyisän asuinympäristön luomisessa sekä liikenneturvallisuuden parantamisessa. Nykyään kiinnitetään entistä enemmän huomiota siihen, miten hyvin valaistus sopii ympäristöönsä arkkitehtonisessa mielessä, joka tuo lisähaasteita suunnittelijalle. Valoteknisten ominaisuuksien lisäksi myös valaistustapojen sekä pylväiden ja kalusteiden ulkonäöllä on suuri merkitys. Valaistussuunnittelijalta vaaditaan usein paljon yhteistyötä muiden tahojen, kuten viher- ja katusuunnittelijoiden kanssa.

Keimolanmäen 2-rakennusvaiheen valaistussuunnitelma on vielä keskeneräinen prosessi. Tämän insinööri työn kirjoittamisen aikana muun muassa alueen katusuunnitelma on muuttunut, joka on vaatinut muokkaamista myös valaistussuunnitelman osalta. Yleisesti ottaen Keimolanmäki ei ole ollut kohteena erityisen haastava, vaikka siinä onkin joitain erityispiirteitä, joita itselläni ei ole tullut vastaan muissa suunnitelmissa. Olen tyytyväinen laatimaani valaistussuunnitelmaan nykyisessä muodossaan, mutta on kuitenkin mahdollista, että se käy vielä useita muutoksia läpi ennen rakentamisen alkamista.

Kaikkia suunnitteluun liittyviä asioita ei ollut mahdollista käydä insinööri työssä läpi, sillä työn laajuus olisi kasvanut liian isoksi. Halusin keskittyä suunnittelutyöhön niiden asioiden ja periaatteiden osalta, jotka ovat osana omaa suunnitelmaani. Esimerkiksi erilaiset kustannuslaskennat olisivat hyvin havainnollistaneet LED-valaistuksen kannattavuutta, mutta niitä laaditaan vain harvoin Suomen Energia Urakointi Oy:ssä.

Tavoitteena insinööri työllä oli antaa hyvä yleiskuva tie- ja katuvalaistuksesta, sekä valaistuksen rakennussuunnitelman laatimisesta ja uskon, että tavoite saavutettiin. Valaistuksen yleisiä asioita ja valaistusverkon rakennetta käsittelevät kappaleet antavat mielestäni riittävästi pohjatietoa, joka auttaa paremmin ymmärtämään myös suunnittelua. Vaikka esimerkkisuunnitelma on laadittu Vantaan kaupungin ohjeistuksen mukaisesti, antaa insinööri työ silti hyvän käsityksen siitä, mitä erilaisia työvaiheita ja periaatteita liittyy tievalaistuksen rakennussuunnitteluun.

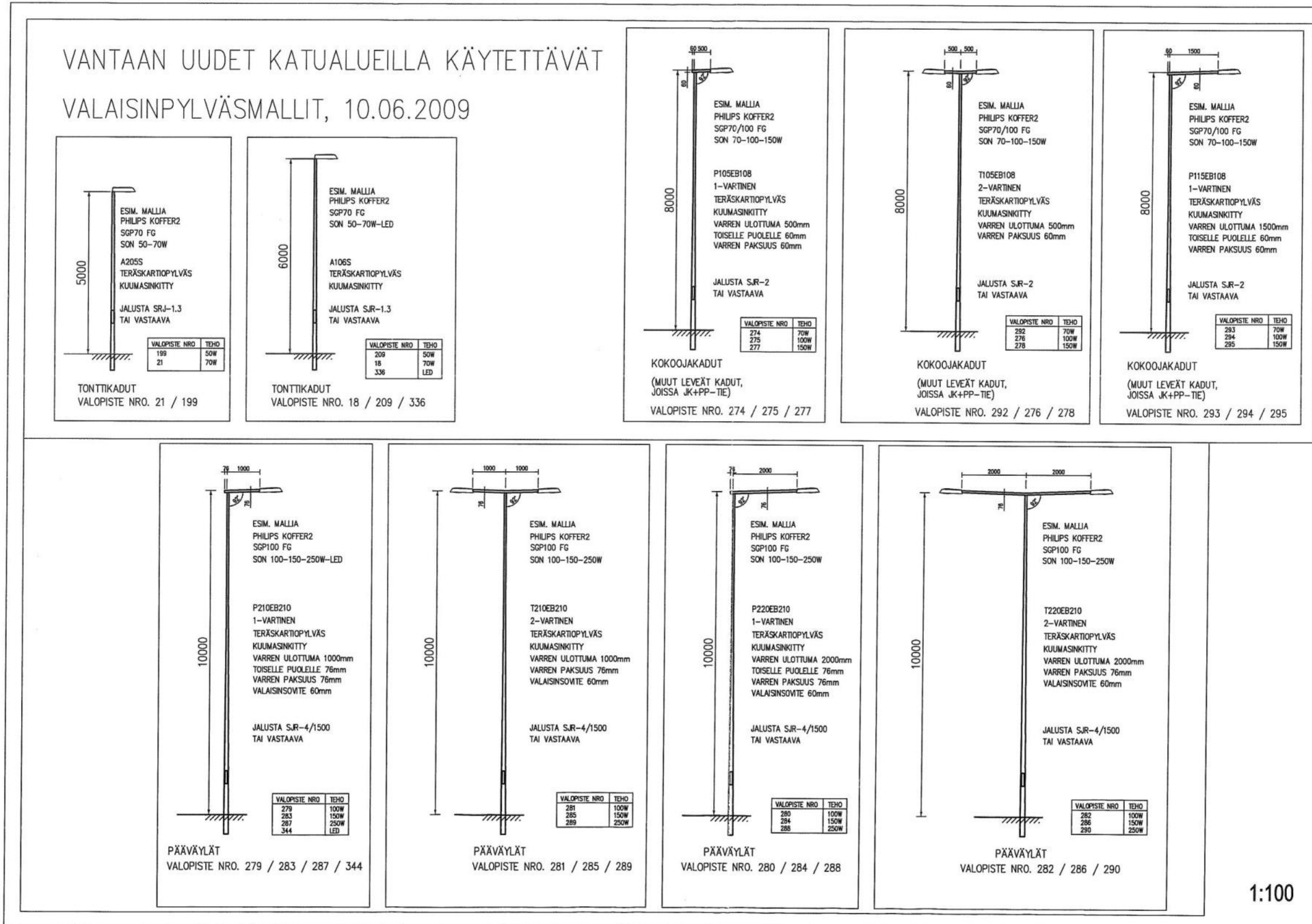
Lähteet

- 1 Yrityshistoria. 2017. Verkkodokumentti. Suomen Energia-Urakointi Oy <<http://www.seu.fi/yritys/index.php>>. Luettu 7.2.2017.
- 2 Keimolanmäki. 2017. Verkkodokumentti. Vantaan kaupunki. <<http://www.vantaa.fi/keimolanmaki>>. Luettu 7.2.2017.
- 3 Tietilasto 2015. 2016. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lti_2016-06_tietilasto_2015_web.pdf>. Luettu 7.2.2016.
- 4 Kunnan ja valtion kustannusvastuun periaatteet maantien pidossa. 2010. Verkkodokumentti. Kuntaliitto. <http://shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/rontu_maantienpitoverkkoon.pdf>. Luettu 10.2.2017.
- 5 Maantielaki 23.6.2005/503. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050503#L1P10>>. Luettu 10.2.2017
- 6 Ulkovalaistus. 2017. Verkkodokumentti. Vantaan kaupunki. <http://www.vantaa.fi/asuminen_ja_ymparisto/kadut_ja_viheralueet/kadut/ulkovalaistus>. Luettu 13.2.2017.
- 7 Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. 2015. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf>. Luettu 7.2.2017.
- 8 Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus. 1984. Tie- ja katuvalaistus 174-84. Helsinki.
- 9 Sito Oy. 2014. Ulkovalaistuksen tarveselvitys. Vantaan kaupunki: Kuntatekniikan keskus.
- 10 Elohopealamppu. 2017. Verkkodokumentti. Sähköbit Oy. <<http://www.sahkobit.fi/verkkokauppa/pinnoitettu-pehmytlasinen-elohopealamppu-hpl-125w634-e27-p-3298.html>>. Luettu 23.2.2017.
- 11 Ahponen, Veikko ym. (toim.). 1992. Valaistustekniikan käsikirja 1. Helsinki: Sähköliikkeiden Palvelu ja Kustannus Oy.
- 12 Halonen Liisa, Lehtovaara Jorma. 1992. Valaistustekniikka. Espoo: Otatieto.
- 13 Monimetallilamppu. 2017. Verkkodokumentti. Sähköbit Oy. <<http://www.sahkobit.fi/verkkokauppa/monimetallilamppu-master-citywhitecdott-plus-70w828-philips-p-19451.html>>. Luettu 23.2.2017.
- 14 Suurpainenatriumlamppu. 2017. Verkkodokumentti. Sähköbit Oy. <<http://www.sahkobit.fi/verkkokauppa/suurpainenatriumlamppu-master-sont-apisont-apia-plus-xtra-philips-p-19458.html>>. Luettu 23.2.2017.

- 15 SFS-EN 62504: Yleisiin valaistustarkoituksiin käytettävät ledituotteet. Termit ja määritelmät. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 16 Tetri, Eino. 2010. Kohti valoa -seminaari Pikku-Parlamentin kansalaisinfossa. Verkkodokumentti. <http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti_valoa_Tetri.pdf>. Luettu 23.2.2017.
- 17 Kymmenen asiaa, jotka sinun tulee tietää LED-valoista. 2013. Verkkodokumentti. Glamox Oy. <https://glamox.com/upload/2013/09/26/fi_singlepages-2.pdf>. Luettu 23.2.2017.
- 18 AXMK Voimakaapeli. 2017. Verkkodokumentti. Reka Oy. <<http://www.reka.fi/voimakaapelit/alumiinivoimakaapelit/axmk-voimakaapeli>>. Luettu 9.3.2017.
- 19 MMJ Asennuskaapeli. 2017. Verkkodokumentti. Reka Oy. <<http://www.reka.fi/asennuskaapelit/vakioasennuskaapelit/mmj-asennuskaapeli>>. Luettu 9.3.2017.
- 20 Maakaapeli MCMK 2x6+6. 2017. Verkkodokumentti. Suomi Sähkö Oy. <<https://www.valovirta.fi/sahkojohdot-ja-kaapelit/asennuskaapelit/maakaapeli-mcmk-2x66-p-359.html>>. Luettu 10.3.2017.
- 21 SV15.11 valaisinpylväskalustesarja. 2017. Verkkodokumentti. Ensto Oy. <<http://www.ensto.com/fi/tuotteet/maakaapelitarvikkeet/valaisinpylvaskalusteet/svv-varokepesat-ja-sarjat/SV15.11/>>. Luettu 23.2.2017.
- 22 Tien valaisinpylväiden ja jalustojen laatuvaatimukset. 2010. Verkkodokumentti. Liikennevirasto. <http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-14_tien_valaisinpylvaiden_web.pdf>. Luettu 24.2.2017.
- 23 Säättöruuviinnitteiset SJ-jalustat. 2017. Verkkodokumentti. 2017. Sähkö-Jokinen Oy. <http://www.sahkojokinen.fi/jalustat/SJ_jalustat/>. Luettu 24.2.2017.
- 24 KeyLight. 2017. Verkkodokumentti. Keypro Oy. <<https://www.bentley.com/en/products/product-line/modeling-and-visualization-software/microstation-powerdraft>>. Luettu 21.3.2017.
- 25 MicroStation PowerDraft. 2017. Verkkodokumentti. Bentley. <<https://www.bentley.com/en/products/product-line/modeling-and-visualization-software/microstation-powerdraft>>. Luettu 21.3.2017.
- 26 Luma Micro. 2017. Verkkodokumentti. Philips. <<http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/luma/luma-micro>>. Luettu 21.3.2017.
- 27 D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2012. Espoo: Sähkö- ja teleura-koitsijaliitto STUL ry.

