



# MOOTTORIURHEILUKESKUKSEN RATA-ALUEIDEN VALAISTUSSUUNNITELMA

TEKIJÄ: Emmi Soukkanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Emmi Soukkanen			
Työn nimi Moottoriurheilukeskuksen rata-alueiden valaistussuunnitelma			
Päiväys	24.5.2016	Sivumäärä/Liitteet	57/4
Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Laininen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suonenjoen Moottoriurheilukeskus ry			
Tiivistelmä Tämän opinnäytetyön aiheena oli toteuttaa valaistussuunnitelma Suonenjoen moottoriurheilukeskus ry:n rata-alueille. Valaistussuunnitelma kattaa moottoriurheilukeskuksen motocross ja karting radat lähtö- ja varikkoalueineen.  Työssä tutustutaan yleisesti valaistussuunnittelun teoriaan sekä kootaan kattava teoria-aineisto ulkovalaistuksen sähkösuunnittelusta ja ominaisuuksista. Opinnäytetyöhön on koottu myös kaikki kohteen kannalta oleelliset sähkösuunnitelman dokumentit.  Työn tarkoituksena oli luoda yksinkertainen ja tarkoituksenmukainen suunnitelma, joka täyttää alueen valaistussuunnittelulle asettamat vaatimukset käyttäjien toiveet huomioiden.  Työalussa on teoriaosuus, jossa kerrotaan kattavasti sekä yleisestä valaistussuunnittelusta että ulkovalaistussuunnittelusta. Työn tarkoituksena on, että lukija ymmärtää mitä valaistussuunnittelu pitää sisällään. Suunnittelusta on kerrottu suunnittelun etenemisjärjestyksessä ja laskennassa tarvittavat kaavat on esitelty erikseen.  Työosuudessa esitellään kohteena ollut moottoriurheilukeskus ja toteutettu suunnitelma kohteesta jo toteutetun aluesähköistysuunnitelman pohjalta. Suunnitelmassa on eritelty kohteen mitoitus ja liitteenä ovat tarvittavat sähköpiirustukset.			
Avainsanat Valaistussuunnittelu, ulkovalaistus			



Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Emmi Soukkanen			
Title of Thesis Outdoor Lighting Plan of a Race Track Area of a Motor Sport Centre			
Date	24 May, 2016	Pages/Appendices	57/4
Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Suonenjoen Moottoriurheilukeskus ry			
<b>Abstract</b> <p>The subject of this thesis was to create the lighting plan of a race track area of a motor sport centre. This thesis was done for Suonenjoen Moottoriurheilukeskus ry. The lighting plan includes the motocross track area, the karting track area and the paddock area of motor the sport centre.</p> <p>The purpose of this thesis was to create a simple and practical planning which meets the demands of the area and the wishes of users. The results were accomplished by using many different standards and it is based on the previously implemented the expansion plan of the outdoor electrification of the motor sport centre.</p> <p>The first stage was to read up on the theory of general lighting planning and to gather comprehensive theoretical material about outdoor lighting planning. Necessary calculation formulas and electrical blueprints were also gathered in this thesis. The source material of this plan were different standards and literature on the subject.</p> <p>Secondly, the actual lighting plan was done. The dimensioning of the area was based on the previously implemented plan and the plan was supplemented by the results of the measurements. The expenses of the outdoor lighting in the area were also investigated in this thesis. Expenses were divided into three parts. These parts were investment costs, energy costs and service costs.</p> <p>As a result of this thesis an outdoor lighting plan was created which will be delivered to the client. The client received the finished document which could be the base of the modification in the target area.</p>			
<b>Keywords</b> lighting planning, outdoor lighting			



## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	KOHTEEN ESITTELY .....	7
3	VALAITUSSUUNNITTELU .....	8
3.1	Yleistä valaistussuunnittelusta .....	8
3.2	Valaistuksen tehtävät .....	10
3.3	Ulkoalueiden valaistussuunnittelu .....	10
3.4	Valonlähteet .....	16
3.5	Valaisimet .....	21
3.6	Ulkovalaisinten huollettavuus .....	22
3.7	Sähköinen mitoitus ja laskenta .....	23
3.7.1	Kuormitusvirrat .....	23
3.7.2	Johdon mitoitus.....	23
3.7.3	Poiskytkentäaika.....	26
3.7.4	Jännitteenalenema .....	27
3.8	Valaistuksen ohjaus ja säätö .....	29
4	VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS .....	30
5	KOHTEEN SUUNNITTELU .....	32
5.1	Lähtötiedot.....	32
5.2	Vaatimukset alueella .....	32
5.3	Kohteen valaistus.....	33
5.3.1	Valaisimien valinta .....	33
5.3.2	Valonlähteen valinta .....	35
5.3.3	Ohjauksen valinta.....	36
5.3.4	Valaisinluettelo .....	36
5.4	Laskenta .....	37
5.4.1	Kuormituksen lisäys.....	37
5.4.2	Jännitteenalenema .....	39
5.4.3	Oikosulkusuojaus.....	43
5.5	Kustannukset.....	46

5.5.1	Investointikustannukset .....	46
5.5.2	Energiakustannukset.....	47
5.5.3	Huoltokustannukset .....	48
5.5.4	Kokonaiskustannukset.....	50
5.6	Muutosesitys alueen valaistukseen.....	50
6	YHTEENVETO .....	51
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	52
	LIITE 1: ASEMAPIIRROS, KOKO ALUE (EI MITTAKAAVASSA).....	54
	LIITE 2: ASEMAPIIRROS, KARTING-RATA (EI MITTAKAAVASSA) .....	55
	LIITE 3: ASEMAPIIRROS, MOTOCROSS-RATA (EI MITTAKAAVASSA).....	56
	LIITE 4: VALAISINLUETTELO.....	57

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on toteuttaa motocross ja karting-rata-alueiden valaistussuunnitelma Suonenjoen Moottoriurheilukeskus ry:n käyttöön. Työn tavoitteena on perehtyä valaistussuunnittelun teoriaan yleisen valaistussuunnittelun ja ulkovalaistussuunnittelun osalta sekä luoda yksinkertainen ja toimiva aluevalaistussuunnitelma kohteen vaatimukset huomioiden.

Opinnäytetyössä on kaksi osiota. Ensimmäisessä osiossa esitellään yleisen valaistussuunnittelun ja ulkovalaistussuunnittelun teoriaa sekä sähköisessä mitoituksessa tarvittavia laskukaavoja eri standardien pohjalta. Toisessa osiossa käsitellään varsinaista mitoitusta ja laskentaa kohteeseen jo aiemmin suunnitellun aluevalaistussuunnitelman pohjalta. Mitoituksessa huomioidaan suunniteltavan valaistuksen vaikutukset aiemmin mitoitettuun aluesähköistykseen ja varmistetaan mitoitusten paikkansapitävyys. Suunnitelma on laadittu alueen vaatimukset ja käyttöaste sekä käyttäjien toiveet huomioiden.

## 2 KOHTEEN ESITTELY

Työn tarkoituksena oli tuottaa Suonenjoen moottoriurheilukeskus ry:lle rata-alueiden valaistussuunnitelma. Yhdistys on perustettu vuonna 2005 ja sen tehtävänä on kehittää ja ylläpitää erilaisia moottoriurheilun rata-alueita Suomessa. Yhdistys noudattaa toiminnassaan kestävän kehityksen periaatteita ja hyödyntää mahdollisuuksien mukaan erilaisia jättemateriaaleja. Tämä on otettu huomioon myös rata-alueen valaistussuunnitelmaa tehdessä. (Suonenjoen Moottoriurheilukeskus ry.)

Työhön kuuluu kaksi valaistavaa aluetta. Karting-radan pituus on 730 metriä ja leveys 7 metriä ja se sisältää 95 metrin pituisen suoran. Valaistavalla karting-radalla on rata-alue sekä radan yhteydessä oleva varikkoalue. Alueeseen kuuluu myös 1100 metriä pitkä motocross-rata. Valaistavalla motocross-radalla on rata-alueen lisäksi lähtöalue sekä erillinen varikkoalue. Karting rata on käytössä pääasiassa vain kesäaikaan, mutta motocross-rata on käytössä ympäri vuoden, mikä on otettu huomioon valaistussuunnitelmassa. Rata-alueiden lisäksi suunnitelmaan kuuluu myös alueen yleinen valaistus, joka tullaan suunnittelemaan vanhaa yleisvalaistusta mahdollisuuksien mukaan hyödyntäen. (Suonenjoen Moottoriurheilukeskus ry.)

### 3 VALAITUSSUUNNITTELU

Valaistussuunnittelussa kuunnellaan ensisijaisesti käyttäjien toiveita ja tarpeita, mutta huomioon on otettava myös tilan valaistukselle asettamat rajoitukset ja tarpeet. Tärkeitä seikkoja valaistussuunnitelmaa tehtäessä ovat myös materiaalit, eri asennustavat, huollettavuus, kustannukset, energiankulutus sekä valaistusjärjestelmän muunneltavuus. Valaistussuunnittelua ryhdytään toteuttamaan siitä mitä on tarkoitus valaista ja kuinka kohde on tarkoitus valaista. Nämä tavoitteet on mahdollista saavuttaa useaa erilaista valaistustapaa käyttäen. Valaistussuunnittelussa tulee noudattaa standardien asettamia valaistusvaatimuksia niin, että tilan omistajien ja käyttäjien toiveet ja odotukset täyttyvät mahdollisimman hyvin. (ST 58.04 2013, 11.)

Valaistuksen mitoittaminen ja laskelmat suoritetaan pääasiassa tietokoneavusteisesti erilaisilla valaistuslaskentaohjelmilla. Yleensä laskelmissa otetaan huomioon joko luminanssi tai valaistusvoimakkuus ja tulosten avulla tarkastellaan niiden tasaisuutta tietyllä alueella tai pinnalla. Laskentavaiheessa on tärkeä tarkastella myös häikäisyä kuvaavia indeksejä. (ST 58.04 2013, 11.)

Vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan aina valaistuksen ja asennusten laatu. Toteutusta verrataan suunnitelmiin ja varmistetaan, että kaikki asennukset on tehty standardien ja annettujen määräysten mukaan sekä hyvien asennustapojen mukaisesti. Käyttöönottotarkastuksessa huomioidaan muun muassa erilaiset valaisintyypit sekä niiden oikeanlaiset asennukset, valaisimien sopiva asennuskorkeus, lamppujen ja valaisimien vahingoittumattomuus, valaisimien ja erityisesti valonheittimien oikeanlainen suuntaus, valaisimien ohjauksen ja säädön toimivuus sekä valaisimien yleinen testaus. Yleensä käyttöönottotarkastuksessa todetaan myös tavoitteeksi asetettujen valaistuksen laatutekijöiden toteutuminen aistinvaraisella tarkistuksella. (ST 58.04 2013, 13.)

#### 3.1 Yleistä valaistussuunnittelusta

Ergonomisesti toimiva ympäristö on työskentelyn kannalta erittäin tärkeää ja valaistustekniset laatutekijät ovat keinoja saavuttaa näkemiseen liittyviä tavoitteita. Näitä laatutekijöitä ovat esimerkiksi valaistusvoimakkuus, luminanssi, häikäisy, muodonanto, väriominaisuudet, välkyntä sekä häiriövalo. Valaistusjärjestelmän tehokkuutta kuvataan valaistusvoimakkuudella. Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luxi (lyhennetään lx, ja sen symboli on E). Esimerkiksi sisävalaistuksessa vaihtelevat valaistusvoimakkuudet ovat tavallisimmin 100 ... 1000 lx. Erilaisissa standardeissa ja valaistussuosituksissa valaistusvoimakkuus on esitetty arviointikriteereistä tärkeimpänä. Valaistussuunnittelussa määritellään riittävä valaistusvoimakkuuden taso, jotta se takaa riittävät luminanssit ympäröivään tilaan valaistusta varten. (ST 58.04 2013, 3.)



Kun valovirta kulkee pois valonlähteeltä, se osuu lopulta aina johonkin pintaan. Osa valovirrasta läpäisee pinnan ja osa siitä absorboituu eli imeytyy pintaan, mutta osa heijastuu takasin. Tätä takaisinheijastumista kutsutaan luminanssiksi. Luminanssin yksikkö on kandela/m<sup>2</sup>, ja sitä merkitään L-kirjaimella. Luminanssi on valaistustekniikassa ainoa suure, jonka silmä aistii, ja siksi se on suureista ainoa, joka on suoranaisesti nähtävissä. Valaistava pinta näyttää sitä kirkkaammalta, mitä suurempi pinnan luminanssi on. Tärkeimpiä näkyvyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat itse kohteen ja sen ympäristön luminanssit, koska hämärissä olosuhteissa lähemmäs olevia pieniä yksityiskohtia tai pieniä pintojen luminanssieroja on ihmissilmällä erittäin vaikea erottaa. (ST 58.04 2013.)

Valaistus itsessään saattaa heikentää vallitsevia näköolosuhteita, esimerkki tällaisesta on häikäisy. Eri häikäisyn muotoja ovat kiusaushäikäisy ja estohäikäisy, jotka voivat esiintyä myös yhtä aikaa. Häikäisy syntyy, kun silmä ei enää sopeudu ympäristön suureen luminanssiin. Suorahäikäisy on yleensä suoraan näkökentässä oleva valonlähde, ja heijastushäikäisy on pinta joka heijastaa voimakkaasti valonlähteestä tulevaa valoa. Epämukavuuden tunne ja yksityiskohtien vaikea havaitseminen ovat esimerkkejä häikäisyn aiheuttamista näkemistä vaikuttavista tekijöistä. Niin sanotulla UGR (Unfield Glare Rating) -indeksillä arvioidaan häikäisyn astetta sisätiloissa ja GR-arvolla ulkotiloissa. Häikäisy on sitä voimakkaampaa, mitä suurempi arvo on kyseessä. Haluttujen kohteiden korostamista ja kohteiden kolmiulotteista näkymistä voidaan parantaa valon suuntauksella. Sopivan varjonmuodostuksen avulla saadaan esille pintarakenne sekä kohteen muoto. Muotojen havaitsemista helpottavat varjojen aiheuttamat luminanssierot kohteessa ja sen ympäristössä. (ST 58.04 2013, 4.)

Valon värisävy ilmoitetaan värilämpötilana. Lamppuissa värilämpötila on useimmiten 2 000 K - 7 000 K. Värilämpötilat 3 300 K - 5 300 K ovat neutraalin valkoisia, alle 3300 K värilämpötilat lämpimänvalkoisia ja yli 5 300 K värilämpötilat kylmävalkoisia. Värintoistoindeksiä käytetään mitta-asteikkona, kun mitataan eri valonlähteiden keskimääräistä värintoiston poikkeavuutta vertailulähteen vastaavasta värintoistosta, sillä lamppujen toistama väri ei ole ikinä täysin luonnollista. Tavallisesti käytetään niin sanottua Ra-indeksiä, jonka maksimiarvo 100 tarkoittaa täysin samaa värintoistoa. Esimerkiksi sisävalaistuksessa Ra-indeksin pitäisi olla pääosin yli 80. On otettava myös huomioon se, että kahdella eri valonlähteellä voi olla sama Ra-indeksin arvo, mutta hyvin erilaiset spektrin ominaisuudet. (ST 58.04 2013, 4.)

Valonlähteen välkyntä on silmän aistimaa valonlähteen luminanssin tai valon värin hyvin pienitaajuisia vaihtelua. Välkyntä häviää, kun välkkyvän kohteen muuttumistaajuus kasvaa riittävän suureksi. Tällöin silmä ei enää havaitse muutosta, vaan valo näyttää jatkuvalta. Välkkyvä valo on suuri tapaturmariski, sillä yhdessä esimerkiksi pyörivän kappaleen kanssa välkyntä voi aiheuttaa vaikutelman pysähtyneestä liikkeestä. (ST 58.04 2013, 4,5.)

Valaistavan alueen ulkopuolelle menevä valosaaste, joka aiheuttaa hämmennystä tai epämukavuutta suuntansa tai määränsä takia, on häiriövaloa. Häiriövalon aiheuttamia ongelmia ovat muun muassa häikäisy sekä hajavallo joka tunkeutuu esimerkiksi asuntoihin. Häiriövalolla tiedetään olevan epäedullisia vaikutuksia muun muassa ekosysteemin toimintaan sekä ihmisten terveyteen. Valaistussuunnittelussa käytetään apuna SFS-EN 12464-2 standardista löytyviä raja-arvoja, joiden mukaan häiriövaloa voidaan ehkäistä. Häiriövalon esiintyminen erilaisissa ympäristöissä on myös huomioitava. Esimerkiksi erilaiset arvot kaupunki- ja maalaisympäristössä sekä yö- ja päiväsaikaan tai valaistavan kohteen yläpuolelle suuntautuva häiriövalo ovat huomioon otettavia asioita valaistussuunnittelussa. (ST 58.04 2013, 5.)

### 3.2 Valaistuksen tehtävät

Valaistuksella on tarkoitus luoda työskentelylle ja oleskelulle miellyttävä ja toimiva ympäristö, jossa työtehtävien suorittaminen sujuu vaivattomasti. Näkeminen ilman valoa ei ole mahdollista, vaan valo synnyttää yhdessä ympärillä olevien pintojen kanssa näköympäristön. Mikäli valaistus ei ole riittävä tai se on virheellistä, näkeminen vaikeutuu oleellisesti. Silloin kun valaistus on hyvää, työskentelyympäristöä ja työnkulkua voidaan hallita paremmin. Tällöin on helpompi huomata työtehtävien yksityiskohdat ja tällä tavoin havaita vaaratilanteet nopeammin. Mitä huonompi valaistus on, sitä enemmän näkeminen vaatii keskittymistä. Valaistus on aina valittava tilan ja tarpeen mukaan. On otettava huomioon mitä valaistaan, mitä valonlähteitä käytetään, mistä suunnasta ja paikasta valo osuu kohteeseen ja millaiset mittasuhteet valaistavassa tilassa on. (ST 58.04 2013, 7.)

Valaistus on myös erittäin tärkeä turvallisuustekijä. Valaistuksella luodaan ulko- ja sisätiloihin sekä liikenneväylille henkilö- ja materiaaliturvallisuutta. Tapaturma- sekä ilkkivaltariskiä kaikilla alueilla sisä- ja ulkotiloissa on mahdollista pienentää oikeanlaisella valaistuksella. Myös nykyisin suuressa suosiossa oleva kameravalvonta vaatii toimiakseen riittävän valaistuksen. (ST 58.04 2013, 7.)

### 3.3 Ulkoalueiden valaistussuunnittelu

Valaistuksessa ja se suunnittelussa huomioitavat asiat määräytyvät sen perusteella, millaiseen käyttöön valaistava alue tulee. Ulkoalueet jaotellaan erilaisiin ympäristöihin, joihin useimmat alueet on mahdollista lukea. Alueista yleisimmät ovat työalueet, rakennusten pihat, liikkumiseen käytettävät alueet ja väylät, urheilukentät sekä taajamien ympäristöt. Ulkotyöalueiden valaistusta suunniteltaessa on tärkeä luoda työkohteessa suoritettaville työtehtäville riittävät näköolosuhteet. Työtehtävien vaarallisuustaso tai tarkkuusaste kasvattavat valaistukselle asetettuja vaatimuksia. (ST 58.09 2003, 2.)

Valaistus erilaisilla kulkuväylillä järjestetään pääasiassa liikkumisen turvaamista varten. Esimerkiksi jalkakäytävillä valaistuksella on tarkoitus luoda turvallisen tuntuinen sekä miellyttävä ympäristö jossa jalankulkijat voivat helposti tunnistaa ympäröivän alueen, havaita mahdolliset vastantulijat sekä ennakoida vastaantulijoiden aikomukset. Liikuntaväylien valaistuksen vaatimustaso kasvaa, mikäli samalla väylällä kävelijöiden kanssa sallitaan esimerkiksi kevyenliikenteen, moottoriajoneuvojen tai työkonien liikkuminen. (ST 58.09 2003, 2.)

Ulkoalueiden valaistuksessa on huomioitava erityisesti valaistusvoimakkuus, sen lisäksi on tarpeen huomioida myös muun muassa valon väri, valon jakautuminen alueella, valon värintoisto-ominaisuudet, muodonanto sekä varjonmuodostus. Ulkovalaistuksen tulee taata turvalliset ja tehokkaat työkentelyolosuhteet, mahdollistaa alueella ajoneuvojen ja jalankulkijoiden helppo ja turvallinen liikkuminen, edesauttaa omaisuuden turvaa sekä henkilöturvallisuutta valaistavalla alueella sekä luoda miellyttävä näköympäristö, jossa korostetaan sen parhaimpia yksityiskohtia. (ST 58.09 2003, 3.)

Piha-alueiden valaistussuunnittelussa tärkeitä tekijöitä ovat erityisesti viihtyvyys, mukavuus sekä alueen esteettisyys. Piha-alueilla valaistuksella on tarkoitus poistaa pimeydestä aiheutuvia haittoja etenkin iltaisin ja talviaikaan. Piha-alueilla tapahtuva toiminta asettaa valaistukselle myös omat haasteensa. Esimerkiksi päiväkotien leikkipaikat tulee valaista toimintaa tukevalla tavalla. (ST 58.09 2003, 3.)

Jotta ulkoalueille asetetut valaistusvaatimukset saavutetaan, on kiinnitettävä suunnittelussa huomioita erityisesti luminanssiin, valaistusvoimakkuuteen ja sen tasaisuuteen, valonjakoon, häikäisyyn, valaistuksen muodonantokykyyn sekä valon värintoisto-ominaisuuksiin. Aluevalaistuksessa valaistavat alueet on mahdollista jakaa neljään eri ryhmään, jotka ovat keskitetty järjestelmä, hajautettu järjestelmä ja yhdistetty järjestelmä sekä jokin edellä mainituista järjestelmistä jota on täydennetty paikallisvalaistuksella. (ST 58.09 2003, 3.)

Keskitetyssä järjestelmässä alue valaistaan esimerkiksi valonheittimillä, tavallisesti 16 – 40 metriä korkeista tolpiista ja mahdollisimman vähistä pisteistä. Keskitetyn valaistuksen heikkous on mastojen kallis hankintahinta. On siis taloudellisempaa käyttää aina valmiita rakenteita mikäli se on mahdollista. Valmiit rakenteet, kuten rakennukset, ovat usein liian matalalla alueen valaisemiseksi. Keskitetyn järjestelmän etuina on mastojen helppo sijoitettavuus tarkoituksenmukaisille paikoille. Mastoissa on myös mahdollista käyttää suuriakin yksiköitä erilaisia valonlähteitä ja valonheittimet on mahdollista suunnata tarpeen mukaan eri suuntiin. On myös valaistussuunnittelun kannalta helpompaa, kun sähköverkko syöttää mahdollisimman vähäistä määrää pisteitä. (ST 58.09 2003, 3.)

Hajautetussa järjestelmässä valaisimet sijoitetaan valaistavalla alueella useaan eri kohtaan. Useimmiten hajautetussa järjestelmässä käytetään puisto-, tie- tai aukiovalaisimia, mutta myös valonheittimiä on mahdollista käyttää. Työalueita valaistaessa käytetään useimmiten 8 – 15 metriä korkeita pylviäitä ja niissä valonheittimiä, kun pihavalauistuksessa ja muussa ympäristövalaistuksessa puolestaan suositaan matalampia pylviäitä, jotka ovat 3 – 5 metriä korkeita. Hajautetussa järjestelmässä verrattuna keskitettyyn järjestelmään varjonmuodostus on pienempi ja asennuskorkeudet ovat matalammat. Etuna on myös halvempi hankintahinta. Huonona puolena hajautetussa järjestelmässä on valaisimien ja pylväiden suuri lukumäärä. Niistä on haittaa erityisesti laajoilla liikennöidyillä alueilla. Tämän lisäksi hajautettu järjestelmä vaatii tiheän kaapeliverkoston, joka nostaa hankintakustannuksia ja vaikeuttaa asennusta. Yhdistetty järjestelmä puolestaan on yhdistelmä keskitettyä- ja hajautettua järjestelmää. (ST 58.09 2003, 3.)

Ulkovalaisimia valittaessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota etenkin valaisimien sopivuuteen niin valoteknisesti kuin esteettisesti. On myös kiinnitettävä huomiota valaisinjärjestelmän hankinta- ja asennuskustannuksiin. Ulkovalaistuksen kannalta tärkeimpiä valoteknisiä ominaisuuksia ovat häikäisy suojaus, valonjako ja hyötysuhde. Ulkovalaistuksen tehtävänä on ohjata valoa valaistavaan kohteeseen hyvällä hyötysuhteella, kuitenkin aiheuttaen mahdollisimman vähän häikäisyä ja häiriövaloa. Verrattuna sisätiloissa käytettäviin valaisimiin, ulkovalaisinten tulee olla helposti asennettavia ja huollettavia sekä niiden pitää täyttää mekaanisesti ja säänkestävyydeltään tiukat vaatimukset. Tästä syystä ulkovalaisimet ovat usein suljettuja, kotelon sisään ei pääse vettä, likaa tai hyönteisiä, ja näin lamppu, liitäntälaitte, optiikka sekä muut sähköiset osat pysyvät suojattuna. Valaisinten eri kotelointiluokat ilmoittavat kuinka hyvin valaisimet on suojattu pölyä ja kosteutta vastaan. (ST 58.09 2003, 3.)

Mastoihin asennettavat valaisimet ovat yleensä valonheittämiä. Epäsymmetrisiä valonheittämiä käytetään korkeissa mastoissa etenkin laajojen alueiden valaisuun. Vähäisillä valaisevilla pisteillä minimoidaan häikäisyn määrä. Matalalle, pylväisiin tai rakennusten seinille tehtävissä asennuksissa käytetään tavallisesti aukio- tai tievalaisimia. Valonlähteinä ulkovalaistuksessa käytetään useimmiten elohopea-, monimetalli-, loiste- ja suurpainelamppuja. Uuden asetuksen myötä myös led-polttimot ovat yleistyneet huimaa vauhtia ja samalla käytöstä poistuvat elohopea-, halogeeni- ja hehkulamput. Vaaditut ominaisuudet määräävät mikä valonlähde milloinkin valitaan. Lampun valinnassa on tärkeä ottaa huomioon muun muassa lampun polttoikä ja valotehokkuus sekä värilämpötila ja värintoistokyky. (ST 58.09 2003, 4.)

Valaisinten kiinnityksessä voidaan pylväiden ja mastojen lisäksi käyttää myös erilaisia valmiita rakenteita. Ulkotyö-, tie-, alue- ja urheilukenttävalaistuksessa käytetään yleensä pylväsvalaisimia, jotka on kiinnitetty joko alumiini-, teräs- tai puupylväisiin. Näiden pylväiden asennuskorkeudet vaihtelevat useimmiten 4 ja 15 metrin välillä ja pylväsvälit ovat 20 - 60 metriä. Pylväiden ja valaisimien värityksen avulla ne on mahdollista saada sovitettua paremmin ympäristöön tai niillä voidaan halutessa antaa ympäristölle lisäkorostusta. (ST 58.09 2003, 4.)

Valaisimet kiinnitetään pylväiden päähän joko suoraan, tai käyttämällä valaisinvarsia tai valaisinorsia. Yksi pylväs voi myös olla käytössä useammassa eri tarkoituksessa, esimerkiksi valaistaessa sekä autotietä, että jalkakäytävää. Piha-alueilla on yleensä käytössä matalammat valaisinpylväät ja laajemmilla valaistavilla alueilla korkeammat pylväät, jotka on varustettu tarvittavalla valaisinmäärällä. (ST 58.09 2003, 4.)

Suuria ulkotyöalueita kuten satamia tai ratapihoja valaistaan valaisinmastoihin kiinnitetyillä valonheittimillä. Valonheittimet kiinnitetään joko erilliseen kiinnitystankoon tai telineeseen, joissa voi olla samanaikaisesti useita kymmeniäkin yksittäisiä valonheittimiä. Suurienkin alueiden valaisuun riittää vain muutama valaisinmasto, mikä helpottaa niiden sijoittelua alueella. Mastojen korkeudet vaihtelevat yleensä 20 ja 50 metrin välillä ja ne ovat pintakäsittelyltään useimmiten kuumasinkittyjä. Mastojen huoltotyöt suoritetaan yleensä maston omalta huoltotasolta, josta voidaan tarvittaessa vaihtaa lamput tai rikkoutunut valaisin, tehdä tarvittavat korjaustyöt tai puhdistaa valaisimet. Valaisinten turvakytkimet sijaitsevat usein ylhäällä mastossa, mutta esimerkiksi kuristimet voivat olla sähkökeskuksissa pylväiden vieressä. Mastoissa tulee olla myös joko turvatikasjärjestelmä. Mastojen sijoituksessa on otettava huomioon itse maston, valonheittimien ja huoltotason tuulipinta. Mitä korkeampi masto, sitä enemmän tuuli vaikuttaa mastossa työskentelyn turvallisuuteen. Matalampien valaisinpylväiden kiinnityksessä käytetään yleensä valmiita betonijalustoja, kun taas mastoille on aina suunniteltava omat kohdekohtaiset perustukset. Valaisimet on mahdollista kiinnittää myös esimerkiksi kattoja, seiniä, katosten reunoja tai vajereita apuna käyttäen. On olemassa myös valaisimia jotka on mahdollista asentaa suoraan katuun tai maahan. (ST 58.09 2003, 5.)