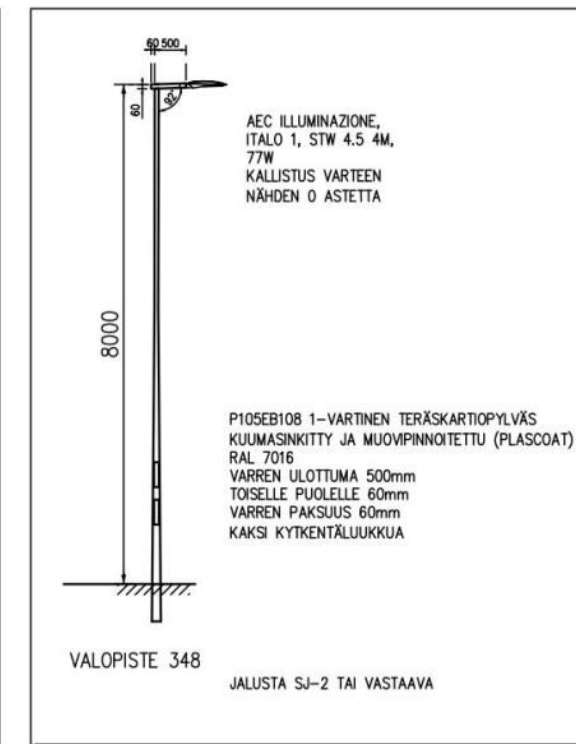
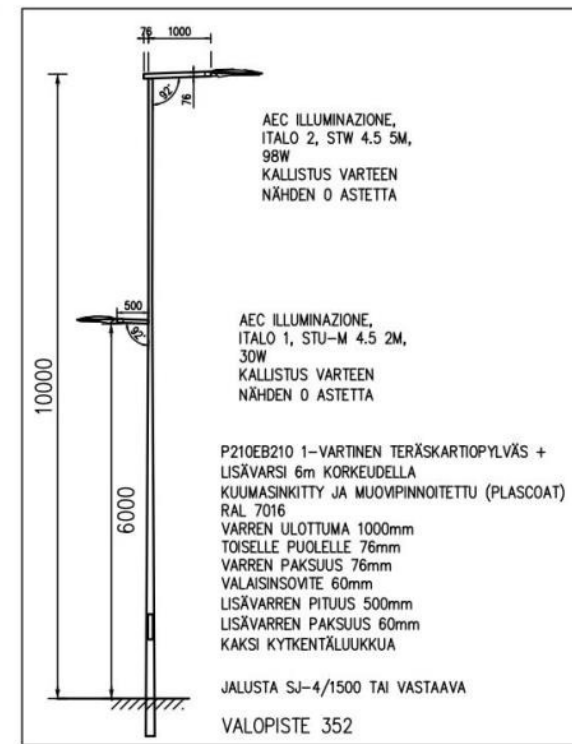
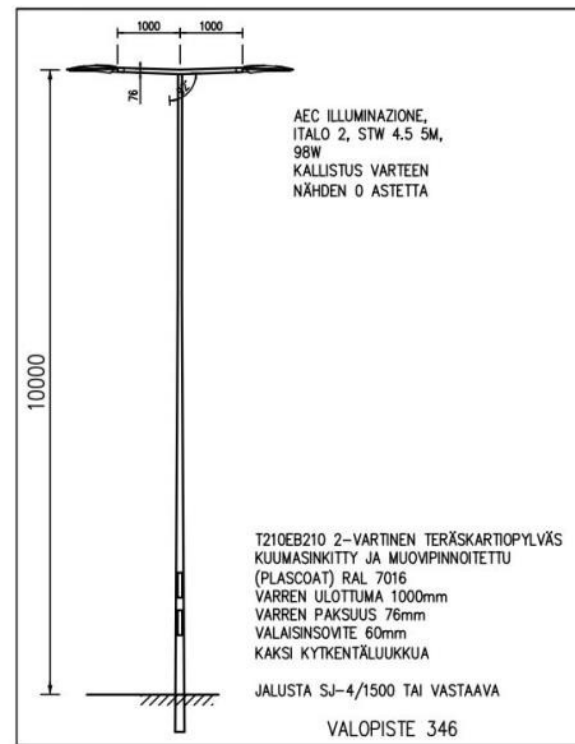
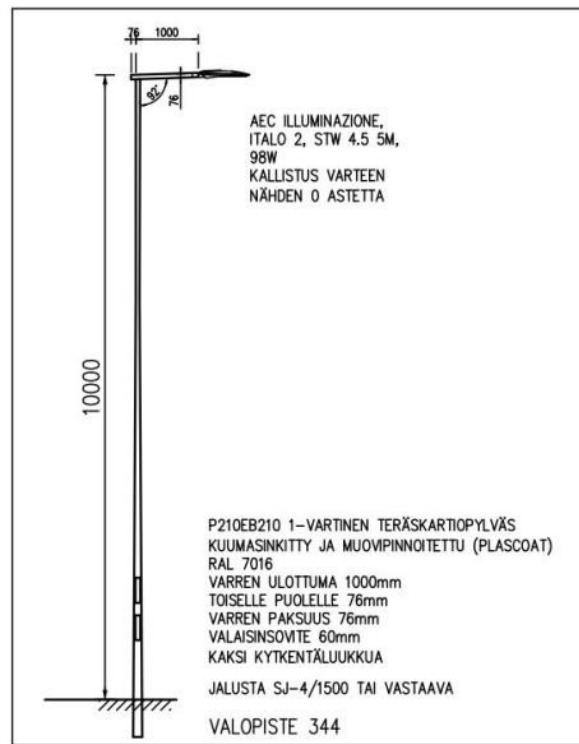
28 Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen suunnitteluohje, liite 5: Piirustusmerkinnät ulkovalaistussuunnitelmissa. 2017. Helsingin kaupunki: Rakennusvirasto.

Vantaalla käytettävät valaisinylvyismallit

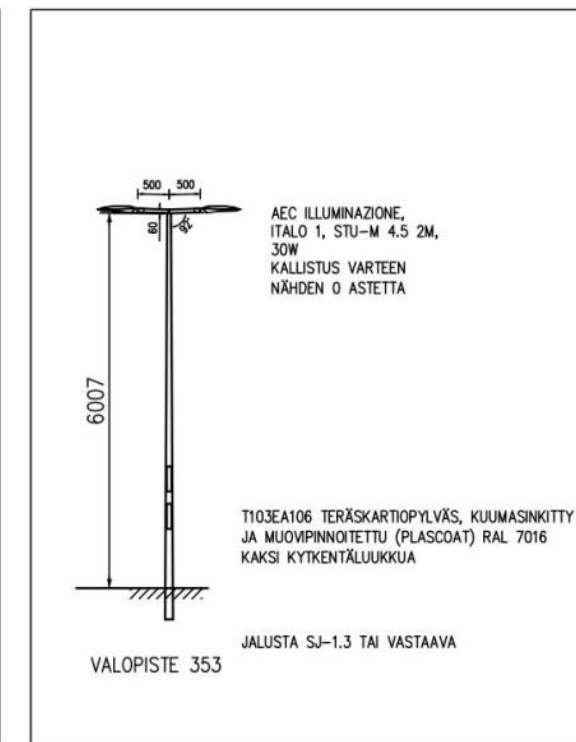
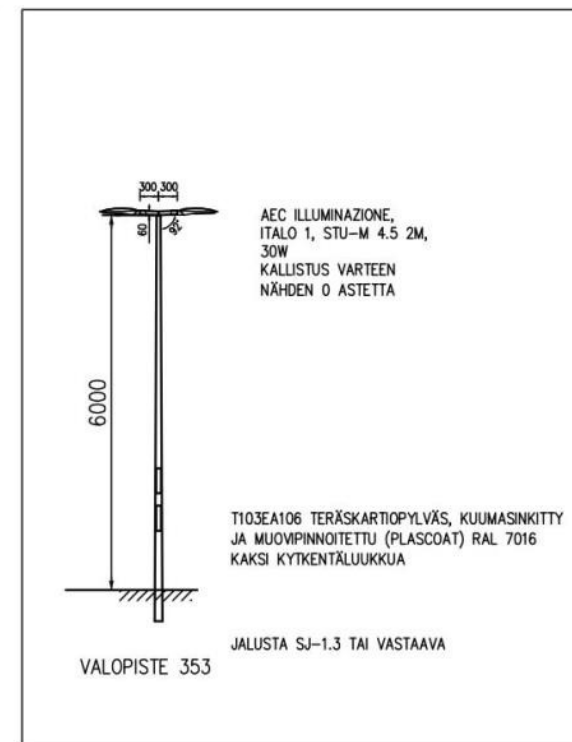
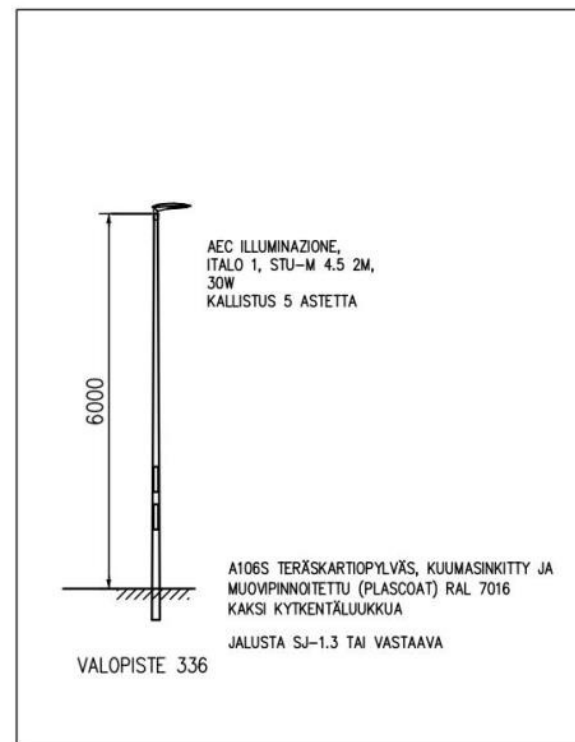
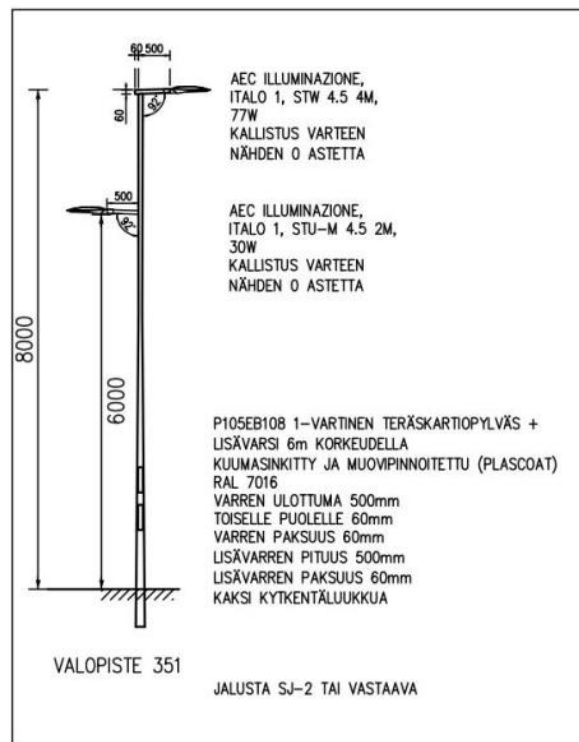


Kuva 1. Vantaalla käytettävät pylväsmallit [9].

KIVISTÖSSÄ KÄYTETTÄVIÄ VALOPISTEITÄ

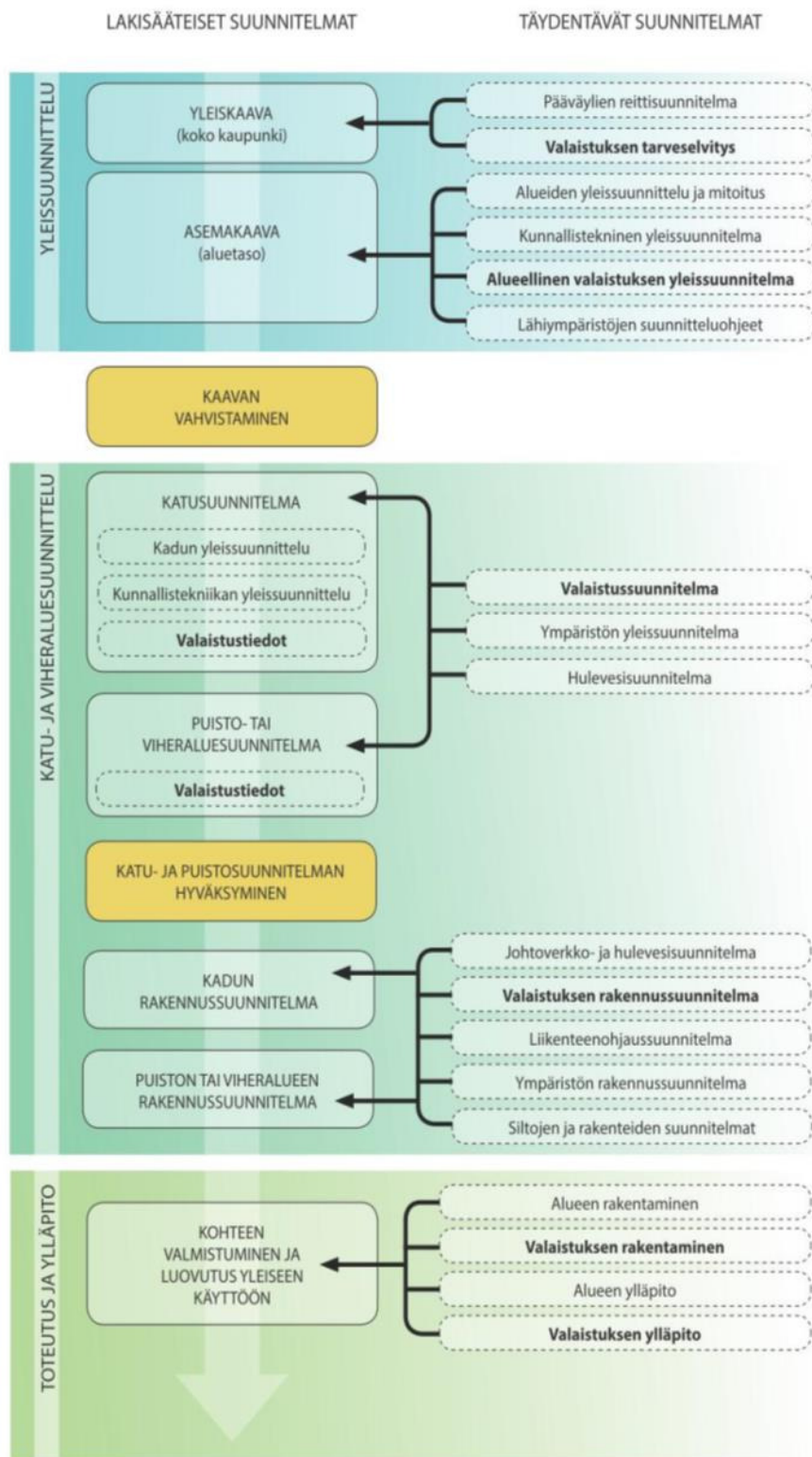


KUMPI VAOPISTEEN 353 VARREN PITUUKSISTA 300mm VAI 500mm VALITAAN?



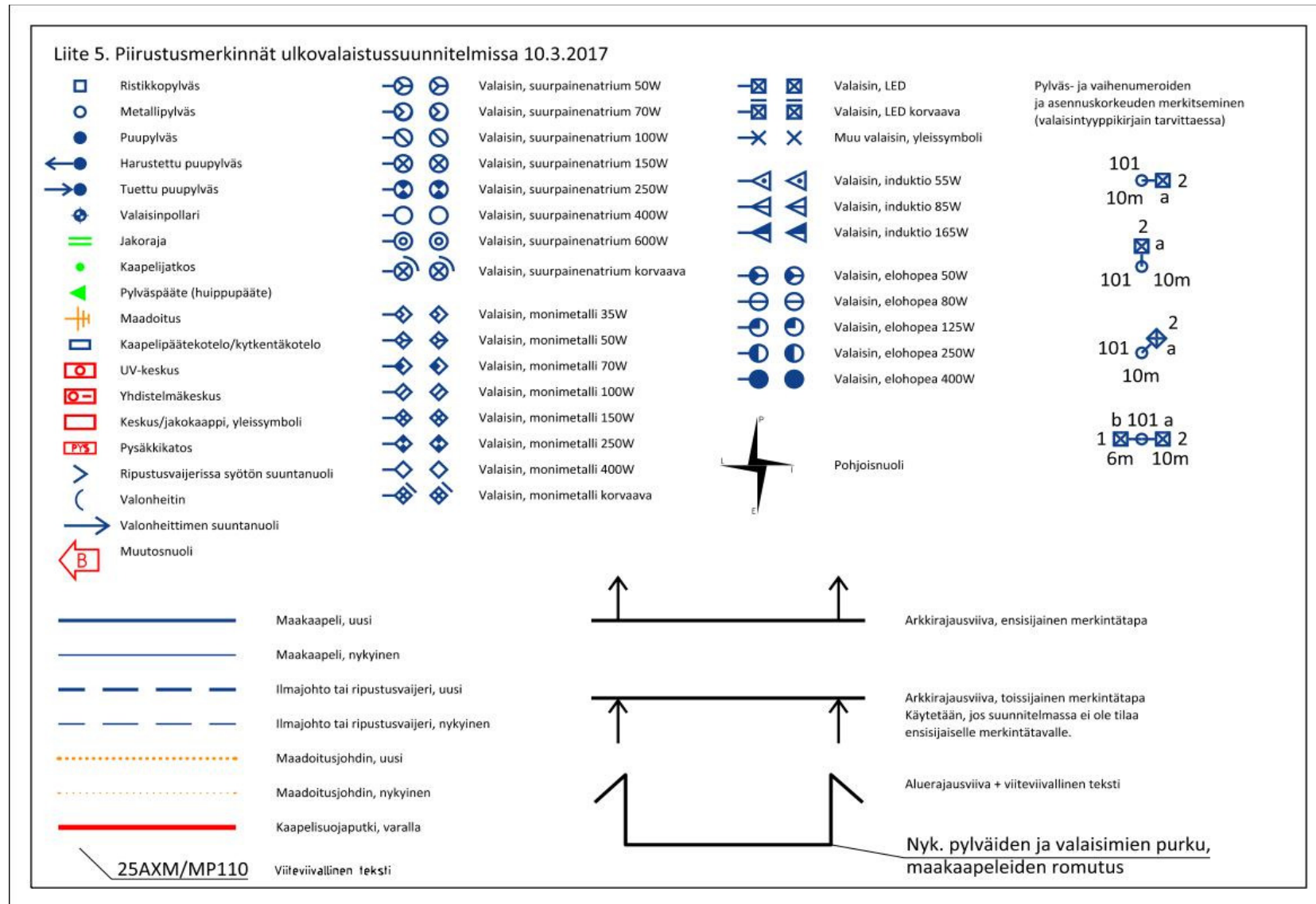
Kuva 2. Vantaalla käytettävät pylväsmallit [9].