Ulkoalueilla valaistavan alueen luonne ja tehtävät vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Työalueilla valaistus on ensisijaisesti työn turvallista suorittamista varten ja tie- ja katuvalaistuksella parannetaan liikenneturvallisuutta, sekä taataan liikenteen sujuvuus. Valaistuksella voidaan vaikuttaa myös viihtyvyyteen, etenkin taajamissa kevyen liikenteen väylillä sekä painottaa esteettisyyttä ja viihtyvyyttä esimerkiksi piha-alueilla. Julkisivuvalaistuksen tarkoituksena on tuoda rakennuksista esille muotoja sekä tehdä valaistavasta kohteesta esimerkiksi juhlava ja koristeellinen, kun taas mainosvalojen on tarkoitus olla tiedottavia, vaikka ne usein mielletäänkin koristeiksi. Ulkovalaistus tulee toteuttaa siten, että annetut valaistustekniset vaatimukset täyttyvät ja että hankinta- ja käyttökustannukset pysyvät kohtuullisina. Tyypillisimpiä valaistavia ulkoalueita ovat ulkotyöalueet, liikenneväylät, piha- ja ympäristöalueet, urheilualueet, julkisivut, mainosvalo sekä ulkoalueiden valvonta- ja turvallisuusvalaistus. Seuraavaksi esitellään työn kannalta neljä oleellista aluetta. (ST 58.09 2003, 6.)

Ulkotyöalueiden valaistuksen tarkoituksena on luoda alueella tapahtuville työtehtäville asianmukaiset näköolosuhteet koko näkyvä ympäristö huomioiden. Oikeanlainen valaistus vaikuttaa positiivisesti suorituskykyyn, hyvinvointiin ja turvallisuuteen. Työtehtävien valaisemisessa tärkeää on valaistusvoimakkuuden riittävyys ja tasaisuus, valaistuksen häikäsemättömyys, riittävä varjonmuodostus sekä oikeanlaiset valon väriominaisuudet. Kun työtehtävien vaarallisuus sekä vaativuus lisääntyvät vaaditaan myös valaistukselta enemmän. Aluevalaistuksen toimivuuden kannalta alue tulisi valaista vähintään kahdesta eri suunnasta kahdella tai useammalla valaisimella. Tällöin yksittäisen valaisimen mahdollinen sammuminen ei aiheuta vaaratilannetta työalueella. (ST 58.09 2003, 6.)

Liikenneväylävalaistuksessa valaistaan sekä tie- ja katuosuuksia että kevyenliikenteenväyliä. Liikenneväylillä valaistuksella taataan ensisijaisesti turvallinen liikkuminen. Pelkästään jalankulkijoille tarkoitetuilla kävelyteillä valaistusvoimakkuuden ei tarvitse olla suuri, mutta vaatimustaso nousee merkittävästi, jos samalla tieosuudella liikkuu myös kevyttä liikennettä tai moottoriajoneuvoja. Tie- ja katuvalaistuksessa autoilijan kannalta tärkeimpinä ominaisuuksina voidaan pitää luminanssin tasaisuutta sekä häikäisyn rajoitusta. Tie- ja katuvalaistusta koskevilla standardeilla ja ohjeilla on eri valaistusluokkia. Oikean valaistusluokan valinta vaikuttaa kuinka vaadittavat valaistustekniset ominaisuudet täyttyvät ja näkeminen sekä ympäristön havainnointi helpottuu, mikä puolestaan parantaa liikenneturvallisuutta. (ST 58.09 2003, 7.)

Piha-, maisema- ja taajama-alueilla valaistuksen määräävät tekijät ovat viihtyvyys, esteettisyys ja mukavuus. Ulkoalueilta pyritään poistamaan pimeään aiheuttamat haitat ilta- ja talviaikaan. Usein piha-alueille halutaan turvallisuutta lisäävän valaistuksen lisäksi myös koristeellista ympäristö- ja julkisivuvalaistusta. Niin sanotun hyötyvalaistuksen tarkoituksena on mahdollistaa piha-alueella turvallinen liikkuminen. Ihmisillä on kuitenkin tarve nähdä valoa ympärillään, joten usein pelkkä hyötyvalaistus on liian vähäistä. Pihavalaisuksen alkutilanteena on pimeä alue, jonka valaistuksessa tulee huomioida tekniset kriteerit, alueella tapahtuva toiminta sekä arkkitehtuuri. (ST 58.09 2003, 7.)

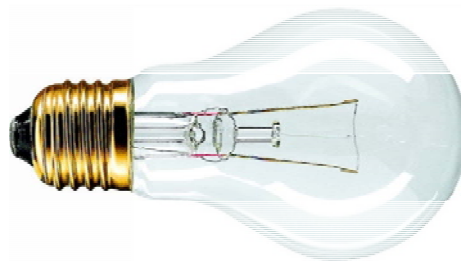
Nykypäivän kehittyneen valaistustekniikan ansiosta lähes kaikkia urheilulajeja on mahdollista harrastaa yhtä hyvin pimeään aikaan kuin valoisallakin. Valaistukselle asetettuja vaatimuksia urheilualueilla lisää valtavasti urheilutapahtumien mahdollinen televisiointi. Urheilualueilla valaistuksen suunnittelussa pyritään ottamaan huomioon monia urheilun kannalta tärkeitä tekijöitä. Näkökohteen ja sen taustan välille tulee luoda riittävä kontrasti, jotta sekä katsojat että urheilijat havaitsevat näkökohteen omista katsomiskulmistaan, riippumatta näkökohteen sijainnista, koosta tai nopeudesta. Urheilualueiden valaistuksessa on otettava huomioon erityisesti näkökohteen koko, liike ja tausta, havait-sijan (kuten) toimitsijan tai yleisön sijoittuminen alueella, vertikaalinen ja horisontaalinen valaistusvoimakkuus ja niiden tasaisuus, valaisinten ja sijaintipaikkojen lukumäärä sekä häikäisy, varjonmuodostus ja ympäristön luminanssi. Standardin mukaan urheilualueiden valaistus jaetaan kolmeen eri ryhmään, joiden perusteella alueen valaistustaso voi muuttua erilaajuisten tapahtumien mukaan. Eri ryhmiä ovat kansalliset, alueelliset ja paikalliset kilpailut, alueen harjoittelukäyttö sekä harrastuskäyttö. (ST 58.09 2003, 8.)

Ulkoalueilla valaisimilta odotetaan myös joitakin erityispiirteitä, esimerkiksi ilkvallankestoa. Valaisimia koskeviin vaatimuksiin ilkvallan osalta vaikuttaa muun muassa se, mihin riskiluokkaan valaistava alue kuuluu. Riskiluokka määritellään sen perusteella kuinka todennäköisesti valaisimeen tulee kohdistumaan ilkvallaa. Riskiluokka A on niin sanottu riskitön alue. Tällaisia alueita ovat esimerkiksi pientalojen piha-alueet. Riskiluokka B on pienen riskin alue, joihin lukeutuu muun muassa keskusta-alueet ja muut vilkasliikenteiset alueet, missä on suuri kiinnijäämisen riski. Riskiluokka B kattaa myös hiljaisemmat taajamat, joissa ei ole aiemmin juuri esiintynyt ilkvallaa. Riskiluokka C on kohtalaisen riskin alue. Näitä alueita ovat muun muassa alueet joilla kiinnijäämisen riski on pieni. Alueella voi olla myös helposti saatavilla rikkomista helpottavia välineitä kuten kiviä. Tällaisia alueita ovat kevyen liikenteen väylät eri taajamien välillä sekä erilaiset nuorison suosimat kokoontumispaikat kuten koulujen pihat, leikki puistot tai urheilualueet. Riskiluokka D on suuren riskin alue. Näitä alueita ovat muun muassa alikulkukäytävät joissa ei ole paljon liikennettä. Valaisimet on jaettu ilkvallankestävyyssuokkiin sen perusteella, kuinka hyvin ne kestävät ilkvallaa. 0-luokan valaisimet eivät kestä iskuja, ja niitä sijoitetaankin pääasiassa omakotitalojen pihoille. 1-luokan valaisimet ovat yleensä piha-alueiden tai puistojen valaisimia, jotka sijoitetaan yli 5 metrin korkeuteen. 2-luokan valaisimet ovat tavallisesti puistovalaisimia, jotka asennetaan noin 4 metrin korkeuteen. 3-luokan valaisimilla valaistetaan ilkvaltaherkillä alueilla vaaditut matalat valaisinasennukset. (ST 58.09 2003, 9.)

### 3.4 Valonlähteet

Sisätilavalauksessa käytetään vielä jonkin verran perinteisiä hehku- ja halogeenilamppuja, mutta niiden poistuminen markkinoilta alkaa näkyä led-lamppujen yleistymisenä. Ulkovalaistuksessa käytetyimpiä lampputyyppejä ovat elohopealamput, suurpainenatriumlamput, induktiolamput, monimetallilamput sekä led-lamput.

Hehkulampun toiminnassa hapettomassa tilassa olevaa hehkulankaa kuumennetaan sähkövirralla, jolloin lanka alkaa hehkua ja säteillä valoa. Hehkulampun tuottamasta energiasta vain 5 % on valoa, ja loppu energia vapautuu lämpönä, tästä syystä hehkulamput eivät ole energiatehokkaita lamppuja. Hehkulamput ovat alkaneet poistua markkinoilta vuodesta 2012 alkaen ja niiden valmistus lakkaa hiljalleen kokonaan. Hehkulamppuja valmistetaan edelleen poikkeustapauksiin, esimerkiksi erilaisiin laitteisiin. (Valaistustekniikka 1992, 183 ja Lamppuinfo 2016.)



KUVA 1. 60 W hehkulamppu E27-kannalla (Sahkonumerot.fi.)

Halogeenilamput ovat hehkulamppuihin verrattuna pitkäikäisempiä ja niillä on noin 50 % parempi valotehokkuus sekä ne ovat kooltaan hehkulamppuja pienempiä. Halogeenilamppujen parempi valotehokkuus perustuu siihen, että niissä on käytetty halogeenina esimerkiksi fluoria, joka reagoiessaan hehkulangan volframmin kanssa aiheuttaa kemiallisen reaktion. Ominaisuuksiensa ansiosta halogeenilamput kuluttavat 30 % vähemmän energiaa kuin hehkulamput. Myös halogeenilamput poistuvat markkinoilta energiatehokkaampien ratkaisujen yleistymässä. (Valaistustekniikka 1992, 199 ja lampputieto.)



KUVA 2. 33W halogeenilamppu GX24q-kannalla (Taloon.com.)



Halogeeni- ja hehkulamppujen käyttöä ulkotiloissa vaikeuttavat hyvin lyhyt polttoikä ja liian alhainen valotehokkuus. Tästä syystä niiden käyttöä tulisi välttää ulkotiloissa. Hehku- ja halogeenilamppuja käytetään ulkovalaistuksessa lähinnä vain omakotitalojen pihavalauksessa, sillä lamput syttyvät heti eikä ympäristön lämpötila vaikuta niiden toimivuuteen. Halogeeni- ja hehkulamppujen valonsäätö on yksinkertaista ja niiden värintoisto-ominaisuudet ovat erittäin hyvät. Halogeenilamppuja käytetään vielä jonkin verran myös esimerkiksi rakennustyömailla valonheittimissä. (ST 58.09 2003, 4.)

Loistelamput ovat pienipaineisia jalokaasulamppuja. Ne ovat yleisiä esimerkiksi keittiöiden työtasovalaisimissa tai peilikaappien valaisimissa. Loistelamppuja käytetään myös suurien sisätilojen valaisemiseen. Perinteisiä loistelamppuja on kahdenlaisia: loisteputkia, joiden päissä on tavallisesti kaksi kantaa, sekä perinteisellä kierrekannalla olevia pienoiskoitelamppuja. Loistelamppujen kupu on sisäpuolelta päällystetty esimerkiksi argonilla, niin sanotulla loisteaineella. Loistelamput vaativat toimiakseen erilliset sytyttimet sekä kuristimet, jottei virta pääse koko ajan kasvamaan suuremmaksi. Loistelamppujen lämpeneminen, jonka aikana lampun värisävy muuttuu sekä valovirta kasvaa, kestää muutamia minutteja. Loistelamppuja on saatavilla monenvärisenä ja niiden värintoisto-ominaisuudet ovat hyvät. Ulkovalaistuksessa loistelamppujen käyttöä hankaloittavat niiden suuri koko sekä huono kylmänkestävyys, jonka vuoksi lamppu syttyy huonommin. (Valaistustekniikka 1992, 204, 205 ja ST 58.09 2003, 4.)



KUVA 3. 35 W T5-loisteputkilamppu (Taloon.com.)

Elohopealamput ovat purkauslamputa kaikista yksinkertaisimpia, luotettavimpia sekä helppokäyttöisimpiä. Niiden toiminta perustuu elohopeahöyryssä tapahtuvaan kaasupurkaukseen. Elohopealampun syttyminen kestää yleensä muutamia minuutteja. Ne ovat vielä toistaiseksi yleisimpiä ulkovalaisutuksessa käytettyjä valonlähteitä, esimerkiksi katuvaloissa, mutta myös teollisuudessa sisävalaistuksessa. Elohopealamppujen etuja ovat hyvin valkoinen väri, edullinen hinta sekä jännitevaihtelujen hyvä sieto. Ne eivät kuitenkaan sovellu valon säätöön. Elohopealamputkin pyritään korvaamaan uudemmallalla tekniikalla lähivuosina eikä elohopealamppuja enää valmisteta. Yleisyytensä takia niiden vaihtuminen on kuitenkin hidas prosessi. (Valaistustekniikka 1992, 226, 227 ja ST 58.09 2003, 4.)



KUVA 4. 80 W elohopealamppu E27-kannalla (taloon.com.)

Suurpainenatriumlamppujen toiminta perustuu natriumhöyryssä tapahtuvaan kaasupurkaukseen. Lamputille tyypillisiä ominaisuuksia ovat kellanvalkea väri sekä suuri valotehokkuus. Suurpainenatriumlamppuja käytetään pääasiassa tie- ja katuvalaistuksessa. Niillä on taloudellista korvata vanhoja elohopealamppuja, niiden paremman valotehokkuuden takia. Mikäli lamput vaihdetaan suurpainenatriumlamppuihin on vaihdettava vähintään valaisimen liitännälaite ja yleensä koko valaisin. Suurpainenatriumlamppujen värinasto-ominaisuudet ovat hieman kehnot vaikkakin riittävät useimpiin tie- ja katuvalaistuskohteisiin. Suurpainenatriumlamput ovat monimetallilamppujen tapaan hyvin herkkiä jännitteen vaihteluille. Tästä syystä värinä, isku tai äkillinen jännitteen aleneminen saattaa sammuttaa lampun. (Valaistustekniikka 1992, 236, 237 ja ST 58.09 2003, 4.)