Valaistus- ja kaupunkisuunnittelun prosessikaavio



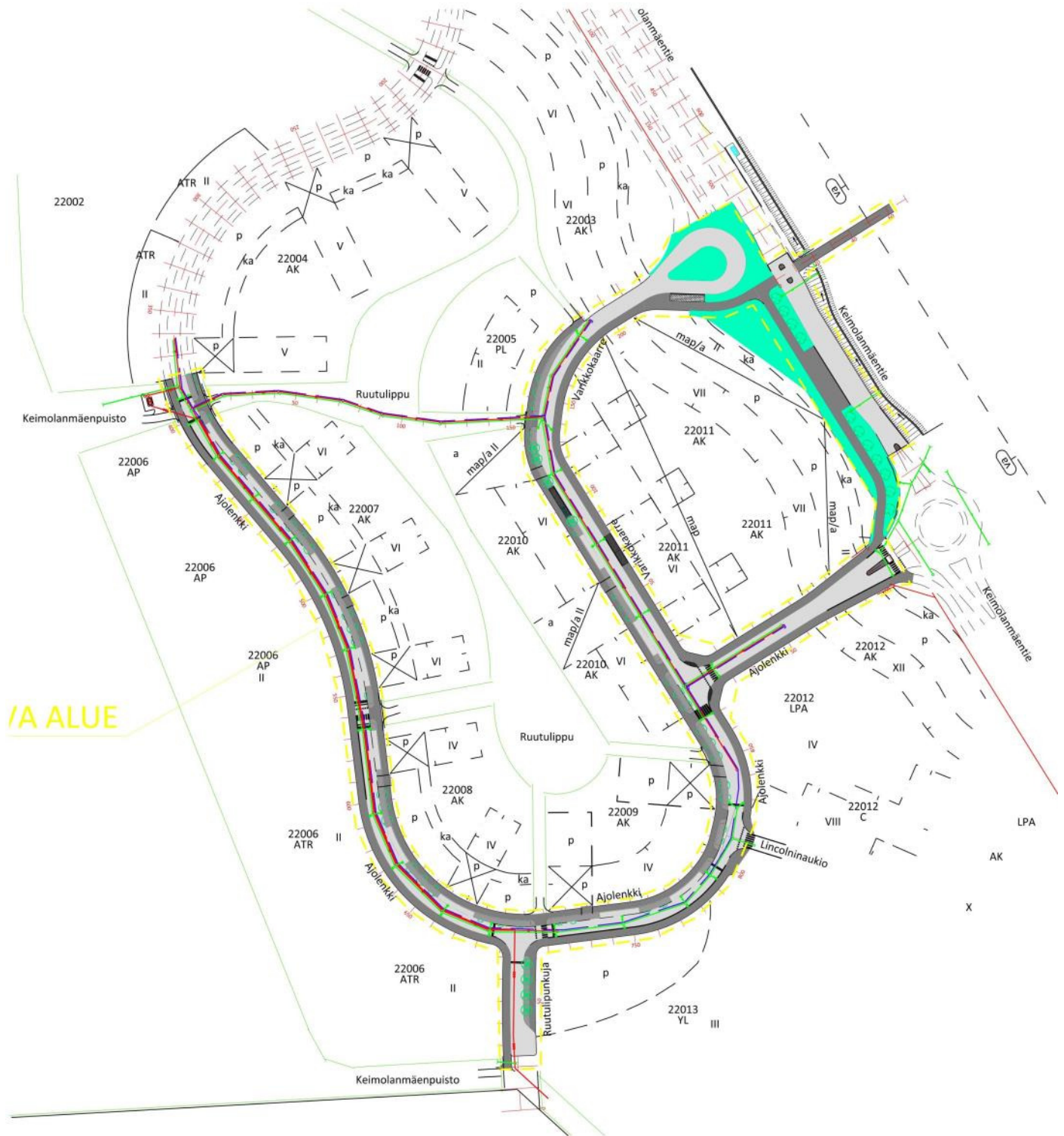
Kuva 1. Valaistussuunnittelun suhde muihin suunnitteluprosesseihin [9].

Valaistussuunnitelman symbolit ja merkinnät



Kuva 1. Helsingissä käytettäviä piirustusmerkintöjä [28].

Keimolanmäen 2-vaiheen katusuunnitelma



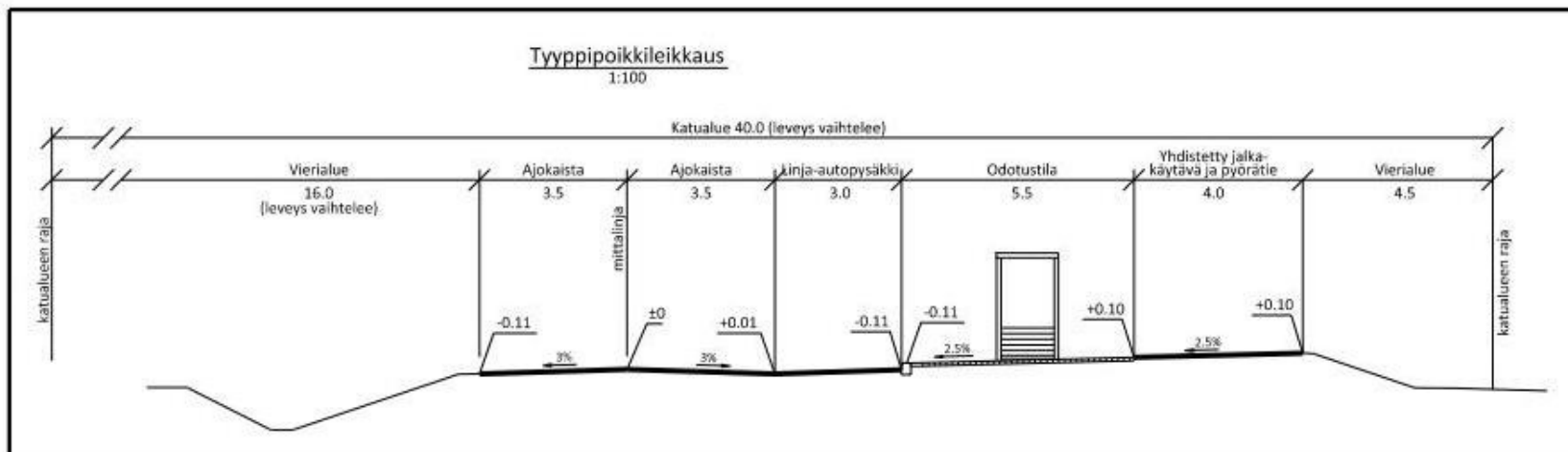
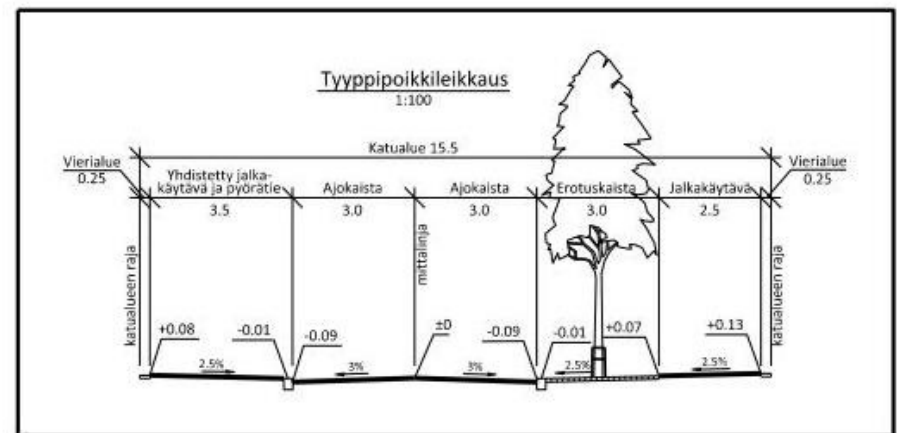
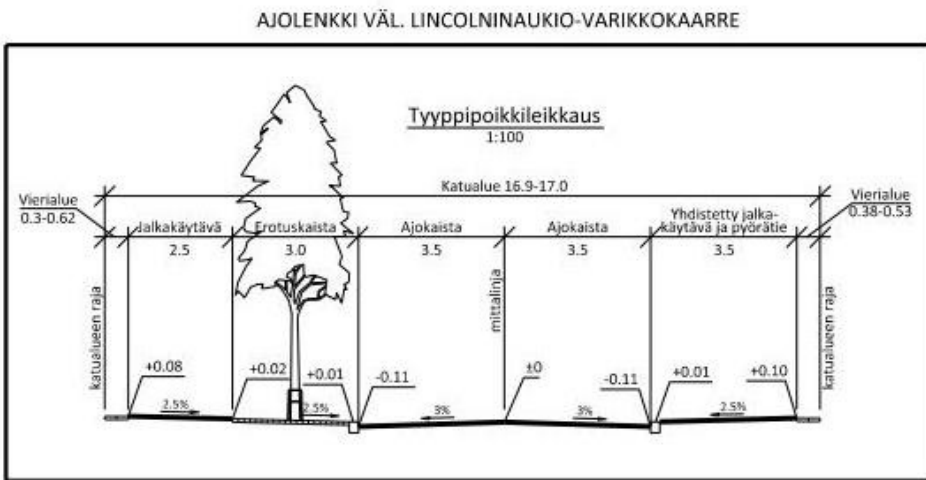
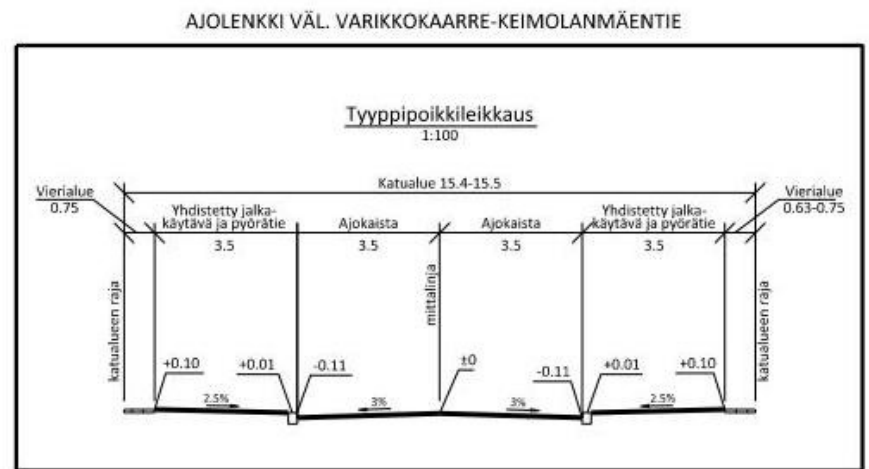
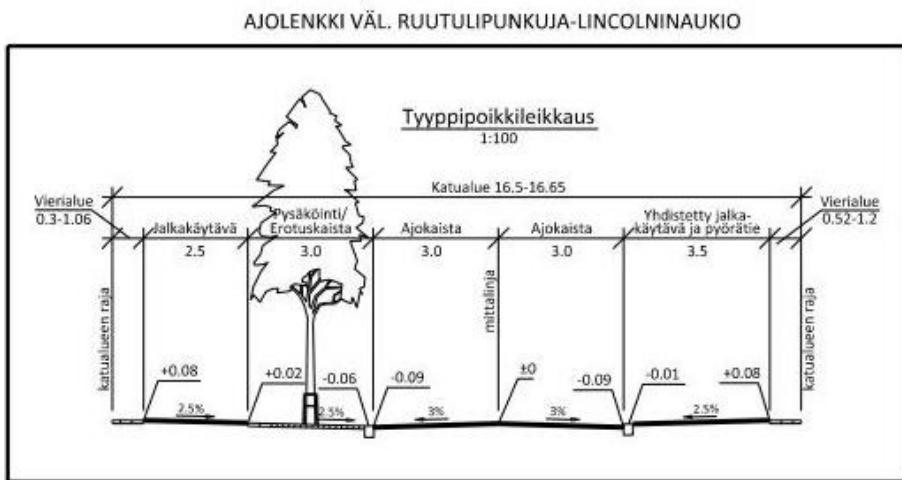
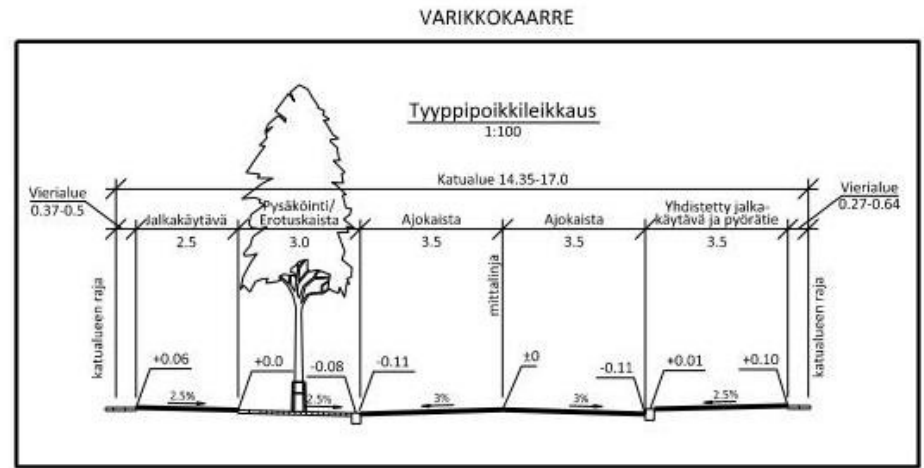
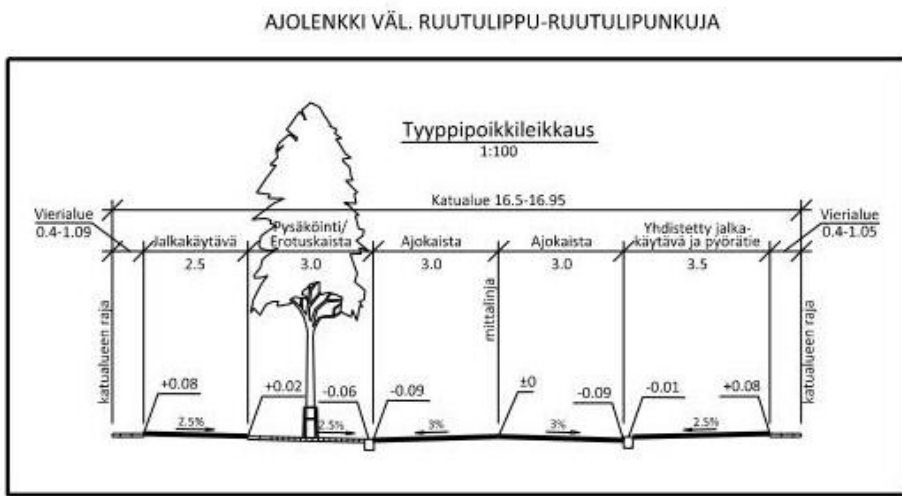
Kuva 1. Katusuunnitelma

Keimolanmäen valaistuksen yleissuunnitelma



Kuva 1. Keimolanmäen valaistuksen yleissuunnitelma.