KUVA 5. 150 W suurpainenatriumlamppu RX7s-kannalla (Talo.com.)

Monimetallilamput ovat purkauslamppuja, joiden toiminta perustuu korkeapaineiseen kaasupurkaukseen. Monimetallilamput ovat valotehokkuudeltaan elohopealamppuja tehokkaampia, sillä niiden täytökaasuun on lisätty elohopean lisäksi myös muita metalleja, esimerkiksi halogeeneja. Erilaisten monimetallilamppujen ominaisuudet voivat erota toisistaan paljonkin sen mukaan, mitä eri metallien yhdisteitä missäkin lampussa on käytetty. Silloin, kun lampulta vaaditaan erityisesti hyvää värintoistoa, monimetallilamppu on hyvä vaihtoehto. Esimerkiksi televisioinnin asettamat vaatimukset urheilualueilla saattavat johtaa monimetallilamppujen käyttöön. Hyvän värintoiston lisäksi lampun etuja ovat myös suuri valotehokkuus sekä kohtuullinen polttoikä. Valonsäätöön monimetallilamput eivät sovellu. (Valaistustekniikka 1992, 257, 258 ja ST 58.09 2003, 4.)



KUVA 6. 70 W monimetallilamppu G12-kannalla (Taloon.com).

Led-lampuissa valo tuotetaan eri tavoin kuin esimerkiksi hehkulamput tai purkauslamput. Led-lamput ovat monikäyttöisiä, ja ne soveltuvat hyvin esimerkiksi yleisvalaistukseen tai kohdevalaistukseen. Led-lamppuja voi käyttää myös sekä sisä- että ulkotiloissa. Led-lamput ovat fyysiseltä kooltaan todella pieniä eivätkä ne aiheuta lämpösäteilyä, eli ne eivät kuumene käytössä. Led-lampuilla on myös erinomainen hyötysuhde ja todella suuri polttoikä. Led-lamput kestävät hyvin värinää ja niiden väriominaisuudet ovat myös todella hyvät. Led-lamppujen käyttöteho on todella pieni verrattuna muihin valonlähteisiin. Led-lampuilla on hyvä valontoisto ja ikääntyessään ne himmenevät pikkuhiljaa eivätkä sammuu yhtäkkiä. Led-lamput myös syttyvät heti ja ne soveltuvat käytettäväksi alhaisissakin lämpötiloissa. Niiden ohjaus ja säätö on helppoa ja niiden tekninen kehitys jatkuu edelleen kiivaana. Led-lamppuja käytettäessä on kuitenkin otettava huomioon tietynlaiset ominaisuudet. Led-lamput eivät esimerkiksi sovellu käytettäväksi korkeissa lämpötiloissa. (ST 57.52 2008, 1,2.)



KUVA 7. 3,8 W led-lamppu E14-kannalla. Lamppu vastaa valotehoaan 25 W hehkulamppua (Taloon.com)

Valonlähteenä led on edelleen muihin valonlähteisiin verrattuna kallis. Led-valaistusjärjestelmiä suunniteltaessa ja asennettaessa vaaditaan aiheeseen perehtymistä sillä järjestelmän kanssa käytettävien laitteiden yhteensopivuus on aina tarkistettava erikseen. Jotta led-valaistusjärjestelmä saadaan toimimaan halutulla tavalla, tarvitaan myös muita komponentteja, joiden takia kustannukset nousevat suuri. Led-lamppujen hinnat ovat kuitenkin viime aikoina laskeneet huomattavasti, ja niiden kallista hintaa kompensoi pitkä polttoikä. Valaistusta suunniteltaessa on otettava kuitenkin huomioon saavutetaanko led-valaistusta käyttämällä säästöjä jotka kattavat korkeat hankinta- ja asennuskustannukset. Esimerkiksi alueilla jotka eivät ole jatkuvassa käytössä, voivat led-lamput olla turha investointi. Taulukossa 1 on eritelty eri valonlähteiden ominaisuuksia. (ST 57.52 2008, 2.)

TAULUKKO 1: Erilaisten valonlähteiden ominaisuuksia (ST 28.04 2013, 9).

Valonlähde	Elinikä (1000 h)	lm/W	Syttyminen	Kylmät tilat	Kuumat tilat	Himmennettävä
<b>Hehkulamppu (60W)</b>	1	12	Heti	X	X	Helppoa
<b>T5-loistelamppu (35W)</b>	19–24	104	Nopea			Mahdollista
<b>PL-lamppu (GX24q-kanta, 18W)</b>	13	66	Nopea			Ei
<b>Halogeenilamppu (G9-kanta, 40W)</b>	2	12	Heti	X	X	Helppoa
<b>MM-lamppu (G12-kanta, 35W)</b>	12	94	Hidas	X	X	Useimmiten ei
<b>Led</b>	20–70	50–110	Heti	X		Mahdollista

### 3.5 Valaisimet

Valaisimien tehtävänä on muuntaa ja suodattaa valonlähteiden tuottamaa valoa. Valaisimeen kuuluvat valonlähteiden kiinnittämiseen ja suojaamiseen tarvittavat komponentit, sekä valaisimen sähköverkkoon liittämiseen tarvittavat komponentit. Kun kohteeseen valitaan sopivaa valaisinta, on tärkeää suhteuttaa valaisimen käyttöolosuhteet ja kohteen tila valaisimen ominaisuuksiin. Perehtymällä erilaisten valaisimien valoteknisiin ominaisuuksiin, sekä esteettisiin ominaisuuksiin ja tarkoituksenmukaisuuteen, on mahdollista saada yksilöllinen ja räätälöity valaistusratkaisu erilaisiin tiloihin ja tilanteisiin. (ST 28.04 2013, 8.)

Valaisimet jaetaan kahteen kategoriaan niiden tarkoituksenmukaisuuden mukaan. Teknisistä ominaisuuksista puhutaan silloin, kun pohditaan muun muassa valaisinten asennusolosuhteita, voimassa olevia standardeja, ympäristön suojeluun asetettuja vaatimuksia tai valaisinten huollettavuutta. Valaisinten sisustuksellisista ominaisuuksista puhutaan vastaavasti silloin, kun valaisimilla on tarkoitus muokata tilaa tai valaisimen on tarkoitus olla koriste-esine. (ST 28.04 2013, 8.)

Valaisinta valittaessa on otettava tarkasti huomioon valaisimen rakenteelliset, valotekniset ja asennukselliset ominaisuudet. Tarkoituksenmukaista on valita kohteeseen valaisin, joka valaisee aluetta mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella. Hyötysuhteella tarkoitetaan valaisimesta poistuvan valovirransuhdetta valovirtaan, jota valaisimen valonlähde säteilee. Tavallisimmin eri valaisinvalmistajat ilmoittavat valaisimensa hyötysuhteen valonjakokäyrinä. (ST 28.04 2013, 8.)

Valaisinten katsotaan koostuvan neljästä eri osasta: valaisimen rungosta, häikäisysuojasta ja heijastimesta sekä erillisestä valonlähteestä. Näistä valaisimen osista rungolla ei tavallisesti ole vaikutusta valoteknisiin ominaisuuksiin. Valaisimen rakenne, joka estää valonlähteen suuriluminanssisia osia näkymästä suoraan valaisimen ulkopuolelle, kutsutaan yleisesti häikäisysuojaksi. Vastaavasti heijastimen tarkoituksena on ohjata valo tehokkaasti tilaan, jossa valaisin on. Valonlähteen tehtävä on tuottaa valaisimen valo. Valonlähteenä voi toimia joko erillinen irrotettava lamppu tai valaisimen sisään kiinteästi asennettu valonlähde. Tällaisia kiinteitä valonlähteitä ovat esimerkiksi led-sirut. (ST 28.04 2013, 8.)

Merkittävin valaistuksen laatuun vaikuttava tekijä on valonlähteen taso, sen lisäksi valaistuksen tekniseen laatuun vaikuttavat myös häikäisysuojan ja heijastimen taso. Valaistuksen suunnittelussa on otettava erikseen huomioon myös muun muassa valaisinten kiinnitystapa ja huollettavuus sekä erilaisten valaisinten kytkeminen sähköverkkoon. Useita erilaisia valonlähteitä ei voida suoraan kytkeä sähköverkkoon. Esimerkiksi led-valonlähteet ja pienoisjännitehalogeenilamput tarvitsevat toimiakseen erillisen muuntajan ja loistelamput erillisen liitäntälaitteen rajoittamaan lampun saamaa virtaa. Liitäntälaitteen lisäksi useat purkauslamput tarvitsevat vielä erillisen sytytinlaitteen. (ST 28.04 2013, 8.)

### 3.6 Ulkovalaisinten huollettavuus

Käytön aikana valaistuksen voimakkuudet pienenevät varsinkin ulkoalueilla lamppujen ja valaisinten likaantuessa, sekä valonlähteiden valovirran alentuessa käytön myötä. Valaistuksen säilyttämiseksi riittävänä, onkin tärkeä huolehtia alueen valaisinten huollosta, puhdistuksesta sekä mahdollisesti rikkonaisten valonlähteiden uusimisesta. Alueen valaisinten tila on myös syytä tarkista tasaisin väliajoin, ja rikkoutuneet tai vanhentuneet valaisimet tulee vaihtaa uusiin. Valaistuksen suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon valaistuksen raja-arvot, ja valaistus tulee mitoittaa niin, etteivät raja-arvot alitu edes vanhoissa valonlähteissä. Valaistusvoimakkuuteen vaikuttavat monet eri tekijät, ja suurin osa niistä vaikuttaa valaistusvoimakkuuden määrään. Esimerkiksi valonlähteiden loppuunpalamisikä, hiljalleen pienenevä valovirta, hyötypolttokä, valonlähteiden ja valaisinten pintaan mahdollisesti kertyvä lika sekä ympäristön lämpötilan ja verkkojännitteen vaihtelut aiheuttavat valovirran pienemistä. (ST 58.09 2003, 5.)

Valaistussuunnittelussa, etenkin uusissa kohteissa, on tärkeä huomioida, että uusilla valaisintekniikoilla on mahdollista kompensoida suurempia hankintahintoja alhaisemmilla kunnossapito-, huolto- ja energiakustannuksilla koko valaisinjärjestelmän elinkaaren aikana. Kaikki valaisinjärjestelmät tarvitsevat elinkaarensa aikana huoltoa ja kunnostusta. Tästä syystä suunnitteluvaiheessa on erityisen tärkeä kiinnittää huomiota valaisinten kestoikään, huollettavuuteen sekä puhtaana pysymiseen. Valaisimet tuleekin suunnitteluvaiheessa sijoittaa niin, että niiden puhdistus-, lampunvaihto- ja huolto-toimenpiteet pystytään suorittaman mahdollisimman vaivattomasti. (ST 58.09 2003, 5.)

Valaisinjärjestelmien käyttökustannuksista suuri osa koostuu juuri valaisinten puhdistuksesta sekä lamppujen vaihdosta aiheutuvista kustannuksista. Merkittäviä kustannuksia aiheuttavat valaisimet, jotka sijaitsevat vaikeapääsyisissä paikoissa, esimerkiksi erityisen korkeissa tiloissa. Erikoistoimenpiteitä vaativien tilojen valaistuksen huoltotapa on syytä ratkaista jo suunnitteluvaiheessa. Valaisinten käyttöiän pituuteen ja likaantumiseen pystyy vaikuttamaan erilaisilla valaisinrakenteilla sekä valaisinmateriaalien valinnoilla. (ST 58.09 2003, 5.)

Suunniteltaessa valaisinten huollettavuutta on otettava huomioon asioita, jotka helpottavat ja nopeuttavat huoltoa. Näin on mahdollista säästää huoltokustannuksissa. Lamppua vaihdettaessa tarvitsee usein irrottaa erilaisia valaisimen osia. Kun osat ovat helposti irrotettavissa ja mahdollisesti sarnoilla kiinni valaisimien rungoissa, niiden käsittely on helpompaa. Vaihdeettavien ja irrallisten osien on myös oltava helposti käsiteltävissä. On myös tärkeä huomioida valaisinten optiikan puhdistettavuus sekä huoltoa mahdollisimman paljon helpottavat rakenteelliset ratkaisut. Valaisinten asennusta helpottaa myös, mikäli suunnitteluvaiheessa käytettyjen erilaisten valaisintyyppien määrä on mahdollisimman pieni. (ST 58.09 2003, 5.)

### 3.7 Sähköinen mitoitus ja laskenta

Varsinainen mitoitus ja laskenta aloitetaan kuormien arvioinnilla. Lähtötiedoista olennaisia ovat kuormitusvirrat, syttymis- ja palamisvirrat, poiskytkentäaika sekä jännitteenalenema. Kun lähtötiedot on saatu selville, voidaan aloittaa varsinainen suunnittelu.

#### 3.7.1 Kuormitusvirrat

Mitoituksen ensimmäinen vaihe on kuormitusvirtojen määrittäminen. Kuormitusvirtojen avulla pystytään mitoittamaan kohteelle tarvittava suojalaite sekä arvojen perusteella pystytään määrittämään myös millaista virtaa kaapelin on kyettävä syöttämään. (SFS 600-1 2012, 130.)

Mitoitettavan suojalaitteen mitoitusvirta ei saa koskaan olla alempi kuin piirien suunniteltu virta. Suojalaitteen on ominaisuuksiltaan täytettävä seuraavat ehdot:

$$\begin{aligned} I_B &\leq I_n \leq I_z \\ I_2 &\leq 1,45 * I_z \end{aligned} \tag{1}$$

jossa

$I_B$  on suunniteltu virta piirissä

$I_n$  on johtimen jatkuva kuormitus

$I_z$  on suojalaitteen mitoitusvirta

$I_2$  on virta joka suojalaitteelle tavanomaisessa toiminta-ajassa varmistaa suojalaitteen toiminnan. (SFS 600-1 2012, 130.)

Kolmivaihejärjestelmän tehon kaavalla voidaan laskea piirin virta.

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

(2)

jossa

$P$  on teho kuormituspisteessä (W)

$U$  on verkon pääjännite (V)

$\cos\varphi$  on kuormituskerroin. (Tammertekniikka/AMK-kustannus Oy 2008, 128.)

#### 3.7.2 Johdon mitoitus

Johdon suurin kuormitettavuus määritellään sen perusteella, mikä on korkein lämpötila jota valittu johto kestää. Ilmoitettua lämpötilaa ei saa koskaan ylittää, koska ylikuumeneminen aiheuttaa vakavan tulipaloriskin. Liian korkean lämpötilan seurauksena myös johdon eristemateriaalit haurastuvat ja johdon käyttöikä lyhenee. Johdon kuormitettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa eri johdin- ja eristemateriaalit, asennustapa ja ympäristön lämpötila. (D1-2010, 210.)

Yleensä mitoituksessa tarkkojen kuormitusarvojen laskeminen on turhaa, sillä kuormitettavuustaulukosta löytyvillä tiedoilla mitoittaminen onnistuu myös hyvin. Kuormitettavuustaulukon arvot on ilmoitettu erikseen eri asennustavoille ja niissä on huomioitu Suomessa yleisesti käytetyt lämpötilat ilmalle, maalle sekä maan resistiivisyydelle. (D1-2009 2010, 210, 211.)



## TAULUKKO 2. Johtojen kuormitettavuudet (A) eri asennustavoilla (D1-2009 2010, 211).

Eri asennustavat ovat:

A uppoasennus

C pinta-asennus

D maa-asennus

E vapaasti ilmaan tehtävä asennus

<b>SFS 6000:n mukaiset asennustavat</b>				
<b>Johtimen nimellispoikkipinta (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Kupari</b>				
<b>1,5</b>	14	18,5	26	19
<b>2,5</b>	19	25	35	26
<b>4</b>	24	34	46	36
<b>6</b>	31	43	57	45
<b>10</b>	41	60	77	63
<b>16</b>	55	80	100	85
<b>25</b>	72	102	130	107
<b>35</b>	88	126	160	134
<b>50</b>	105	153	190	162
<b>70</b>	133	195	240	208
<b>95</b>	159	236	285	252
<b>120</b>	182	274	325	292
<b>150</b>	208	317	370	338
<b>185</b>	236	361	420	386
<b>240</b>	278	427	480	456
<b>300</b>	316	492	550	527
<b>Alumiini</b>				
<b>16</b>	43	62	78	65
<b>25</b>	56	77	100	83
<b>35</b>	69	95	125	102
<b>50</b>	83	117	150	124
<b>70</b>	104	148	185	159
<b>95</b>	125	180	220	194
<b>120</b>	143	209	255	225
<b>150</b>	164	240	280	260
<b>185</b>	187	274	330	297
<b>240</b>	219	323	375	350
<b>300</b>	257	372	430	404

### 3.7.3 Poiskytkentäaika

Virtapiiri voi sulkeutua jonkin vian tai ulkoisen kosketuksen takia ja oikosulku voi aiheuttaa esimerkiksi johtojen tai laitteiden ylikuumentumisen, laitteiden rikkoutumisen tai henkilövahinkoja. Vioittunut virtapiirin osa kytketäänkin irti sähkönsyötöstä usein sulakesuojauksen avulla. (Lakervi ja Partanen 2008, 28.)

Poiskytkentäehtojen selvittämiseksi tulee tietää, missä kohdissa ja kuinka laajasti oikosulkuvirta on määritettävä. Esimerkiksi yhden virtapiirin osalta riittää oikosulkuvirran laskeminen kauimmaisessa pisteessä suojalaitteesta katsottuna. Oikosulkuvirta on mahdollista joko laskea tai mitata. Thevenin menetelmää käytettäessä on otettava huomioon, että saatu oikosulkuvirran arvo on pienempi kuin todellinen oikosulkuvirta. Maksimissaan 10 % virhe johtuu siitä, että laskentakaavaa on yksinkertaistettu, mutta se ei häiritse sillä virhe tapahtuu aina niin sanotusti turvalliselle puolelle. (D1-2009 2010, 92).

Oikosulkuvirta saadaan laskettua kaavalla

$$I_K = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (3)$$

jossa

$I_K$  on pienin oikosulkuvirta (A)

$c$  on kerroin 0,95, jota käytetään laskettaessa pienintä oikosulkuvirtaa pienjänniteverkossa

$U$  on verkon jännite (V)

$Z$  on virtapiirin kokonaisimpedanssi ( $\Omega$ ) (D1-2009 2010, 92).

Pienjänniteverkossa poiskytkennän täytyy tapahtua pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran vaikutuksesta ennalta määrättyssä enimmäisajassa. Vikavirran on oltava riittävän suuri sulakkeen nopeaan palamiseen. (Lakervi ja Partanen 2008, 201.)

Yksivaiheinen oikosulkuvirta saadaan kaavalla

$$I_{k1v} = \frac{3 \cdot U_v}{\sqrt{(2R_m + R_{m0} + 3 \cdot l \cdot (r_j + r_0))^2 + (2X_m + X_{m0} + l \cdot (2x_j + x_{j0} + 3 \cdot x_0))^2}} \quad (4)$$

jossa

$U_v$  on vaihejännite (V)

$r_j$  on vaihejohtimen resistanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$R_m$  on muuntajan oikosulkuresistanssi ( $\Omega$ )

$x_j$  on vaihejohtimen reaktanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$X_m$  on muuntajan oikosulkureaktanssi ( $\Omega$ )

$x_{j0}$  on vaihejohtimen nolhareaktanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$R_{m0}$  on muuntajan nolaresistanssi ( $\Omega$ )

$r_0$  on nolajohtimen resistanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$X_{m0}$  on muuntajan nolareaktanssi ( $\Omega$ )

$l$  on johdon pituus (km). (Lakervi ja Partanen 2008, 202.)

Kaavassa 4 käytettyjen muuntajan arvojen laskemiseen tarvittavat kaavat on saatavilla esimerkiksi Niko Saarasen opinnäytetyössä (Saaranen 2015, 25).

Kun oikosulkuvirran arvo on selvitetty, sulakkeen toiminta-aika voidaan katsoa käyrästä, jolla valmistajat ilmoittavat tuotteidensa toiminta-ajat. Pienjänniteverkossa oikosulku on yleensä kytkettävä pois maksimissaan viidessä sekunnissa. (Lakervi ja Partanen 2008, 202, 203.)

### 3.7.4 Jännitteenalenema

Jännitteenalenemaa laskettaessa lähtötietoina ovat johdon kuormitusvirta, kuormituksen tehokerroin sekä johdon resistanssi ja reaktanssi. Standardin SFS 6000 mukaan jännitteenalenema ei saisi olla suurempi kuin 4 % nimellisjännitteestä sähkölaitteen ja liittymiskohdan välillä. (D1-2009 2010, 226.)

Jännitteen alenema voidaan laskea kaavalla

$$U_a = I \cdot R \cdot \cos\varphi + I \cdot X \cdot \sin\varphi \rightarrow U_a = I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \quad (5)$$

jossa

$U_a$  on jännitteenalenema (V)

$I$  on johtimen virta (A)

$R$  on johtimen resistanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$X$  on johtimen reaktanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$\varphi$  on vaihesiirtokulma (Korpinen 2008).

Kolmivaiheisella vaihtojännitteellä jännitteenalenema saadaan kaavalla

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (R * \cos\varphi \pm X * \sin\varphi) \quad (6)$$

jossa

$\Delta U$  on jännitteenalenema (V)

$I$  on kuormitusvirta (A)

$l$  on johdon pituus (m)

$R$  on ominaisresistanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$X$  on ominaisreaktanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

$\varphi$  on jännitteen ja virran välinen vaihekulma (D1-2010 2009, 226).

Jännitteenalenemaa vastaava suhteellinen jännitteenalenema saadaan kaavalla

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

jossa

$\Delta u$  on suhteellinen jännitteenalenema

$U_n$  on nimellisjännite (V) (D1-2009 2010, 226).

Standardissa SFS 600-1 on määritelty kuinka suuri suhteellinen jännitteenalenema saa olla enimmäkseen pienjännitesähköasennusten liittymispisteiden ja kuormituspisteiden välillä. Pienjänniteasennuksissa jotka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta, sallitaan valaistuksessa 3 % jännitteenalenema ja muussa käytössä 5 % suhteellinen jännitteenalenema. Vastaavasti pienjänniteasennuksissa, jotka on syötetty yksityisestä tehonlähteestä, sallitaan valaistuksessa 6 % ja muussa käytössä 8 % suhteellinen jännitteenalenema. Standardin mukaan on kuitenkin suositeltavaa noudattaa yleisen jakeluverkon suhteellisia jännitteenalenemia aina, kun se on vain suinkin mahdollista. (SFS 600-1 2012, 262.)

### 3.8 Valaistuksen ohjaus ja säätö

Valaistavan kohteen käyttötapa määrittää sen, millainen valaistuksen ohjaustapa kohteeseen valitaan. Ohjaus voi tarpeen mukaan olla joko automaattista tai käyttäjän hallitsemaa, sen mukaan millainen valaistava tila on. On erotettava erilaiset tilat ja niiden käyttöaste toisistaan. Esimerkiksi yhden ihmisen työhuoneeseen paras ratkaisu on käyttäjän hallitsema järjestelmä, kun taas läpikulkutiloihin, joissa monet ihmiset ovat hetken aikaa, liiketunnistin on usein paras vaihtoehto. Suunnitteluvaiheessa on myös ymmärrettävä, että vähän käytettävissä tiloissa liiketunnistimien käyttäminen aiheuttaa vain ylimääräisiä lisäkustannuksia investointeihin, sekä turhia ylläpitokustannuksia. Valaistuksen säädöllä on mahdollista muun muassa vaikuttaa tilan tunnelmaan, parantaa viihtyvyyttä, mataltaa käyttö- ja energiakustannuksia sekä helpottaa ja yksinkertaistaa eri käyttötoimenpiteitä. (ST 58.04 2013, 9.)

Valaistuksen erilaiset säätötavat jaetaan tavallisesti kahteen osaan sen perusteella, tapahtuuko ohjaus automaattisesti vai onko ohjaus käyttäjän hallinnassa. Automaattiohjauksen lisäksi valaistusjärjestelmässä on hyvä olla erityistilanteiden varalle myös jonkinlainen mahdollisuus manuaaliselle käytölle. Näin käyttäjällä on viimekädessä mahdollisuus vaikuttaa valaistusjärjestelmän toimintaan. (ST 58.04 2013, 10.)

Valaistusjärjestelmien automaattiohjauksessa käytetyimpiä ohjausmenetelmiä ovat niin sanotut kellokytkimet sekä liiketunnistus. Ulkovalaistuksessa käytetään yleensä kellokytkimen ja hämäräkytkimen yhdistelmää. Yhdistelmän tarkoituksena on, että ulkoalueen valot palavat tietyllä aikavälillä, mikäli on riittävän hämärää. Pelkällä kellokytkimellä valot palaisivat aina tiettyinä kellonaikana. Valoisana vuodenaikana valaistusta tarvitaan huomattavasti lyhyempi aika, jos ollenkaan, kuin pimeänä vuodenaikana, jolloin kellokytkintä pitäisi säätää vuorokauden pituuden mukaan ympäri vuoden. Kellokytkintä on mahdollista käyttää sisällä esimerkiksi tiloissa joissa liikkuu ihmisiä jatkuvasti tietyllä aikavälillä kuten kauppoissa. Liiketunnistus on käyttökelpoinen valaistuksen ohjaus alueilla joissa on liikettä pimeään aikaan vain silloin tällöin. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi teollisuushallien pihat tai sisätiloissa erilaiset käytävät ja varastot. (ST 58.04 2013, 10.)

Myös manuaalisia eli käyttäjän hallitsemia ohjausmenetelmiä on useita. Yleisimmin käytössä olevia kytkimiä ja painikkeita on syytä käyttää myös silloin, kun alueella on vain vähän käyttöä. Silloin alueen käyttäjä määrittää itse milloin valaistus on käytössä tai mikä osa valaistuksesta on käytössä. Himmentintä käytetään alueilla, joissa on tarvetta käyttää erilaisia valaistustasoja. Himmentin on huomattavasti halvempi ratkaisu kuin automaattinen tilanneohjaus. Himmentimiä käytetään kuitenkin pääasiassa sisätiloissa. (ST 58.04 2013, 10.)

#### 4 VALAISTUKSEN ENERGIAEHOVUUUS

Valaistusjärjestelmien hiilijalanjäljistä valtaosa syntyy järjestelmän käytön aikana. Valaisinten elinkaarta tarkasteltaessa energiakustannukset ovat ympäristönäkökulmien ohella merkittävä kustannustekijä. Energiankulutuksen pienentämiseksi sisä- ja ulkotyöalueita käsittelevissä standardeissa (SFS-EN 12464-1 ja SFS-EN 12464-2) vaaditaan alueiden valaistussuunnitelmien tekoa energiatehokkaalla tavalla. (ST 58.04 2013, 10.)

Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat monet asiat kuten käytössä olevien valonlähteiden ja liitäntälaitteiden energiatehokkuus, käytössä olevat ohjaustavat ja mahdollisuus hyödyntää kohteessa päivänvaloa sekä alenemakertoimet ja valaisinten hyötysuhteet. (ST 58.04 2013, 11.)

Valaistussuunnittelun laskelmissa alenemakeroointia käytetään ajan saatossa tapahtuvan valontuoton laskun kuvaamiseen. Alenemakertoimen perusteella voidaan varmistaa, että valaistusjärjestelmä täyttää standardien asettamat vaatimukset vielä juuri ennen järjestelmien huoltoa. Alenemakerooin aiheuttaa siis järjestelmien pienen ylimitoittamisen niiden elinkaaren alkupäässä. (ST 58.04 2013, 11.)

Alenemakerooin AK määritetään seuraavalla kaavalla:

$$AK = LVK * LEK * VHK * HHK \quad (8)$$

jossa

AK on alenemakerooin

LVK on lampun valontuoton alenemakerooin

LEK on lampun elinikäkerroin, joka kertoo toimimattomien osuuden lamppuista (tätä ei huomioida, mikäli lamppujen vaihto suoritetaan yksittäisvaihtona)

VHK on valaisimen häviökerroin

HHK on huonepintojen häviökerroin

Kaavassa tarvittavat arvot saadaan eri taulukoista, ja käytettävä alenemakerooin saadaan kertomalla luvut yhteen (ST 58.04 2013, 11).

Ulkovalaistuksen energiatehokkuuteen on viime vuosina merkittävästi vaikuttanut valaistustuotteiden ekosuunnitteluasetus (245/2009), jossa vaiheittain kielletään kaikista energiatehottomimpien valonlähteiden myynti ja maahantuonti. (Motiva 2016.)