Keimolanmäen 2-vaiheen katupoikkileikkaukset



Kuva 1. Katujen poikkileikkaukset.

Valaistusluokan valinta

Taulukko 1. Katujen M-valaistusluokat [7, s. 28].

KATULUOKKA	VALAISTUSLUOKKA
PÄÄKADUT	
<i>Nelikaistainen keskialueellinen katu tasoliittymin</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

Taulukko 2. Maanteiden M-valaistusluokat [7, s. 28].

TIELUOKKA	VALAISTUSLUOKKA
KAKSIAJORATAISET VALTA- JA KANTATIET	
<i>Nelikaistainen keskialueellinen tai keskikaiteellinen moottoritie</i>	
Taajamassa (ohi- tai läpikulkutie)	M2
Maaseudulla	M3a
<i>Keskikaiteellinen ohituskaistatie</i>	
Maaseudulla	M3b
<i>Nelikaistainen 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

Taulukko 3. M-valaistusluokan valintaparametrit [7, s. 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 < 4000		-1
Liikenteen koostumus	Sekaliikenne, suuri osa kevytliikennettä	Pyöräilijät, jalankulkijat, pysäköidyt ajoneuvot		2
	Sekaliikenne			1
	Vain moottoriajoneuvoja			0
Erilliset ajoradat	Ei			1
	Kyllä			0
Liittymätiheys		Tasoliittymiä/km (ilman maatalousliittymiä)	Eritasoliittymät, risteyssiltojen välimatka, km	
	Suuri	5	< 3	1
	Kohtalainen	2	\geq 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

Taulukosta valitaan eri parametrien painoarvot (V_w) ja lasketaan niiden summa V_{ws} . Jos parametrien painoarvojen summa V_{ws} on negatiivinen, käytetään arvoa 0. Valaistusluokka on $M = 6 - V_{ws}$ (esim. $M = 6 - 2 = 4$, valaistusluokka on M4). Jos $M \leq 0$, valaistusluokaksi valitaan M1. Valaistusluokan M3 tapauksessa valitaan joko M3a- tai M3b- luokka tieluokan ja valaistustarpeen mukaan. [7, s. 29]

Taulukko 4. Kevyen liikenteen väylien P-valaistusluokat [7, s. 33].

VÄYLÄ TAI ALUE	VALAISTUS- LUOKKA	VÄYLÄ TAI ALUE	VALAISTUS- LUOKKA
KÄVELYKADUT <i>Keskustassa</i> Vain kevytliikenne Huoltoajo sallittu	P2 P1	ERILLISET JALANKULKU- JA PYÖRÄTIET Vilkkoot Vähäliikenteiset, ei sekaliikennettä	P4 P6
<i>Muilla alueilla</i> Vain kevytliikenne Huoltoajo sallittu	P3 P2	ALIKULKUKÄYTÄVÄT (ks. 3.11.2)	C4
<i>Maaseututaajamat</i> Vain kevytliikenne Huoltoajo sallittu	P3, P4 P2	ULKOILUTIET Puistokäytävät Hiihtoladut, pururadat	P3 P4
HIDAS- JA PIHAKADUT Vilkkoot Vähätoimintaiset	P2 P4, P5	PYSÄKÖINTIALUEET Vilkkoot Vähäliikenteiset	P2 P4
JALANKULKUALUEET KESKUSTASSA, TORIT JA AUKIOT	P1, P2		

Taulukko 5. P-valaistusluokan valintaparametrit [7, s. 33].

PARAMETRI	VAIHTOEHDOT	KUVAUS	PAINOARVO V _w
Nopeus	Pieni	$v \leq 40$ 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

Valaistusteknillisten laskentojen tulokset

Keimolanmäki 2-rakennusvaihe

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Sisällysluettelo

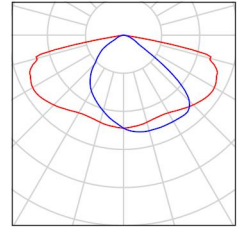
Keimolanmäki 2-rakennusvaihe	
Sisällysluettelo	1
Luettelo valaisimista	2
Ajolenkki väl. Varikkokaarre-Keimolanmäentie	
Valaistustekniset tulokset	3
Kevyen liikenteen väylät	
Valaistustekniset tulokset	5
Varikkokaarre loppuosa	
Valaistustekniset tulokset	6
Keimolanmäentie+klv+bussipysäkki	
Valaistustekniset tulokset	8
Ruutulipunkuja	
Valaistustekniset tulokset	10
Ajolenkki väl. Ruutulippu-Lincolninaukio	
Valaistustekniset tulokset	12
Ajolenkki väl. Lincolninaukio-Varikkokaarre	
Valaistustekniset tulokset	14

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

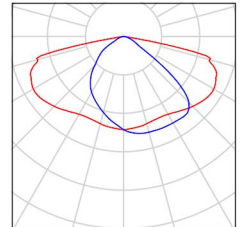
Keimolanmäki 2-rakennusvaihe / Luettelo valaisimista

19 Kappale PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/740 DM11
Tavarnumero:
Valovirta (Valaisin): 2457 lm
Valovirta (Lamput): 2700 lm
Valaisimien teho: 18.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 39
75 97 100 91
Varustus: 1 x LED27-4S/740 (Korjaustekijä
1.000).

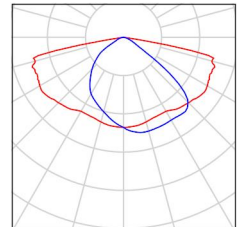


29 Kappale PHILIPS BGP621 T25 1 xLED74-4S/740 DM11
Tavarnumero:
Valovirta (Valaisin): 6660 lm
Valovirta (Lamput): 7400 lm
Valaisimien teho: 49.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 39
75 97 100 90
Varustus: 1 x LED74-4S/740 (Korjaustekijä
1.000).

Löydät valaisimen kuvan
valaisinluettelosta.



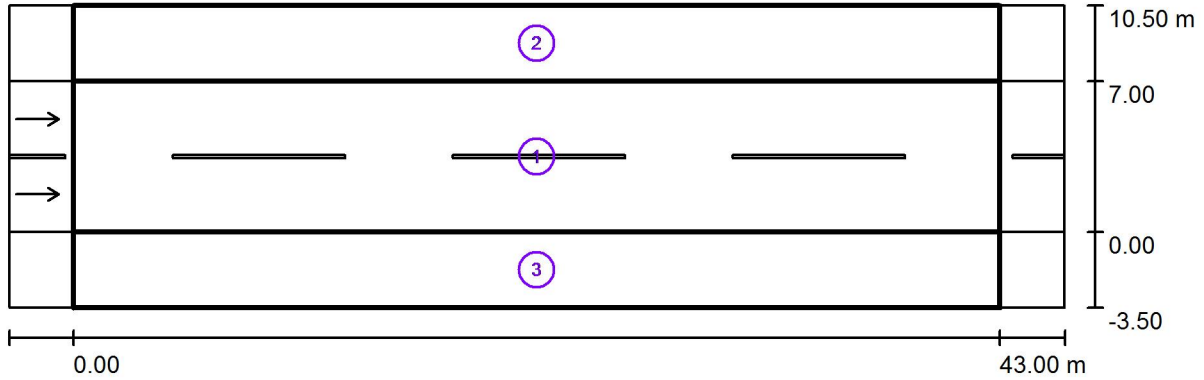
6 Kappale PHILIPS BGP623 T25 1 xLED129-4S/740 DM11
Tavarnumero:
Valovirta (Valaisin): 11700 lm
Valovirta (Lamput): 13000 lm
Valaisimien teho: 82.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 38
73 96 100 90
Varustus: 1 x LED129-4S/740 (Korjaustekijä
1.000).



Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Ajolenkki väl. Varikkokaarre-Keimolanmäentie / Valaistustekniset tulokset



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:351

Arviointikenttien luettelo

- 1 Ajorata
Pituus: 43.000 m, Leveys: 7.000 m
Rasteri: 15 x 6 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Ajorata.
Päällyste: R2, q0: 0.070
Valittu valaistusluokka: ME4b

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Lasketut tosiarvot:	0.90	0.81	0.72	14	0.79
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Ajolenkki väl. Varikkokaarre-Keimolanmäentie / Valaistustekniset tulokset

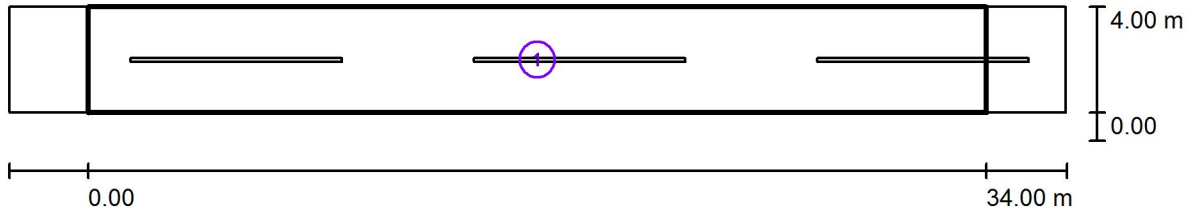
Arviointikenttien luettelo

<p>2 Arviointikenttä Jalkakäytävä 1 Pituus: 43.000 m, Leveys: 3.500 m Rasteri: 15 x 3 Pisteet Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 1. Valittu valaistusluokka: S2</p>	<p>(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)</p>	<p>E_m [lx] 10.84 ≥ 10.00 ✓</p>	<p>E_{min} [lx] 3.34 ≥ 3.00 ✓</p>
<p>3 Arviointikenttä Jalkakäytävä 2 Pituus: 43.000 m, Leveys: 3.500 m Rasteri: 15 x 3 Pisteet Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 2. Valittu valaistusluokka: S2</p>	<p>(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)</p>	<p>E_m [lx] 10.84 ≥ 10.00 ✓</p>	<p>E_{min} [lx] 3.34 ≥ 3.00 ✓</p>
<p>Lasketut tosiarvot: Ohjearvot luokan perusteella: Täytetty/ei täytetty:</p>			

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Kevyen liikenteen väylät / Valaistustekniset tulokset



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:286

Arviointikenttien luettelo

- Arviointikenttä Ajourata 1
Pituus: 34.000 m, Leveys: 4.000 m
Rasteri: 12 x 3 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Ajourata 1.
Valittu valaistusluokka: S4

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

Lasketut tosiarvot:
Ohjearvot luokan perusteella:
Täytetty/ei täytetty:

E_m [lx]	E_{min} [lx]
5.15	1.36
≥ 5.00	≥ 1.00
✓	✓

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Varikkokaarre loppuosa / Valaistustekniset tulokset



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:279

Arviointikenttien luettelo

- 1 Arviointikenttä Ajorata 1
Pituus: 33.000 m, Leveys: 7.000 m
Rasteri: 11 x 6 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Ajorata 1.
Päällyste: R2, q0: 0.070
Valittu valaistusluokka: ME4b

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Lasketut tosiarvot:	0.77	0.68	0.60	10	0.66
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓



Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Varikkokaarre loppuosa / Valaistustekniset tulokset

Arviointikenttien luettelo

- 2 Arviointikenttä Jalkakäytävä 1
Pituus: 33.000 m, Leveys: 3.500 m
Rasteri: 11 x 3 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 1.
Valittu valaistusluokka: S4