Vuoden 2009 syyskuussa voimaan tullut EcoDesign direktiivi korvasi aiemmin voimassa olleen EuP-direktiivin (2005/32/EY). EcoDesign-direktiivissä määritellään energiaa käyttävien tuotteiden suunnittelun ja tuotekehityksen ekologiset vaatimukset. Direktiivin tarkoituksena on integroida ympäristönäkökohdat ja elinkaariajattelu osaksi tuotteiden suunnitteluvaihetta. Direktiivillä on tarkoitus edistää kestävä kehitystä muun muassa parantamalla tuotteiden energiatehokkuutta sekä ympäristön suojelun tasoa. (Motiva 2016.)

EcoDesign direktiivillä on tarkoitus saavuttaa EU:n alueella parempi energiatehokkuus. Vuoteen 2016 oli direktiivin puitteissa asetettu ensimmäinen tavoite, ja seuraava tavoite on vuodessa 2020. Direktiivillä pyritään hillitsemään energiaa vievien laitteiden energian kulutusta, jotta kokonaisenergian tarvetta ja luonnonvarojen käyttöä voitaisiin pienentää. (Motiva 2016.)

## 5 KOHTEEN SUUNNITTELU

### 5.1 Lähtötiedot

Kohteeseen on aikaisemmin tehty aluesähköistysuunnitelma, jossa sähköverkko on mitoitettu uudelleen. Mitoituksessa on huomioitu alueella tehtävät muutokset ja niiden vaikutukset sähkösuunnittelussa. Mitoituksessa ei ole kuitenkaan huomioitu alueelle tulevaa valaistusta, vaan laskelmat on tehty käyttäen olemassa olevaa valaistusta. (Saaranen 2015.)

Tällä hetkellä kohteessa ulkovalaistus on toteutettu käyttäen AMKA 3x16+25 ilmajohtoa. Ilmajohto on kytketty ryhmäkeskukseen MCMK 4x2,5+2,5 kaapelilla. Aluesähköistysuunnitelmassa johtojen poikkipintoja on kuitenkin kasvatettu, jotta liian suuri jännitteenalenema on saatu pienenemään. Uudessa suunnitelmassa ilmajohtoksi on valittu AMKA 3x35+50 ilmajohto. Pohjana kohteen valaistus suunnitelmassa, on käytetty näitä jo olemassa olevia lähtötietoja. (Saaranen 2015.)

### 5.2 Vaatimukset alueella

Alueen valaistusta koskevilla vaatimuksissa tulee ottaa huomioon niin tilaajan toiveet kuin voimassa olevat määräykset. Urheilualueilla suunnittelussa on otettava huomioon myös eri lajiliittojen asettamat vaatimukset esimerkiksi turvallisuuden suhteen.

Tilaajan toiveena oli lisätä alueelle valaistusta, joka mahdollistaisi ratojen käytön pimeään aikaan. Karting-rataa käytetään pääasiassa vain kesäisin, mutta käyttöä olisi mahdollista jatkaa pidemmälle syksyyn, mikäli rataa saisi valaistua riittävästi. Toiveena kuitenkin oli, että valaistus pysyy mahdollisimman yksinkertaisena. Alueella ei ole tarvetta esimerkiksi televisioida kilpailuja, eli yleisvalaistus olisi riittävää.

Nykyinen yleisvalaistus on rakennettu vanhan kaatopaikan valaistuksen pohjalle, eikä se palvele nykyisellään käyttötarkoitustaan. Alueella ei tilaajan mukaan ole tarvetta valaista kulkuväyliä, vaan valaistus olisi hyvä saada nimenomaan rata-alueille. Alueen valaistus on nykytilassa toteutettu 125 W elohopealampuilla, joiden valmistus on loppunut vuonna 2015. Alueelle tullaan siis suunnittelemaan valaistus käyttäen vaihtoehtoisia valonlähteitä.

Motocross-rata on käytössä myös talvisin, mutta talvella sitä on mahdollista lyhentää, jolloin valaistusta tarvittaisiin vain varikko- ja lähtöalueen tuntumaan. Nykyinen yleisvalaistus on tilaajan mukaan riittävä näillä alueilla, joten se pyritään pitämään uudessa suunnitelmassa samalla tasolla.



Suomen moottoriliitto ry on asettanut vaatimuksia motocross-radan turva-alueista. Radalla on liiton mukaan oltava molemmin puolin vähintään kahden metrin esteetön turva-alue, jonka rajalla olevat erilaiset kiinteät esteet tulee suojata eriste- tai heinäpaaleja käyttäen. Lajiliitto kehottaa moottoriurheilukeskuksia, pyrkimään vähintään neljän metrin turva-alueeseen, mutta vaatimus on kaksi metriä. Kaikki kiinteät esteet, jotka sijaitsevat radan läheisyydessä ja joihin ajaja saattaa törmätä menettäessään esimerkiksi pyörän hallinnan, on suojattava iskuja vaimentavalla aineella. Tällaisia kiinteitä esteitä ovat esimerkiksi valaisinpylväät. Niiden sijoittelu on huomioitu lopullisessa suunnitelmassa, mutta niiden suojaaminen jää rata-alueen haltijan vastuulle. (Suomen moottoriliitto 2015.)

### 5.3 Kohteen valaistus

Kohteen valaistuksessa on otettava huomioon tilaajan toive yksinkertaisuudesta sekä alueen matala käyttöaste. Tästä syystä aluetta ei ole mallinnettu millään valaistussuunnitteluun tarkoitettulla ohjelmalla, vaan valaistus on arvio, joka pohjautuu nykytilanteeseen. Tilaajan toiveesta alueella pyrittiin myös hyödyntämään mahdollisimman paljon vanhoja asennuksia ja rakenteita. Suunnitelma onkin tehty siitä lähtökohdasta, että vanhoja pylväitä käytetään uusien valaisinten asennuksessa niin pitkälle kuin mahdollista.

Alueen eri osat ovat käytössä eri aikaan, joten alueen valaistus on tarpeen jakaa kolmeen erilliseen ryhmään. Karkeasti jaoteltuna ryhmät voidaan jakaa karting-radan valaistukseen, motocross-radan valaistukseen sekä aluevalaistukseen. Valaisinryhmät on numeroitu numeroilla 1-3 ja ne on ryhmitelty seuraavalla tavalla. Ryhmässä numero 1 on viisi katuvalaisinta ja ne valaisevat yleisiä alueita sekä motocross-varikkoa että karting-varikkoa sekä motocross-radan lähtöaluetta. Ryhmässä numero 2 on kolme valonheitintä ja ne valaisevat karting-radan rata-aluetta. Ryhmässä numero 3 on yksi katuvalaisin sekä kaksi valonheitintä ja ne valaisevat motocross-radan rata-aluetta. Valaisinposiitiot on esitetty asemakuvassa liitteessä 1.

#### 5.3.1 Valaisimien valinta

Valaisimen valinta tulee tehdä kohteen tarpeet ja valaisinten ominaisuudet huomioiden. Valaistavassa tilassa käytettävät valaisimet tulee valita tarvittavien ominaisuuksien perusteella. Kriteereitä ovat tavallisesti esimerkiksi asennustapa, koteloitiluokka, valaisimen ulkonäkö sekä fyysinen koko, käytettävä valonlähde ja sen syttymisaika. (ST 58.04 2013, 8.)

Alueella tarvitaan vain vähän valaistusta, joten investointikustannuksiltaan kalliit valaisimet eivät tule kysymykseen. Tästä syystä suunnitteluvaiheessa ei ole otettu huomioon mahdollisuutta käyttää led-valaisimia. Led-valaisimet eivät kompensoisi hankinnan aiheuttamia kuluja.

Kohteessa on tarvetta sekä perinteisille katuvalaisimille että suuremmille valonheittimille. Kohteessa jo olemassa olevia vanhoja katuvalaisimia korvataan uusilla sekä tarvittaviin kohtiin asennetaan valonheittämiä valaisemaan rata-alueita. Koska rata-alueiden valaistuksen ei tarvitse olla suurta, valitaan valaisimet jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän muutostarpeita koko alueen sähköistykseksi. Mikäli alueella olisi tarve esimerkiksi televisioida kilpailuja, olisi valaistuksen tarve laskettava tarkkaa erilaisia ohjelmia apuna käyttäen.

Kohteen valaisimiksi valitaan perinteiset katuvalaisimet, jotka vastaavat vanhoja valaisimia sekä uudet valonheittimet. Koska vanhoissa valaisimissa on elohopealamput, ei niitä ole mahdollista hyödyntää uudessa suunnitelmassa. Kaikissa valituissa valaisimissa on mahdollista käyttää joko suurpainenatriumlamppua tai monimetallilamppua. Suunnitelmassa on käytetty Finnparttian Kauha N 70 katuvalaisinta. Katuvalaisimeen on mahdollista asentaa 70 W suurpainenatriumlamppu tai 70 W monimetallilamppu E27-kannalla.



KUVA 8: Suunnitelmassa käytetty Kauha N 70 katuvalaisin (Finnparttia 2016).

Suunnitelman laskelmat on mitoitettu 150 W valonheittimille ja esimerkkinä on käytetty Finnparttian Heitin 150 valonheittämiä. Valonheittämiin on mahdollista asentaa joko 150 W suurpainenatriumlamppu tai monimetallilamppu jossa on RX7s-kanta.



KUVA 9: Suunnitelmassa käytetty Heitin 150 valonheitin (Finnparttia 2016).

### 5.3.2 Valonlähteen valinta

Valaistuksen kannalta valonlähteen valinta on erittäin tärkeää, sillä se vaikuttaa moniin valaistuksen yksityiskohtiin, esimerkiksi valon ominaisuuksiin, valaisimeen sekä kustannuksiin. Valonlähdeä valittaessa on otettava huomioon muun muassa tarvittavan valon määrä eli valovirta, syttymis- ja jälleensyttymisaika sekä valonlähteen käyttölämpötila ja himmennettävyys. Huomioitavia asioita ovat myös valonlähteen hankinta- ja käyttökustannukset, koko ja muoto, valon väriominaisuudet, luminanssi ja välkyntä sekä valonlähteen verkkoliitäntä ja erilaisten valonlähdeyyppien mahdollisimman pieni määrä. (ST 58.04 2013, 9.)

Myös nykypäivänä jatkuvasti kiristyvillä ympäristö- ja energiavaatimuksilla on suuri vaikutus valonlähteiden ominaisuuksiin. Valaistusta suunniteltaessa otetaankin entistä enemmän huomioon myös valonlähteiden valotehokkuus ja polttoikä sekä mahdollisuus käyttää älykkäitä ohjausmenetelmiä kuten esimerkiksi läsnäolo- tai liiketunnistimia. Suunnitteluvaiheessa kohteessa käytettävien erilaisten valonlähteiden määrä minimoidaan varastoinnin, työn ja kunnossapidon helpottamiseksi sekä pienempien huoltokustannusten saavuttamiseksi. (ST 58.04 2013, 9.)

Kohteessa on alun perin käytetty 125 W elohopealamppuja, joten ne on järkevintä korvata joko suurpainenatriumlampuilla tai monimetallilampuilla. Elohopealamput poistuvat markkinoilta ja niiden valmistus on lopetettu, joten niistä luopuminen on ajankohtaista.

Kohteen valaisimet valitaan niin, että niissä on mahdollista käyttää joko suurpainenatriumlamppuja tai monimetallilamppuja. Tällöin alueen käyttäjä voi itse tehdä lopullisen valinnan tarpeidensa mukaan. Samalla varaudutaan tulevaisuudessa tapahtuviin mahdollisiin muutoksiin eri valonlähteiden valmistuksessa.

TAULUKKO 3. Vertailtavien valonlähteiden ominaisuuksia. (Lamppuexpress 2016.)

Valonlähde	Valmistaja	Teho	Kanta	Valovirta (lm)	Väriämpötila (K)	Elinikä (h)
Monimetalli	Osram	70	E27	7200	3000	12000
Monimetalli	Philips	70	E27	7500	2800	27000
Suurpainenatrium	Osram	70	E27	6600	2000	28000
Suurpainenatrium	Philips	70	E27	6600	2000	30000
Monimetalli	Osram	150	RX7s	14800	4200	16000
Monimetalli	Philips	150	RX7s	13250	3000	16000
Suurpainenatrium	Osram	150	RX7s	15000	2000	28000

### 5.3.3 Ohjauksen valinta

Suunnitelman tilaaja on esittänyt toiveen alueen valaistuksen ohjauksen suhteen, ja toiveita pyritään toteuttamaan mahdollisuuksien mukaan. Alueen käytöllä on joitain alueen haltijan asettamia rajoituksia. Karting- ja motocross-radat eivät ole käytössä yhtä aikaa, jolloin valaistustakaan ei käytetä samanaikaisesti. Tästä syystä valaistusta täytyy pystyä ohjaamaan erillisinä valaisinryhminä. Tilaajalla oli myös toiveena, että valot sammuisivat itsestään, jolloin minimoitaisiin riski niiden jäämisestä päälle vahingossa. Näin voidaan vaikuttaa siihen, ettei yllättäviä käyttökustannuksia valaistuksen osalta synny.

Tilaajan kanssa yhdessä ideoitin ratkaisu, jossa jokaisella valaisinryhmällä on oma kytkin, jossa on asennot sekä käsikäytölle, että kellokytkimelle. Näin alueen haltija voi itse määrätä mihin aikaan valot sammuvat, eikä alueen käyttäjien tarvitse huolehtia asiasta. Valaisinryhmiä on yhteensä kolme, eli keskukselle mitoitetaan kolme erillistä kellokytkintä. Asiakas voi tällöin asettaa itse aikamääreet jolloin kukin valaistus on päällä. Esimerkiksi alueella voi olla tarvetta sammuttaa rata-alueen valaistus noin puoli tuntia ennen alueen käytön päättymistä, jotta käyttäjät ymmärtävät, että alueelta on pian poistuttava.

Ulkovalaistusta tullaan ohjaamaan toimistorakennuksesta, joten ohjaus tullaan liittämään rakennuksessa sijaitsevaan keskukseseen RK1. Jokaista valaistusryhmää ohjataan omalla käsikäyttöisellä kytkimellä. Kytkimestä voi valita valaistuksen ohjaustavan tai sammuttaa valaistuksen ilman ajastusta. Valaisinryhmiä voi siis ohjata joko käsikäytöllä tai asettamalla kellokytkimeen halutun ajan. Pelkkä kellokytkin ei tule kohteessa kysymykseen vaan käsikäyttö on hyvä olla olemassa esimerkiksi vikatilanteita varten. Alueella voi olla myös tarve sammuttaa toisen rata-alueen valaistus toista rata-alueetta käytettäessä. Tällöin on helpoin valita valaistuksen käsiohjaus.