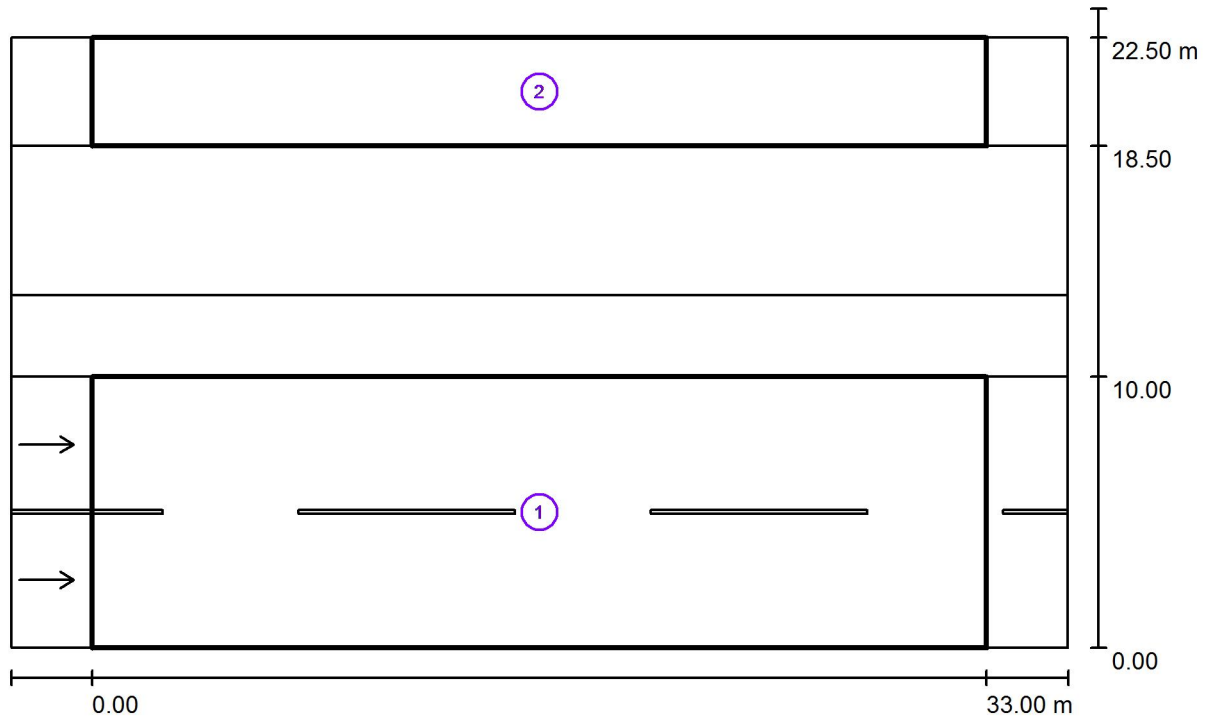
(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]
Lasketut tosiarvot:	7.18	5.19
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 5.00	≥ 1.00
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Keimolanmäentie+klv+bussipysäkki / Valaistustekniset tulokset



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:279

Arviointikenttien luettelo

- 1 Arviointikenttä Ajorata 1
Pituus: 33.000 m, Leveys: 10.000 m
Rasteri: 11 x 6 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Ajorata 1.
Päällyste: R2, q0: 0.070
Valittu valaistusluokka: ME3c

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Lasketut tosiarvot:	1.02	0.65	0.72	8	0.63
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓



Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Keimolanmäentie+klv+bussipysäkki / Valaistustekniset tulokset

Arviointikenttien luettelo

- 2 Arviointikenttä Jalkakäytävä 1
Pituus: 33.000 m, Leveys: 4.000 m
Rasteri: 11 x 3 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 1.
Valittu valaistusluokka: S4

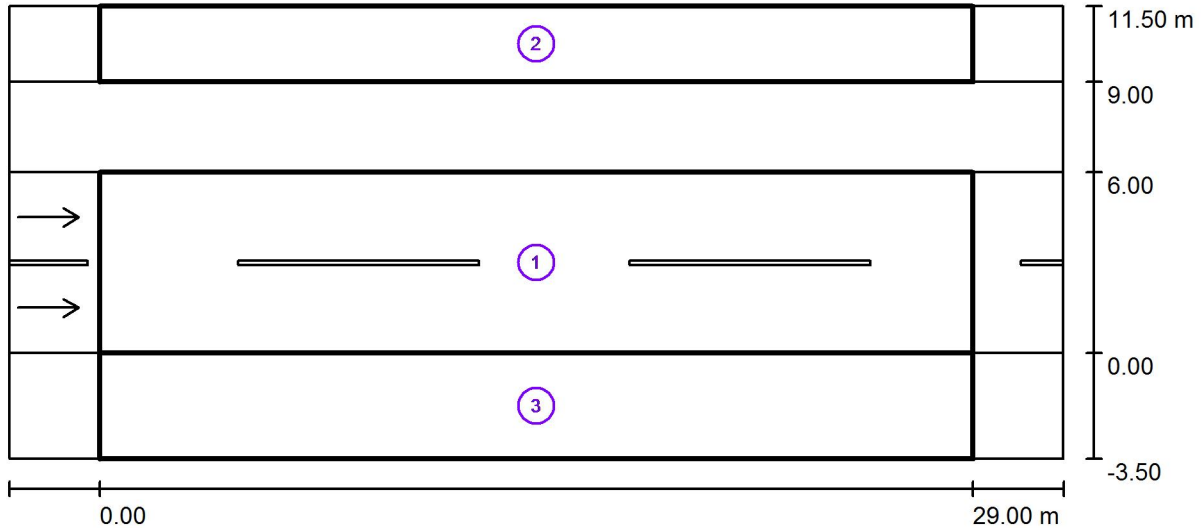
(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]
Lasketut tosiarvot:	6.32	2.12
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 5.00	≥ 1.00
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Ruutulipunkuja / Valaistustekniset tulokset



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:251

Arviointikenttien luettelo

- 1 Arviointikenttä Ajourata 1
Pituus: 29.000 m, Leveys: 6.000 m
Rasteri: 10 x 6 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Ajourata 1.
Päällyste: R2, q0: 0.070
Valittu valaistusluokka: ME4b

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Lasketut tosiarvot:	1.04	0.67	0.61	8	0.83
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Ruutulipunkuja / Valaistustekniset tulokset

Arviointikenttien luettelo

- 2 Arviointikenttä Jalkakäytävä 1
Pituus: 29.000 m, Leveys: 2.500 m
Rasteri: 10 x 3 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 1.
Valittu valaistusluokka: S3

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

Lasketut tosiarvot:
Ohjearvot luokan perusteella:
Täytetty/ei täytetty:

E_m [lx]	E_{min} [lx]
11.07	5.04
≥ 7.50	≥ 1.50
✓	✓

- 3 Arviointikenttä Jalkakäytävä 2
Pituus: 29.000 m, Leveys: 3.500 m
Rasteri: 10 x 3 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 2.
Valittu valaistusluokka: S3

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

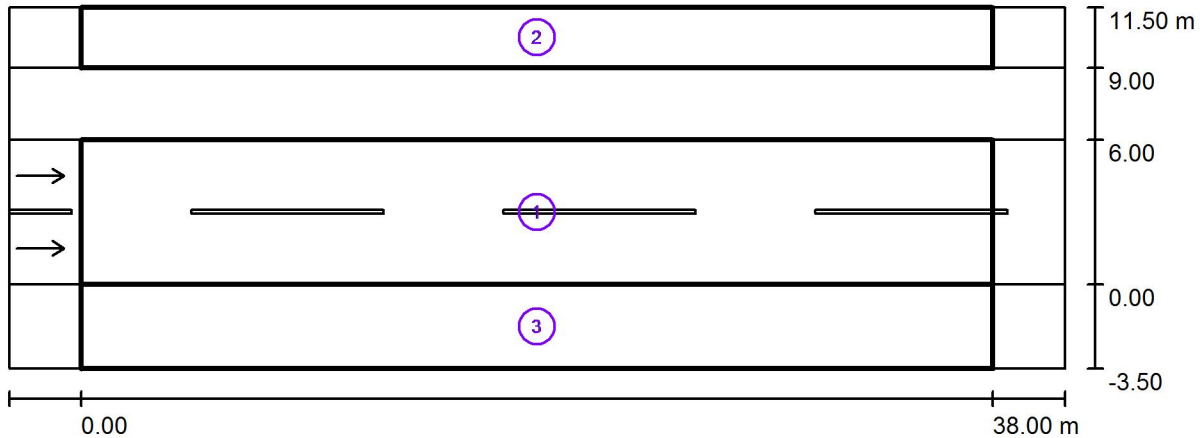
Lasketut tosiarvot:
Ohjearvot luokan perusteella:
Täytetty/ei täytetty:

E_m [lx]	E_{min} [lx]
9.90	7.36
≥ 7.50	≥ 1.50
✓	✓

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Ajolenkki väl. Ruutulippu-Lincolninaukio / Valaistustekniset tulokset



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:315

Arviointikenttien luettelo

- Arviointikenttä Ajorata 1
Pituus: 38.000 m, Leveys: 6.000 m
Rasteri: 13 x 6 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Ajorata 1.
Päällyste: R2, q0: 0.070
Valittu valaistusluokka: ME4b

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Lasketut tosiarvot:	0.75	0.61	0.51	10	0.85
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Ajolenkki väl. Ruutulippu-Lincolninakio / Valaistustekniset tulokset

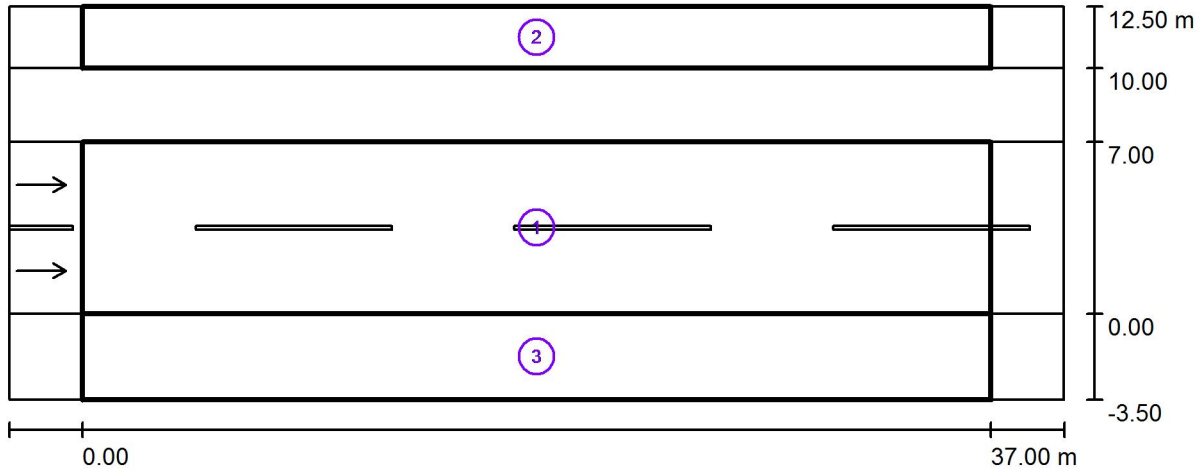
Arviointikenttien luettelo

2	<p>Arviointikenttä Jalkakäytävä 1 Pituus: 38.000 m, Leveys: 2.500 m Rasteri: 13 x 3 Pisteet Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 1. Valittu valaistusluokka: S3</p>	<p>(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)</p>	<p>E_m [lx] 9.33 ≥ 7.50 ✓</p>	<p>E_{min} [lx] 2.19 ≥ 1.50 ✓</p>
3	<p>Arviointikenttä Jalkakäytävä 2 Pituus: 38.000 m, Leveys: 3.500 m Rasteri: 13 x 3 Pisteet Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 2. Valittu valaistusluokka: S4</p>	<p>(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)</p>	<p>E_m [lx] 6.71 ≥ 5.00 ✓</p>	<p>E_{min} [lx] 4.40 ≥ 1.00 ✓</p>
	<p>Lasketut tosiarvot: Ohjearvot luokan perusteella: Täytetty/ei täytetty:</p>			

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Ajolenkki väl. Lincolninaukio-Varikkokaarre / Valaistustekniset tulokset



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:308

Arviointikenttien luettelo

- 1 Arviointikenttä Ajorata 1
Pituus: 37.000 m, Leveys: 7.000 m
Rasteri: 13 x 6 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Ajorata 1.
Päällyste: R2, q0: 0.070
Valittu valaistusluokka: ME4b

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Lasketut tosiarvot:	0.76	0.59	0.53	9	0.80
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓

Suomen Energia-Urakointi Oy
Lommilantie 6, 02740 Espoo
www.seu.fi

Tekijä Jouni Pennanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite jouni.pennanen@seu.fi

Ajolenkki väl. Lincolninaukio-Varikkokaarre / Valaistustekniset tulokset

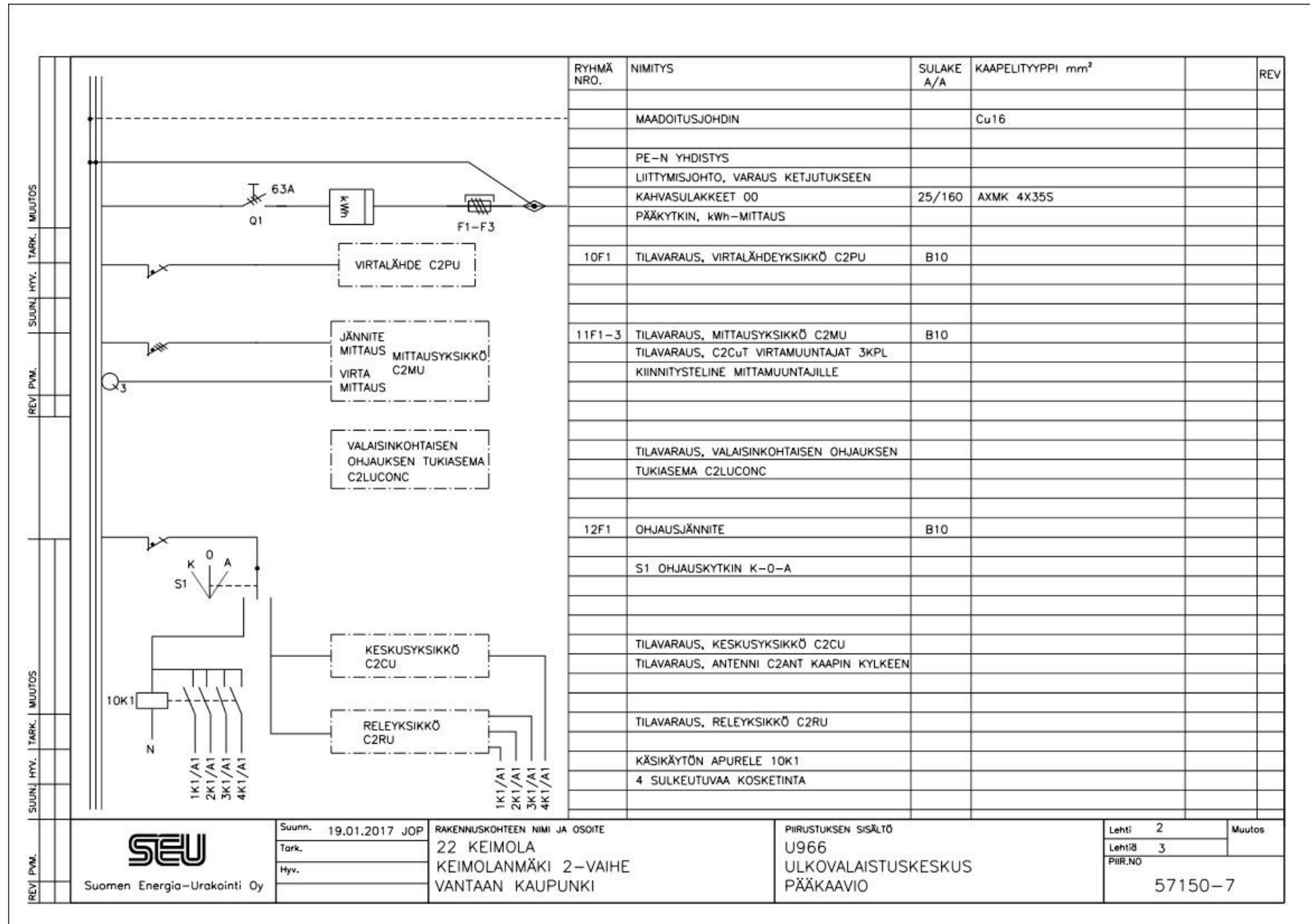
Arviointikenttien luettelo

2	Arviointikenttä Jalkakäytävä 1 Pituus: 37.000 m, Leveys: 2.500 m Rasteri: 13 x 3 Pisteet Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 1. Valittu valaistusluokka: S3	(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)		
	Lasketut tosiarvot:		E_m [lx]	E_{min} [lx]
	Ohjearvot luokan perusteella:		9.88	2.49
	Täytetty/ei täytetty:		≥ 7.50	≥ 1.50
			✓	✓
3	Arviointikenttä Jalkakäytävä 2 Pituus: 37.000 m, Leveys: 3.500 m Rasteri: 13 x 3 Pisteet Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 2. Valittu valaistusluokka: S4	(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)		
	Lasketut tosiarvot:		E_m [lx]	E_{min} [lx]
	Ohjearvot luokan perusteella:		5.89	4.03
	Täytetty/ei täytetty:		≥ 5.00	≥ 1.00
			✓	✓