### 5.3.4 Valaisinluettelo

Kohteen valaistuksessa käytetyistä valaisimista ja niiden ohessa tarvittavista lisävarusteista laaditaan erillinen valaisinluettelo. Valaisinluettelon sisällössä määritellään esimerkiksi valaisimien tyypit sekä niiden valmistaja, valaisimien asennustavat sekä erikseen tarvittavat asennusvarusteet (esimerkiksi upotuskotelot, kiinnikkeet tai tukipylväät), käytettävät valonlähteet, häikäisysoijat, heijastimet sekä valaisinten kotelointiluokka. Valaisinluettelossa käy ilmi myös valonlähteiden mahdollisten liitännälaitteiden tyypit, tarvittavat lisävarusteet (esimerkiksi suojaverkko), valaisimen kytkentätapa, mahdollinen erikoisväri sekä mahdolliset muut huomioon otavat seikat. Valaistavan alueen asennus- ja tasopii- rustuksiin merkitään jokaisen tietyllä tavalla varustetun valaisimen oma niin sanottu positionumero. (ST 58.04 2013, 8.)

Valaisinluetteloon voidaan merkitään myös valonlähteiden tiedot, kuten valonlähteiden tyypit sekä värintoistoluokka, värilämpötila sekä valonlähteiden käyttämä jännite, mikäli se on muu kuin 230 V ja valonlähteen käyttämä teho. Valaisinluetteloon merkitään tarvittaessa myös tiedot valonlähteen valokeilasta, polttoasennosta ja keskimääräisistä elinikävaatimuksista sekä muista erityisvaatimuksista mikäli niitä esiintyy kohteessa tai niiden merkitsemisellä on erityistä merkitystä. (ST 58.04 2013, 8.)

Kohteen valaisinluettelo on esitetty liitteessä 4.

## 5.4 Laskenta

Valaistussuunnitelman lähtötietoina on käytetty jo mitoitettuja arvoja, sekä tarkasteltu niiden paikansa pitävyyttä sen jälkeen, kun alueelle on tehty tarvittavat muutoksen valaistuksen suhteen. Tarvittavat laskelmat on tehty koskemaan vain alueen ulkovalaistusta, ja niillä on täydennetty jo olemassa olevaa aluevalaistussuunnitelmaa. Laskennan pohjalta on tarkasteltu olemassa olevien suunnitelmien riittävyttä valaistusta koskevien muutosten pohjalta.

### 5.4.1 Kuormituksen lisäys

Mitoituksen pohjana käytettyyn aluesähköistysuunnitelmaan oli arvioitu tarvittavia lisäyksiä jo olemassa olevaan sähköistykseen. Suunnitelmassa ei ollut kiinnitetty huomiota valaistukseen, joten suunnitelman tuloksia täydennetään tarvittavilla tiedoilla. Valaistusta suojaavat sulakkeet ovat toimistorakennuksessa sijaitsevassa keskuksessa RK1. Keskuksessa on myös uutta hallia suojaavat sulakkeet sekä siitä tapahtuu syöttö uudelle keskukselle RK3. (Saaranen 2015, 46.)

Toimistorakennuksessa sijaitsevan keskuksen RK1 kokonaistehoksi oli aiemmin arvioitu 22,1 kW, ja uuden valaistuksen lisäyksen jälkeen huipputeho olisi 23,79 kW, josta uuden hallin tehon on arvioitu olevan 17,1 kW, tehokertoimella 0,8. (Saaranen 2015, 46.)

Toimistorakennuksen pääsulakkeet määräytyvät sen perusteella, millainen tehontarve koko kiinteistöllä on. Virta saadaan lisäämällä uudelle hallille mitoitettuun virtaan rakennuksen muun kuormituksen aiheuttamat virrat.

$$I_{\max(\text{toimisto})} = I_{\text{uusi halli}} + I_{\text{muu toimisto}} \quad (9)$$

$$I_{\max(\text{halli})} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{17\,100 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,8} = 30,85 \text{ A}$$

$$I_{\text{muu toimisto}} = \frac{6\,690 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 10,73 \text{ A}$$

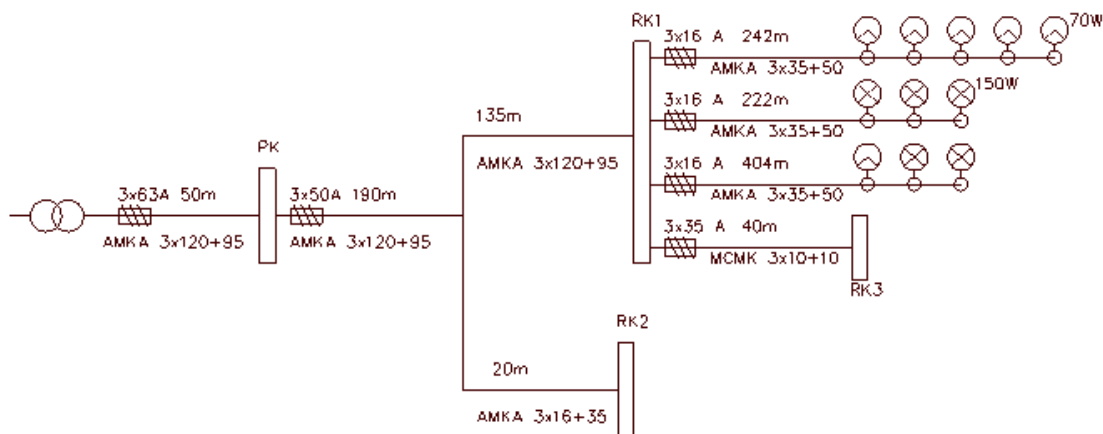
$$I_{\max(\text{toimisto})} = 30,85 \text{ A} + 10,73 \text{ A} = 41,58 \text{ A}$$

Kokonaisuudessaan ilmajohdon haarapisteessä kulkee siis virta  $I_{max}$ , jonka suuruus saadaan laske-  
malla yhteen eri kiinteistöjen huipputehoja vastaavat virrat. Kahviorakennuksessa sijaitsee keskus  
RK2, joka virraksi on laskettu 22,55 A (Saaranen 2015, 47.)

$$I_{max} = I_{max(toimisto)} + I_{max(kahvio)} = 41,58 A + 22,55 A = 64,13 A$$

Laskettua virtaa vastaava virta kulkee myös pääkeskuksen kautta ja se ylittää 63 A, joten pääsulak-  
keiksi tulisi valita tämän perusteella nimellisvirraltaan 80 A sulake. Tällöin olisi vaihdettava myös  
kiinteistöä syöttävän muuntamon sulakkeet suuremmiksi 100 A sulakkeiksi. Laskettu arvo on kuiten-  
kin vain suurin arvo, joka teoreettisesti voidaan saavuttaa. Alueen käytön perusteella todellinen arvo  
jää kuitenkin todennäköisesti laskettua maksimiarvoa pienemmiksi, koska kaikki sähköä käyttävät  
laitteet eivät ole koskaan päällä yhtä aikaa. Esimerkiksi motocross- ja karting-radat eivät ole yhtä  
aikaa käytössä. Tämä vähentää sekä valaistuksen, että muiden laitteiden yhtäaikaista käyttöä.

Alkuperäisessä suunnitelmassa pääsulakkeiksi oli valittu nimellisvirraltaan 50 A olevat sulakkeet.  
Nämä sulakkeet saattaisivat riittää, koska alueen käyttö on vähäistä, mutta mikäli alueelle tulee vielä  
tulevaisuudessa muita laajennuksia, olisi sulakekoko joka tapauksessa vaihdettava suurempaan. On  
siis perusteltua vaihtaa pääsulakkeiksi nimellisvirraltaan 63 A sulakkeet. Tämän seurauksena myös  
pylväsmuuntamon sulakkeet tulee vaihtaa seuraavaan sulakekokoon, eli nimellisvirraltaan 80 A su-  
lakkeisiin. (Saaranen 2015, 47.)



KUVA 10. Verkon tila valaisinten lisäämisen jälkeen.

## 5.4.2 Jännitteenalenema

Kulutuspisteiden huipputehojen perusteella pystytään tarkastelemaan kaapeleilla tapahtuvaa jännitteenalenemaa. Jännitteenalenemat lasketaan tilanteessa, jossa pisteiden kuormitus on suurimmillaan. Laskennassa tarvittavat eri kaapeleiden reaktanssit ja resistanssit on koottu taulukkoon 4.

TAULUKKO 4. Kaapeleiden resistanssit ja reaktanssit (Energiateollisuus 2008, 38, 39.)

Resistanssit ja reaktanssit					
	Rv	RO	Xv	Xv0	X0
<b>AMKA 3x16+25</b>	2,064	1,491	0,108	0,055	0,074
<b>AMKA 3x35+50</b>	0,938	0,778	0,104	0,045	0,073

Laskelmissa on tarkasteltu valaistuksen lisäyksen muutoksia jännitteenalenemaan. Nykyisen tilanteen arvot, sekä aluesähköistykseen muutosten aiheuttamat arvot on saatu aluesähköistysuunnitelmasta, jota on täydennetty valaistuksen osalta. (Saaranen 2015, 49.)

TAULUKKO 5. Jännitteenalenemat lähtötilanteessa (Saaranen 2015, 49.)

	l (km)	I (A)	$\Delta U$ (V)	$\Delta u$ (%)
<b>Muuntaja- PK (AMKA 35)</b>	0,050	60,922	4,905	1,226
<b>PK - Haarapiste (AMKA 35)</b>	0,190	60,922	18,683	4,659
<b>Haarapiste - Toimisto (AMKA 35)</b>	0,135	38,370	8,34	2,085
<b>Haarapiste - Toimisto (MCMK 16)</b>	0,010	38,370	0,807	0,202
<b>Toimisto - Valaisin (MCMK)</b>	0,010	3,450	0,433	0,188
<b>Toimisto - Valaisin (AMKA 16)</b>	0,225	3,450	2,561	1,113
<b>Toimisto - Uusi halli (MCMK 10)</b>	0,040	30,852	3,517	0,879
<b>Muuntaja - Valaisin</b>			35,684	9,47

Jännitteenalenemat ovat laskelmien perusteella liian suuria, eli johtomuutoksia on tehtävä. Aluesähköistysuunnitelmassa on jännitteenalenemat otettu huomioon kasvattamalla johtimien poikkipintaa. Laskelmien perusteella suurin osa jännitteenalenemasta tapahtuu runkojohdossa, joka on lähtötilanteessa AMKA 3x35+50 -kaapelia. Aluesähköistysuunnitelmassa tilanne on ratkaistu mitoittamalla vanhan runkojohdon tilalle AMKA 3x120+95 ilmajohto, jolloin liian suuri jännitteenalenema on saatu pienemmäksi. Koska ulkovalaisimia syöttävä johto kulkee samoissa pylväissä runkojohdon kanssa, on suunnitelmassa päätetty korvata ulkovalaisinten AMKA 3x16+25 ilmajohto valmiiksi pylväissä kulkevaan AMKA 3x35+50 ilmajohtolla, joka toimi aiemmin runkojohtona. (Saaranen 2015, 49.)

Jännitteenalenemat on laskettu käyttämällä kaavaa 5 ja suhteellinen jännitteenalenema käyttämällä kaavaa 6. Jotta saataisiin selville tilanne, jossa valaisimen aiheuttama kuormitus on suurimmillaan, käytetään laskennassa valaisimen syttymisvirtaa. Valaisinten syttymis- ja palamisvirrat on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Valonlähteiden syttymis- ja palamisvirrat (Nykänen 2012, 28).

<b>Syttymis- ja palamisvirrat</b>				
<b>Teho (W)</b>	<b>Syttymisvirta (A)</b>		<b>Palamisvirta (A)</b>	
	Suurpainenatrium			
	Philips	Osram	Philips	Osram
<b>50</b>	0,45	0,45	0,30	0,30
<b>70</b>	0,60	0,55	0,45	0,40
<b>150</b>	1,20	1,00	0,85	0,85
<b>250</b>	2,30	2,40	1,4	1,45
	Monimetalli			
<b>70</b>	-	0,60	-	0,43
<b>150</b>	-	1,50	-	1,10
<b>250</b>	2,20	1,90	1,35	1,40

Valaistussuunnitelma poikkeaa alueelle jo suunnitellusta aluesähköistysuunnitelmasta siten, että valaistussuunnitelmassa erillisiä valaisinryhmiä on kolme. Taulukossa 7 on eritelty eri valaisinryhmät sekä eri vaihtoehdot joita valaisinryhmässä voidaan käyttää. Koska valaisinryhmissä on mahdollista käyttää eri valmistajan valonlähteitä, myös jännitteenalenemat vaihtelevat eri vaihtoehtojen välillä.



TAULUKKO 7. Eri valaisinryhmät ja eri vaihtoehdot valonlähteiksi (Valoexpress 2016.)

<b>Ryhmä 1</b>				
	Valaisimien lkm	Valaisimen teho (W)	Syttymisvirta (A)	Johdon pituus (km)
<b>1. Suurpainenatrium (Philips)</b>	5	70	0,60	0,242
<b>2. Suurpainenatrium (Osram)</b>	5	70	0,55	0,242
<b>3. Monimetalli (Osram)</b>	5	70	1,50	0,242

<b>Ryhmä 2</b>				
	Valaisimien lkm	Valaisimien teho (W)	Syttymisvirta (A)	Johdon pituus (km)
<b>4. Suurpainenatrium (Philips)</b>	3	150	1,20	0,252
<b>5. Suurpainenatrium (Osram)</b>	3	150	1,00	0,252
<b>6. Monimetalli (Osram)</b>	3	150	1,50	0,252

<b>Ryhmä 3</b>				
	Valaisimien lkm	Valaisimien teho (W)	Syttymisvirta (A)	Johdon pituus (km)
<b>7. Suurpainenatrium (Philips)</b>	1	70	0,60	0,404
<b>Suurpainenatrium (Philips)</b>	2	150	1,20	
<b>8. Suurpainenatrium (Osram)</b>	1	70	0,55	0,404
<b>Suurpainenatrium (Osram)</b>	2	150	1,00	
<b>9. Suurpainenatrium (Philips)</b>	1	70	0,60	0,404
<b>Suurpainenatrium (Philips)</b>	2	250	2,30	
<b>10. Suurpainenatrium (Osram)</b>	1	70	0,55	0,404
<b>Suurpainenatrium (Osram)</b>	2	250	2,40	
<b>11. Monimetalli (Osram)</b>	1	70	0,60	0,404
<b>Monimetalli (Osram)</b>	2	150	1,50	
<b>12. Monimetalli (Osram)</b>	1	70	0,60	0,404
<b>Monimetalli (Osram)</b>	2	250	1,90	

Valaisinten lisäyksen aiheuttamaa jännitteenalenemaa tarkastellaan laskemalla jännitteenalenemat sekä suhteelliset jännitteenalenemat eri valaisin- ja lamppuvaihtoehdoille eri valaisinryhmissä. Näin nähdään mitkä vaihtoehdot sopivat valmiiksi mitoitettuun verkkoon. Jokaisen valaisinryhmän eri vaihtoehdot on esitelty taulukossa 7 ja jännitteenalenemat on laskettu taulukon tietojen pohjalta. Taulukkoon on otettu mukaan myös 250W lamppu, jotta jännitteenalenemissa on suurempia eroja. Taulukossa on laskettu jännitteenalenemat molemmille kaapelityypeille, alkuperäiselle kaapelille sekä aluesähköistysuunnitelmassa muutetulle kaapelille.