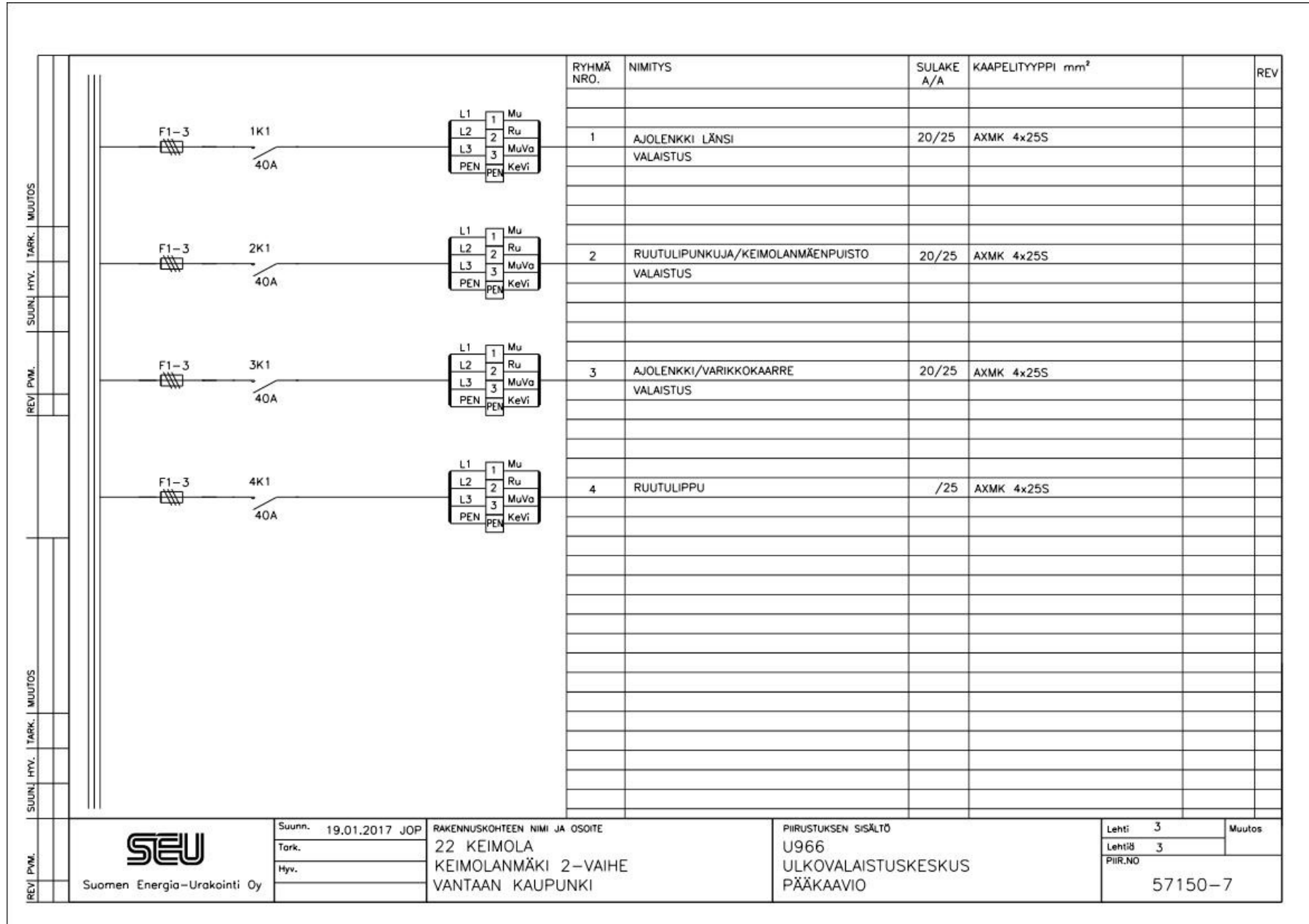
Ulkovalaistuskeskuksen pääkaavio

SUUNN. HYV. TARKK. MUUTOS	SÄHKÖTEKNILLISET TIEDOT			KAAPELOINTITIEDOT		
	1. NIMELLISJÄNNITE	U_N	400 V	5. KESKUKSEN YHTENÄINEN OVILAITE	1. SYÖTTÖKAAPELI	<input type="checkbox"/>
	2. JÄNNITEHÄVIÖ KESKUKSEEN	U_N	%	LUKOLLA SDC-LSE	ALHAALTA	<input type="checkbox"/>
	3. TAAJUUS	f	50 Hz	(MALLI TUKHOLMA)	YLHÄÄLTÄ	<input type="checkbox"/>
	4. NIMELLISVIRTA	I_N	63 A	SALVALLA	<input type="checkbox"/>	3. SYÖTTÖKAAPELIN SJAINTI
	5. OIKOSULKUKESTOISUUS			6. KESKUKSEN OVIEEN JA KANSIEN	VASEMMALLA	<input type="checkbox"/>
	TERMINEN	I_{15}	10 kA	AVAUTUMISKULMA	OIKEALLA	<input type="checkbox"/>
	DYNAAMINEN	I_S	kA	MIN 90°	<input type="checkbox"/>	4. SYÖTTÖKAAPELIN LIITTIMET
	6. KESKUKSEN HÄVIÖTEHO	P	kW	MIN 180°	<input type="checkbox"/>	2x(16-95) Al/Cu mm ²
	7. KISKOT JA JOHTIMET AC	L1	<input type="checkbox"/>	7. PINTAKÄSITTELY	5. RYHMÄKAAPELIT	
	L2	<input type="checkbox"/>	VALMISTAJAN STANDARDIN MUKAAN	ALHAALTA	<input type="checkbox"/>	
	L3	<input type="checkbox"/>	MAALATTU VÄRI HARMAA	YLHÄÄLTÄ	<input type="checkbox"/>	
	N	<input type="checkbox"/>	ERILLISEN OHJEEN MUKAAN	6. RYHMÄKAAPELEIDEN SJAINTI		
	PE	<input type="checkbox"/>	8. YMPÄRISTÖN LÄMPÖTILA	VASEMMALLA	<input type="checkbox"/>	
	PEN	<input type="checkbox"/>	NORMAALI 20-25°C	OIKEALLA	<input type="checkbox"/>	
			ULKONA -25°C - MAX 30°C	7. RYHMÄKAAPELEIDEN LIITTIMET	16-50 Al/Cu mm ²	
REV PVM.	KESKUKSEEN LIITETTÄVÄT KUORMITUKSET			9. TUNNUSMERKINNÄT	8. OHJAUSPIIRIEN LIITTIMET	1,5-4 Cu mm ²
	8. JAKELUJÄRJESTELMÄ			VALMISTAJAN NORMAALI		
	KÄYTTÖMAADOITETTU 4J. TN-C-S	<input type="checkbox"/>		ERILLISEN OHJEEN MUKAAN		
	KÄYTTÖMAADOITETTU 5J. TN-S	<input type="checkbox"/>				
	RAKENNETIEDOT			KALUSTETIEDOT		
	1. KESKUSLAJI			1. KESKUKSEN KALUSTUS		
	KENNO	<input type="checkbox"/>		VALMISTAJAN NORMAALI	<input type="checkbox"/>	
	KOTELO	<input type="checkbox"/>		ERILLISEN OHJEEN MUKAAN	<input type="checkbox"/>	
	KEHIKKO	<input type="checkbox"/>		2. KALUSTUKSEN TYYPPI		
	2. KOTELOINTILUOKKA			VALMISTAJAN NORMAALI	<input type="checkbox"/>	
	IP 34 VARUSTETAAN TUULETUSAUKKOLLA			ERILLISEN OHJEEN MUKAAN	<input type="checkbox"/>	
	C1-C3 KUNNALLISTEN TÖIDEN YLEISEN			3. KALUSTUSTAPA		
	TYÖSELITYKSEN 97/2800 MUKAAN			KESKITETTY	<input type="checkbox"/>	
	3. KESKUKSEN RAKENNE			YKSIKÖLÄHDÖT	<input type="checkbox"/>	
	1-PUOLEINEN	<input type="checkbox"/>		4. MERKKILAMPUT		
	2-PUOLEINEN	<input type="checkbox"/>		HOHTOLAMPUT	<input type="checkbox"/>	
	2kpl 1-PUOLEISIA			LED-LAMPUT	<input type="checkbox"/>	
	SELÄT VASTAKKAIN	<input type="checkbox"/>		5. LASKUTUSMITTAREIDEN TOIMITTAJA		
	4. ASENNUSTAPA			SÄHKÖLAITOS	<input type="checkbox"/>	
	PINNALLE	<input type="checkbox"/>		KESKUSVALMISTAJA	<input type="checkbox"/>	
	UPOTETTU	<input type="checkbox"/>		6. LASKUTUSMITTAMUUNTAJEN TOIMITTAJA		
	KAAPELIJAKOKAAPPIIN			SÄHKÖLAITOS	<input type="checkbox"/>	
	MAAHAN JALUSTALLE	<input type="checkbox"/>		KESKUSVALMISTAJA	<input type="checkbox"/>	
REV PVM.	Suomen Energia-Urakointi Oy			Suunn. 19.01.2017 JOP		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ
	Tarkk.			RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE		U966
	Hyv.			22 KEIMOLA		ULKOVALAISTUSKESKUS
				KEIMOLANMÄKI 2-VAIHE		PIIR.NO
				VANTAAN KAUPUNKI		57150-7
						Lehti 1
						LehtiB 3
						Muutos

Kuva 1. Pääkaavion kansilehti.



Kuva 2. Pääkaavion lehti 2.

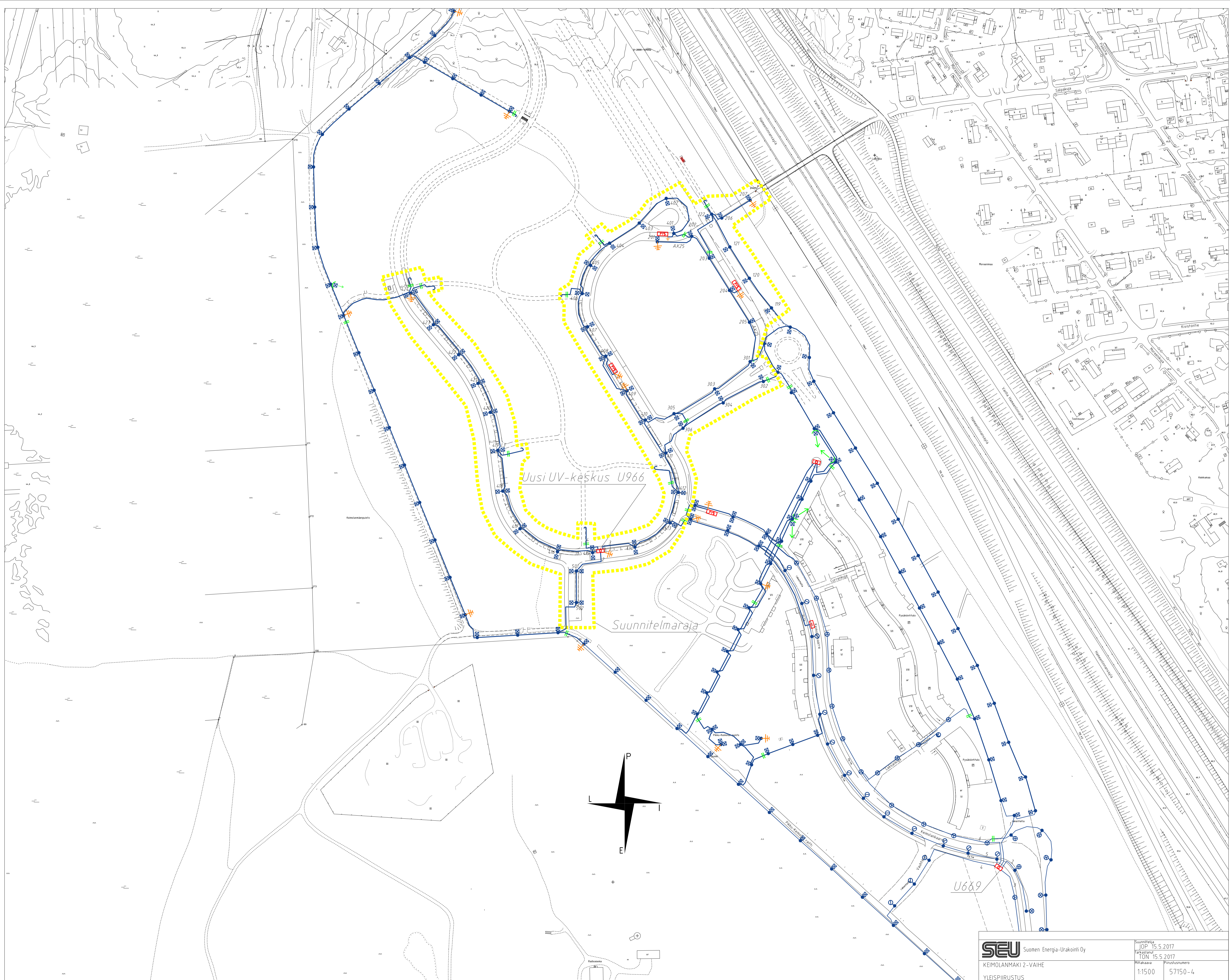


Kuva 3. Pääkaavion lehti 3.

Ulkovalaistustöiden määräluettelo

Kohde	Työselite	Yks.	Määrä
	Työmaan perustaminen	kpl	1
33610.a	Kuumasinkitty metallipylväs		
	Pylväs A106S	kpl	7
	Pylväs B108	kpl	10
	Pylväs B108, varustettuna lisävarrella	kpl	22
	Pylväs B210	kpl	4
	Plascoat pinnoitus RAL 7016 6m pylväs	kpl	7
	Plascoat pinnoitus RAL 7016 8m pylväs	kpl	32
	Plascoat pinnoitus RAL 7016 10m pylväs	kpl	4
33610.b	Kuumasinkitty pylvään varsi malli		
	Varsi P115E	kpl	32
	Varsi P220E	kpl	4
	Plascoat pinnoitus RAL 7016 varret	kpl	58
33601.e	Jalustan hankinta ja asennus		
	Jalusta SJ-1.3 tai vastaava	kpl	3
	Jalusta SJ-1.3/4KA tai vastaava	kpl	4
	Jalusta SJ-2 tai vastaava	kpl	19
	Jalusta SJ-2/4KA tai vastaava	kpl	13
	Jalusta SJ-4/1500 tai vastaava	kpl	3
	Jalusta SJ-4/1500 /4KA tai vastaava	kpl	1
33630.a	Valaisimen asentaminen pylvääseen		
	Philips Luma 1 BGP623 T25 1xLED129-4S/740 DM11, 11700lm, 82W, 4000K, RAL7016	kpl	4
	Philips Luma Mini BGP621 T25 1xLED74-4S/740 DM11, 6660lm, 49W, 4000K, RAL7016	kpl	30
	Philips Luma Micro BGP615 T25 1xLED27-4S/740 DM11, 2457lm, 18W, 4000K, RAL7016	kpl	31
33630.a	Led valaisinten himmennysten ohjelmointi		
	Ohjelmointityö	kpl	65
33650	Sähkönjakolaitteet		
33651	Valaistuksen maakaapelit		
	Kaapelioja maahan	m	1700
	Suojaputki TEL A-luokka M110 Tripla	m	1800
	AXMK 4x25S	m	1850
	AXMK 4x35S	m	150
	MCMK 2x2,5+2,5	m	50
	Antennipallo	kpl	8
	Alitus	m	55
	Jatkos	kpl	2
33652	Pylväiden sisäiset kaapeloinnit		
	Valaisinjohto 5x1,5S HA=6m	kpl	29
	Valaisinjohto 5x1,5S HA=10m	kpl	32
	Valaisinjohto 5x1,5S HA=12m	kpl	4
33656	Valaistusrakenteiden maadoitukset		
	Maadoitusjohdin metallipylväisiin, keskuksiin ja pysäkkikatoksiin (Cu16, 25m)	kpl	8
33657	Kalusteet ja liitäntälaitteet		
	Pylväskaluste SV15.11	kpl	43
	Pylväskaluste SVV1.10	kpl	22
	Varokepesä SVV1.06 ja sulake 6A	kpl	3
33660	Valaistuskeskuksen asentaminen		
	Jakokaappikeskus, urakoitsija hankkii ja asentaa	kpl	1

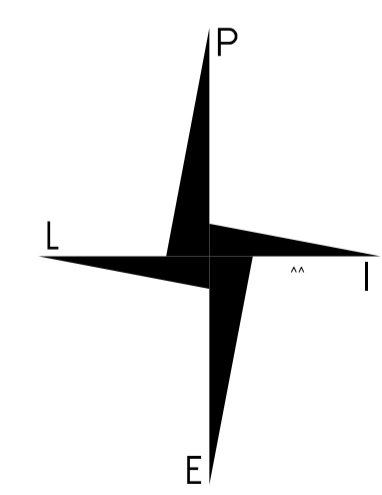
Kuva 1. Luettelo ulkovalaistuksen materiaaleista ja rakennustöistä.



Uusi UV-keskus U966

Suunnitelmaraja

U689



SEU Suomen Energia-Urakointi Oy KEIMOLANMAKI 2-VAIHE YLEISPIIRUSTUS	Suunnitelma JOP 15.5.2017
	Päiväys TON 15.5.2017
Mittakaava 1:1500	Piirustusnumero 57150-4

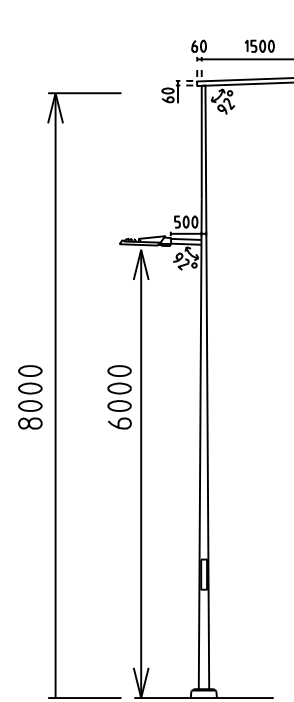
Nro	X	Y
414	6689587.30	25490526.68
415	6689582.33	25490488.56
416	6689584.37	25490452.37
417	6689603.69	25490423.70
418	6689637.57	25490408.44
419	6689673.70	25490404.02
420	6689709.75	25490396.72

Nro	X	Y
421	6689736.54	25490385.01
422	6689763.57	25490365.90
423	6689791.14	25490342.59
424	6689815.29	25490325.42
501	6689564.91	25490474.69
502	6689536.59	25490474.41

18 Teho
 Valopiste
 424 Valopisteen positionumero
 L1 Vaihe

Jalustan yläreunan korkeus on 15cm sijoituskohdan pinnasta

Pylväiden 419 ja 424 jalustoina käytetään neliäukkoista mallia

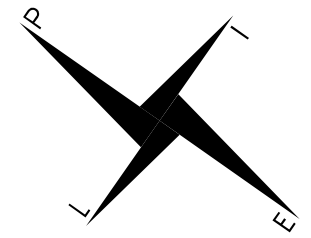
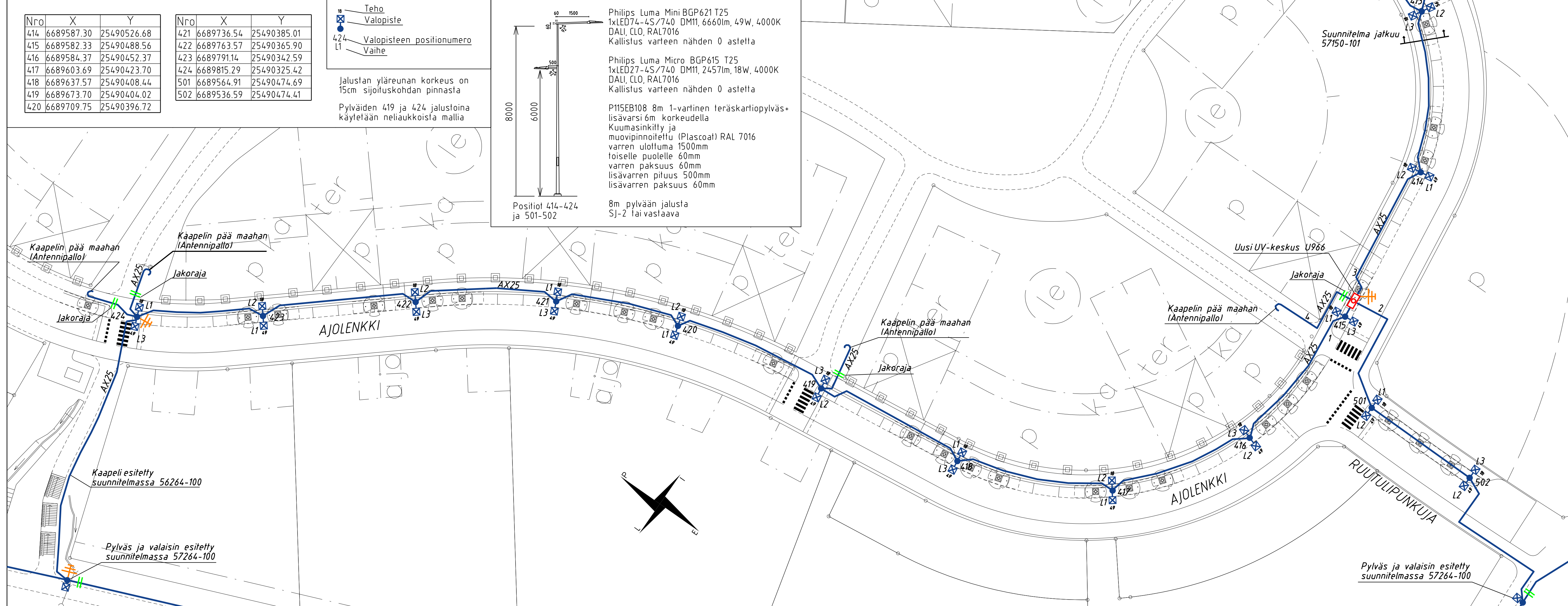


Philips Luma Mini BGP621 T25
 1xLED74-4S/740 DM11, 6660lm, 49W, 4000K
 DALI, CLO, RAL7016
 Kallistus varteen nähden 0 astetta

Philips Luma Micro BGP615 T25
 1xLED27-4S/740 DM11, 2457lm, 18W, 4000K
 DALI, CLO, RAL7016
 Kallistus varteen nähden 0 astetta

P115EB108 8m 1-vartinen teräskartiopylväs+
 lisävarsi 6m korkeudella
 Kuumasinkitty ja
 muovipinnoitettu (Plascoat) RAL 7016
 varren ulottuma 1500mm
 toiselle puolelle 60mm
 varren paksuus 60mm
 lisävarren pituus 500mm
 lisävarren paksuus 60mm

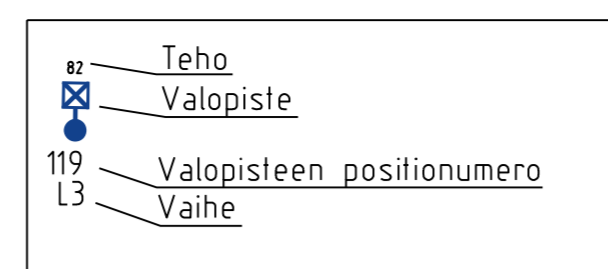
8m pylvään jalusta
 SJ-2 tai vastaava



Suunnitelma jatkuu
 57150-101

Pylväs ja valaisin esitetty
 suunnitelmassa 57264-100

		Hyv.	
		Hyv.	
		Tark.	
		Suunn.	
VANTAAN KAUPUNKI KUNTATEKNIKAN KESKUS		Mittakaava 1:500	Koord.järj. ETRS-GK25 Korkeusjärj. 2000
22 KEIMOLA KEIMOLANMAKI 2-VAIHE VALAISTUSSUUNNITELMA ASEMAPIIRUSTUS, TYYPPIPIIRUSTUS		Liitt. piir.nro	
NRO		Hyv.	
		Piir.nro	
		57150-100	
Suomen Energia-Urakointi Oy		Suunn. JOP 15.5.2017	Tark. TON 15.5.2017
		Hyv.	
		Tark.	



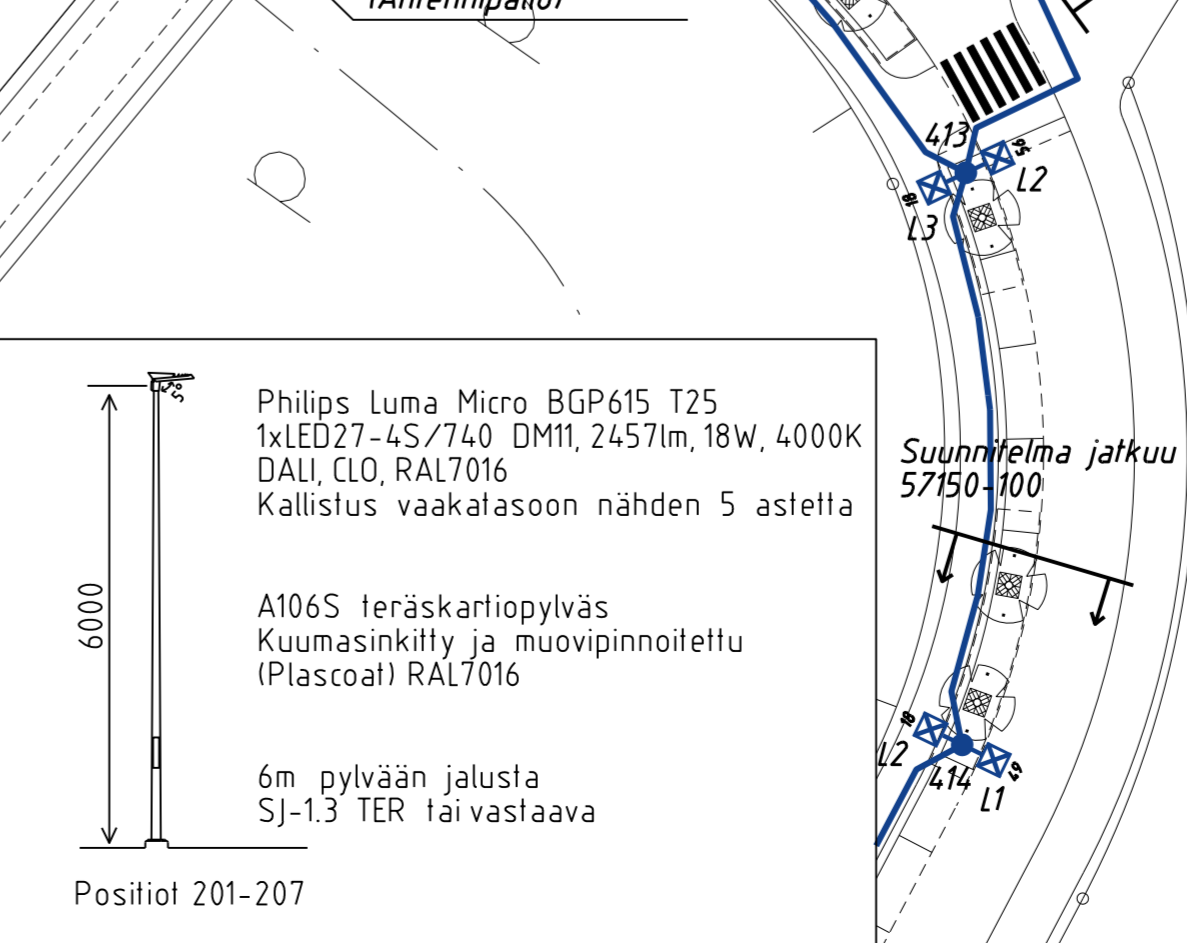
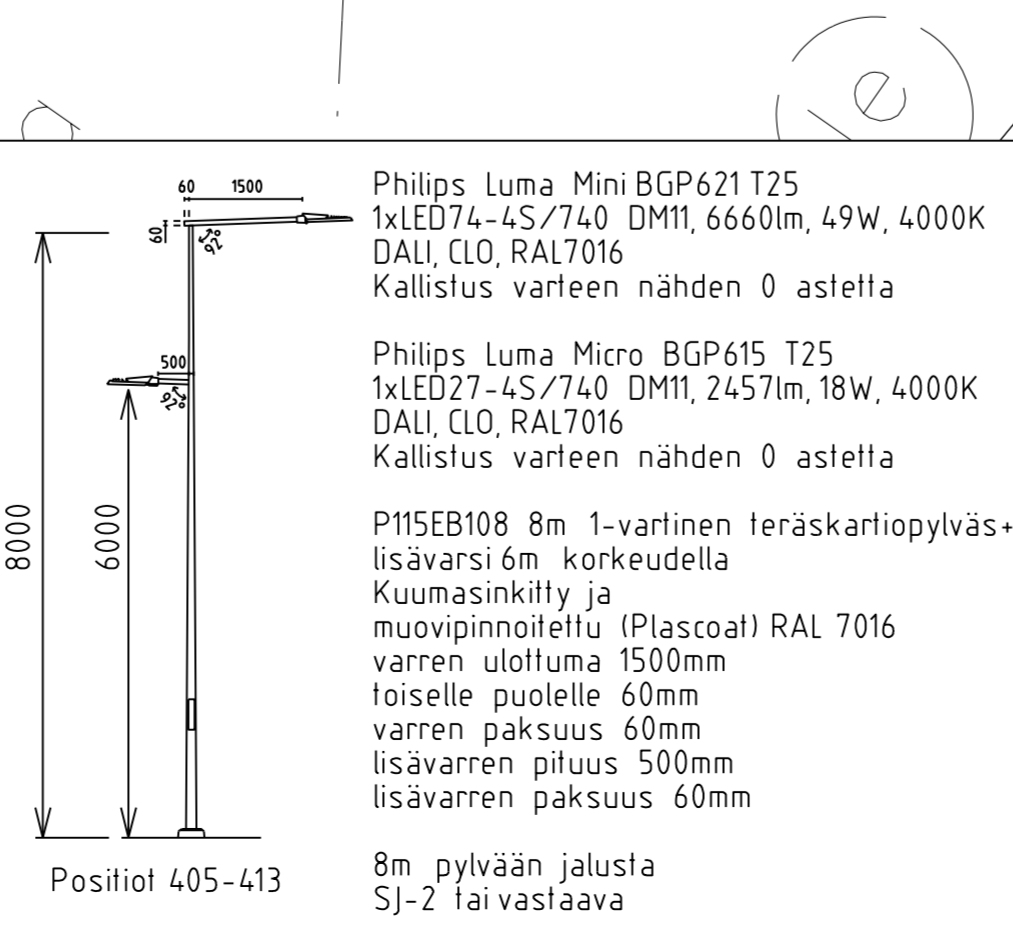
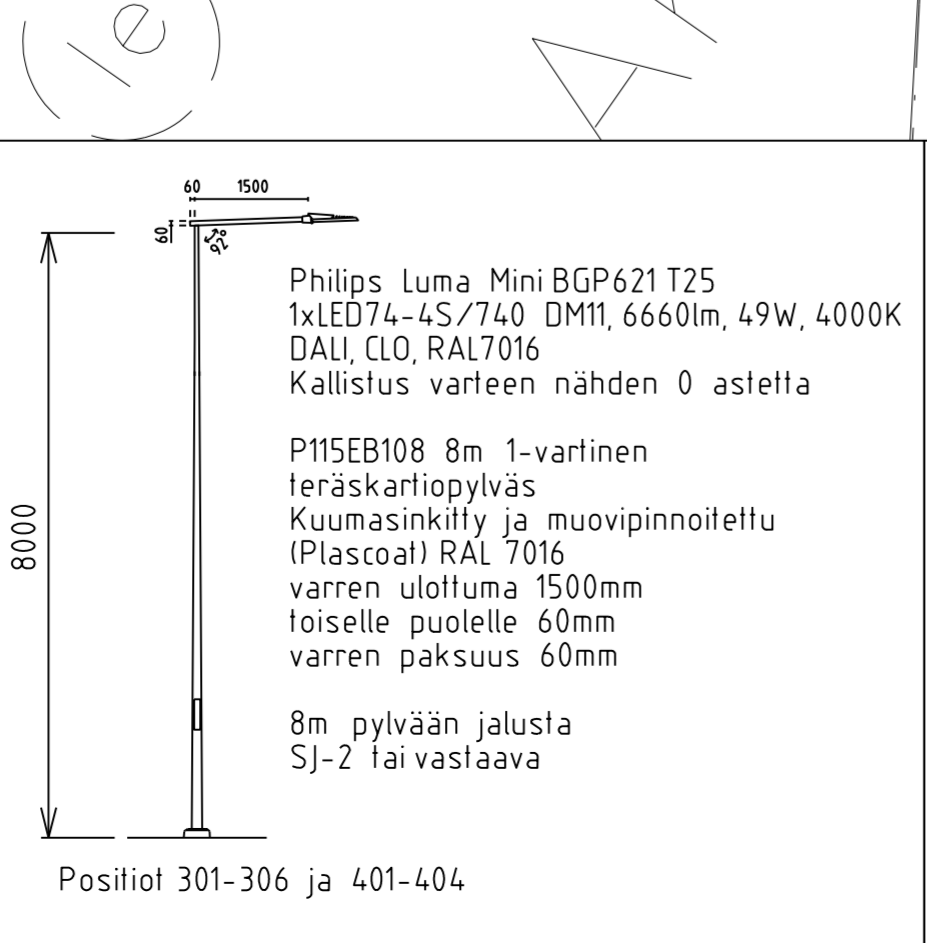
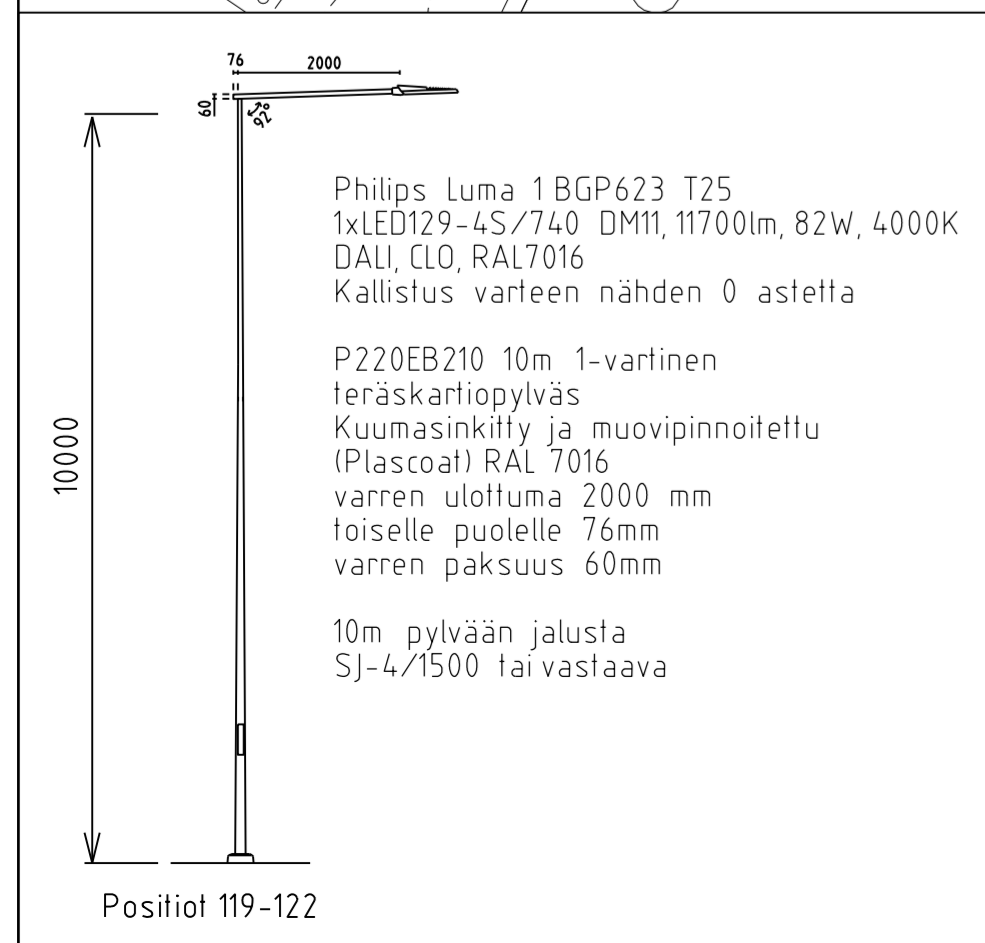
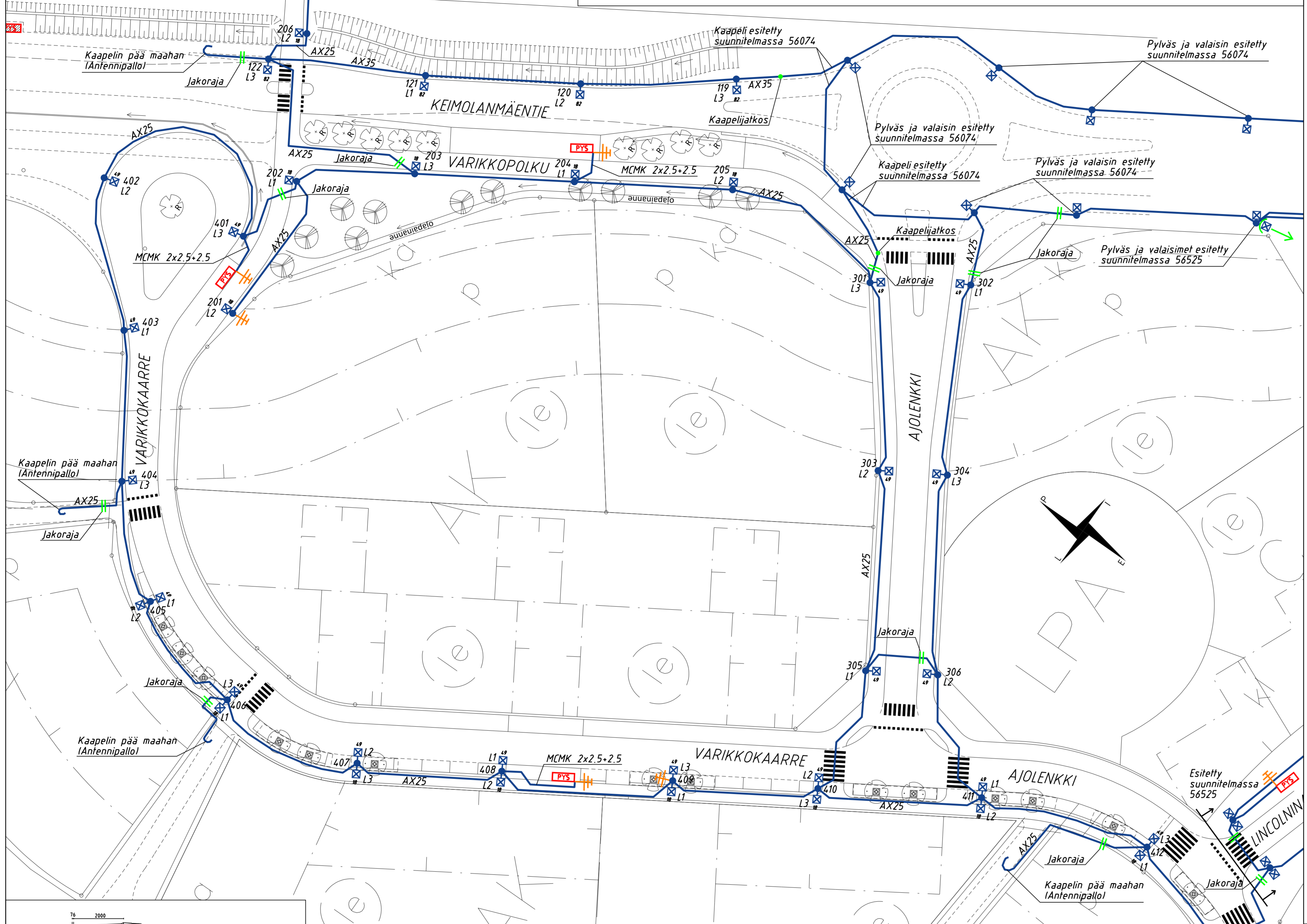
Jalustan yläreunan korkeus on 15cm sijoituskohdan pinnasta

Pylväiden 122, 202-204, 301, 305-306, 401, 404, 406, 408 ja 410-413 jalustoina käytetään neliaukkoista mallia

Nro	X	Y
119	6689801.89	25490649.77
120	6689828.57	25490629.86
121	6689856.75	25490612.30
122	6689886.28	25490595.92
201	6689861.36	25490546.97
202	6689866.34	25490577.95
203	6689846.60	25490593.75
204	6689817.65	25490611.93
205	6689788.96	25490629.93
206	6689882.68	25490605.08

Nro	X	Y
207	6689898.83	25490630.58
301	6689753.51	25490630.52
302	6689735.57	25490642.47
303	6689729.02	25490598.58
304	6689716.35	25490606.29
305	6689706.67	25490562.00
306	6689693.52	25490570.12
401	6689868.93	25490561.81
402	6689900.48	25490554.96
403	6689878.31	25490530.67

Nro	X	Y
404	6689860.17	25490503.97
405	6689840.43	25490486.44
406	6689814.90	25490478.61
407	6689784.39	25490483.43
408	6689758.06	25490499.78
409	6689726.99	25490519.00
410	6689700.58	25490535.50
411	6689670.77	25490553.98
412	6689635.76	25490565.61
413	6689608.72	25490557.78



Hyv.			
VANTAAN KAUPUNKI KUNTATEKNIKAN KESKUS			Hyv.
22 KEIMOLA KEIMOLANMAKI 2-VAIHE		Mittakaava 1:500	Koord./järj. ETRS-GK25 Korkeusjärj. 2000
VALAISTUSSUUNNITELMA ASEMAPIIRUSTUS, TYYPPIPIIRUSTUS		Liitt. piir.nro	
NRO	Hyv.	Hyv.	Piir.nro
			57150-101
SEU Suomen Energia-Urakointi Oy		Suunn. JOP 15.5.2017	Tark. TON 15.5.2017
		Hyv.	Tark.