TAULUKKO 8. Jännitteenalenemat ja suhteelliset jännitteenalenemat (Soukkanen 2016.)

RK1				
	$\Delta U$ (V)	$\Delta u$ (%)	$\Delta U$ (V)	$\Delta u$ (%)
	AMKA 3x16+25		AMKA 3x35+50	
1.	2,40	1,04 %	1,12	0,49 %
2.	2,20	0,95 %	1,03	0,45 %
3.	5,99	2,60 %	2,80	1,22 %
4.	2,99	1,30 %	1,40	0,61 %
5.	2,49	1,08 %	1,16	0,51 %
6.	3,74	1,63 %	1,75	0,76 %
7.	4,00	1,74 %	1,87	0,81 %
8.	3,40	1,48 %	1,59	0,69 %
9.	6,93	3,01 %	3,24	1,41 %
10.	7,13	3,10 %	3,33	1,45 %
11.	4,80	2,09 %	2,24	0,97 %
12.	5,86	2,55 %	2,74	1,19 %

Taulukosta on havaittavissa, että standardin sallima 3 % jännitteenalenema ylittyy joissain tapauksissa ennen muutosta käytetyllä AMKA 3x16+25 ilmajohtolla. Aluesähköistysuunnitelmassa mitoitettulla AMKA 3x35+50 ilmajohtolla jännitteenalenemat laskevat huomattavasti.

Aluevalaistussuunnitelmassa on laskettu jännitteenalenemat sekä suhteellisen jännitteenalenemat suunnitelmassa toteutettujen muutosten jälkeen. Jännitteenalenema valaistuksessa ennen valaistuksen lisäystä on 0,520 % toimiston ja kauimmaisen valaisimen välillä sekä jännitteenalenema muuntajan ja kauimman valaisimen välillä 3,38 %.

Valitaan käytettäväksi valonlähteeksi Osramin suurpainenatriumlamput. Niiden aiheuttama lisäys jännitteen alenemaan toimistorakennuksen ja valaisimen välillä on 1,69 %. Muuntajan ja valaisimen välinen jännitteenalenema on tällöin 4,55 %. Standardin mukainen 3 % jännitteenalenema ylittyy, mutta purkauslampuilla sallitaan maksimissaan 6 % jännitteenalenema. Näihin rajoihin saatu tulos sopii.



Kuva 11. Suunnitelmassa käytettävät 70 W ja 150 W suurpainenatriumlamput (lamppuexpress.com).

### 5.4.3 Oikosulkusuojaus

Aluesähköistysuunnitelmassa tehtyjen muutosten pohjalta on tarkistettava valittujen suojalaitteiden sekä kaapeleiden oikosulkusuojaus. Oikosulkusuojaus tarkastetaan laskemalla oikosulkuvirrat kulu- tuspisteissä. Virtojen laskemisessa on käytetty taulukoista löytyviä johtojen impedanssien arvoja. Laskennassa on otettu huomioon valaistuksen aiheuttamat muutokset aluesähköistysuunnitelmassa laskettuihin arvoihin.

Aluesähköistysuunnitelmassa on mitoitettu valaisimille 16 A B-tyyppin johdonsuojakatkaisijat sekä toimistorakennuksessa sijaitsevalle keskukselle RK1 50 A ja pääkeskukselle 63 A gG-tyyppin sulak- keet. Laskelmien pohjalta tarkastellaan ovatko nämä uusien oikosulkuvirtojen puitteissa edelleen riittävät. Taulukossa 9 on esitetty johdonsuojakatkaisijoiden ja gG-tyyppin sulakkeiden vaadittuja ar- voja. (Saaranen 2015.)

TAULUKKO 9. Pienimmät toimintavirrat ja vaaditut arvot (D1-2009 2010, 91.)

<b>Pienimmät toimintavirrat ja vaaditut arvot</b>		
<b>Johdonsuojakatkaisijat</b>		
<b>Nimellisvirta (A)</b>	<b>Vaadittu laskettu arvo (A)</b>	
	<b>B-tyyppi</b>	<b>C-tyyppi</b>
<b>6</b>	30	60
<b>10</b>	50	100
<b>16</b>	80	160
<b>20</b>	100	200
<b>25</b>	125	250
<b>32</b>	160	320
<b>50</b>	250	500
<b>63</b>	315	630
<b>80</b>	400	800
<b>125</b>	625	1250
<b>Pienimmät toimintavirrat ja vaaditut arvot</b>		
<b>gG-tyypin sulakkeille</b>		
<b>Nimellisvirta (A)</b>	<b>0,4s (A)</b>	
	<b>0,4s (A)</b>	<b>5,0s (A)</b>
<b>2</b>	16	9
<b>4</b>	32	18
<b>6</b>	46,5	28
<b>10</b>	82	46,5
<b>16</b>	110	65
<b>20</b>	145	85
<b>25</b>	180	110
<b>32</b>	270	150
<b>35</b>		165
<b>40</b>	315	190
<b>50</b>	470	250
<b>63</b>	550	320
<b>80</b>	840	425
<b>100</b>	1000	580
<b>125</b>	1450	715

TAULUKKO 10. Johtimien impedanssit (D1-2009 2010, 93.)

Johtimien impedanssit		
Johdinmateriaali	Poikkipinta-ala (mm <sup>2</sup> )	Impedanssi (Ω/km)
Kupari	1,5	14,620
Kupari	2,5	8,770
Kupari	4	5,480
Kupari	6	3,660
Kupari	10	2,246
Kupari	16	1,418
Alumiini	16	2,326
Alumiini	25	1,492
Alumiini	35	1,089
Alumiini	50	0,800
Alumiini	70	0,557
Alumiini	95	0,406
Alumiini	120	0,326

Valaistuksen osalta on tarkasteltu pisimmän ryhmäjohton päässä olevaa oikosulkuvirtaa. Valaistusryhmä numero 3 on johdon pituudeltaan pisin, 404 metriä. Ennen muutosta valaisinryhmän johtona on käytetty AMKA 3x16+25 ilmajohtoa ja muutoksen jälkeen AMKA 3x35+50 ilmajohtoa. Molemmissa tapauksissa ilmajohto on kytketty keskukseseen MCMK 4x2,5+2,5 maakaapelilla. (Saaranen 2015)

Kauimpana sijaitsevan valaisimen luona esiintyvä impedanssi saadaan laskettua laskemalla yhteen toimistorakennuksessa sijaitsevan keskuksen RK1 impedanssi sekä menevän ja palaavan johtimen impedanssit. Impedanssit on laskettu käyttämällä kaavaa 10 ja oikosulkuvirta käyttämällä kaavaa 3.

$$Z_{v3} = Z_{v1} + Z_{johdin} \quad (10)$$

Mikäli muutoksia kaapeleihin ei tehtäisi, vaan valaistuksen laajennukset toteutettaisiin olemassa olevilla kaapeleilla, muodostuisi kauimmaisen valaisimen impedanssiksi 4,0046 Ω ja oikosulkuvirraksi 54,78 A. Valaisimille mitoitettu 16 A johdonsuojakatkaisija tarvitsee 0,4 sekunnin poiskytkentäajalla vähintään 80 A suuruisen oikosulkuvirran. Tästä syystä oikosulkusuojaus ei olisi riittävä.

Lopulliset impedanssit ja oikosulkuvirrat on laskettu tilanteessa, jossa aluesähköistysuunnitelmaan merkityt muutokset on toteutettu sekä valaistussuunnitelman mukaiset lisäykset tehty. Tällöin kaukaisimman valaisinpisteen oikosulkuvirta on 110,52 A. Arvo on riittävä B-tyyppin johdonsuojakatkaisijan 0,4 sekunnin poiskytkentäaikaan.

TAULUKKO 11. Lopulliset oikosulkuvirrat muutosten jälkeen. (Soukkanen 2016.)

	Impedanssi ( $\Omega/\text{km}$ )	Oikosulkuvirta Ik (A)	Suojaus kunnossa
<b>PK</b>	0,196	1117,8	OK
<b>RK1</b>	0,491	446,9	OK
<b>Valaisin</b>	1,9851	110,52	OK

## 5.5 Kustannukset

Valaistusjärjestelmän kustannukset jaetaan yleensä kahteen eri osaan, investointivaiheessa muodostuviin kustannuksiin, sekä järjestelmän käytöstä aiheutuviin kustannuksiin. Suunnitteluvaiheessa kannattaa ottaa huomioon, että usein suuremmilla investointikustannuksilla on mahdollista saada aikaan pienemmät käyttökustannukset. Riippuen kohteesta, jää usein suunnittelijan ratkaistavaksi kummista kustannuksista on viisaampaa säästää. (ST 58.04 2013, 10.)

Valaistuksesta aiheutuvat kustannukset on mahdollista jakaa edelleen energiakustannuksiin, huoltokustannuksiin sekä lampunvaihtokustannuksiin. Valaisinjärjestelmän laajuus ja kohteessa käytettyjen erilaisten valaisintyyppien lukumäärä voivat vaikuttaa merkittävästi juuri lampunvaihdosta aiheutuviin kustannuksiin sekä huoltokustannuksiin. (ST 58.04 2013, 10.)

### 5.5.1 Investointikustannukset

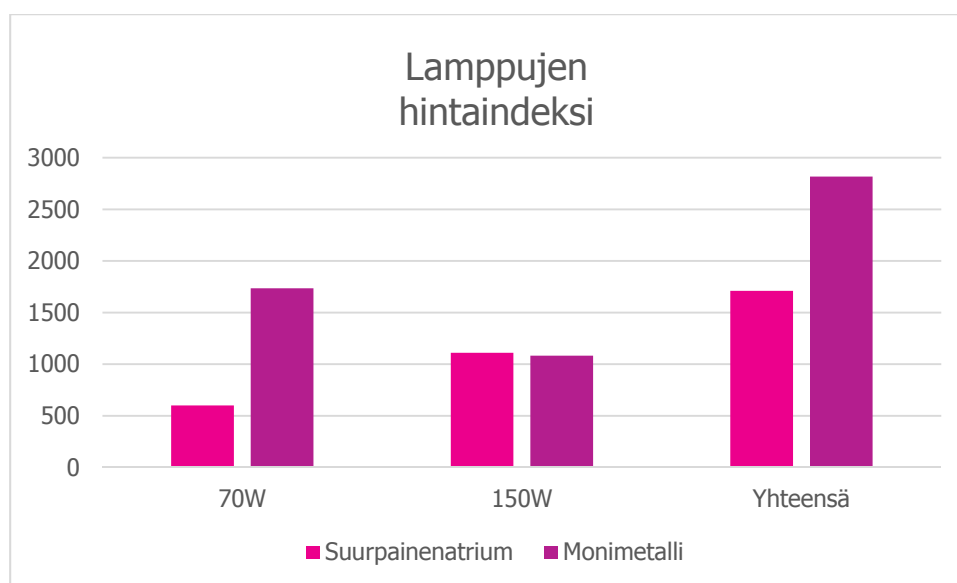
Valaistusjärjestelmän hankintavaiheessa merkittävien kuluerä ovat usein investointikustannukset. Mikäli kohteen valaistus toteutetaan uudemalla tekniikalla ja mahdollisimman matalaan energian kulutukseen pyrkien, muodostuvat alkuvaiheen investoinnit yleensä suurimmaksi kulueräksi. Vastavasti vanhemmalla tekniikalla toteutettujen ja vähemmän energiaa säästävien järjestelmien investointikustannukset voivat olla huomattavasti matalammat. (ST 58.04 2013, 10.)

Investointikustannuksissa tulee ottaa huomioon valaisinten ja lamppujen hankintojen lisäksi myös valaisinten kiinnitykseen tarvittavat kiinnikkeet ja mahdolliset valaisinvarret, kaapelit sekä valaisinpylväät. Myös valaisinten ohjaukseen tarvittavat kytkimet ovat osa investointikustannuksia. Kohteessa tullaan hyödyntämään jo olemassa olevia valaisinpylväitä ja suunnitelma on laadittu sen pohjalta, missä nykyiset tolpat sijaitsevat. Uusia tolppia tarvitaan motocross-radan varrelle kaksi kappaletta. Valaisinten investointikustannukset tullaan sisällyttämään koko alueelle tehtävien muutosten investoinneista aiheutuviin kustannuksiin.

Kohteen käyttöaste on verrattain alhainen eikä valaisinten polttoaikaa kerry vuodessa merkittävästi. Motocross-rata on käytössä ympäri vuoden, mutta karting-rataa käytetään vain pääasiassa loppukeväästä alkusyksyyn. Rata on käytössä pääasiassa iltaisin ja viikonloppuisin.

Alueen käyttöaste huomioiden ei ole järkevää panostaa valaisin investointeihin suuria määriä rahaa. Led-lamput olisivat käyttökustannuksiltaan edullisimmat, mutta on oletettua, ettei niiden korkeat investointikustannukset kompensoituisi tässä kohteessa riittävän nopeasti. Kohteeseen tarvitaan erikseen katuvaloja sekä valonheittäjiä. Katuvalot ovat teholtaan 70 W ja valonheittäimet 150 W. Valaisimiksi kannattaa hankkia malli, jossa on mahdollista käyttää joko suurpainenatriumlamppuja tai monimetallilamppuja. Tällöin vältytään tulevaisuudessa uusilta investoinneilta vaikka polttimotyyppiä haluttaisiin vaihtaa.

Polttimoista investointikustannuksiltaan halvimpia ovat suurpainenatriumlamput. Ne soveltuvat ominaisuuksiltaan hyvin ulkokäyttöön ja kestävät hyvin lämpötilavaihteluita. Taulukossa 12 on vertailtu suurpainenatriumlamppujen ja monimetallilamppujen hintoja. Hinnat ovat indeksimuodossa, eivätkä siis vastaa arvoiltaan euromääräisiä hintoja.



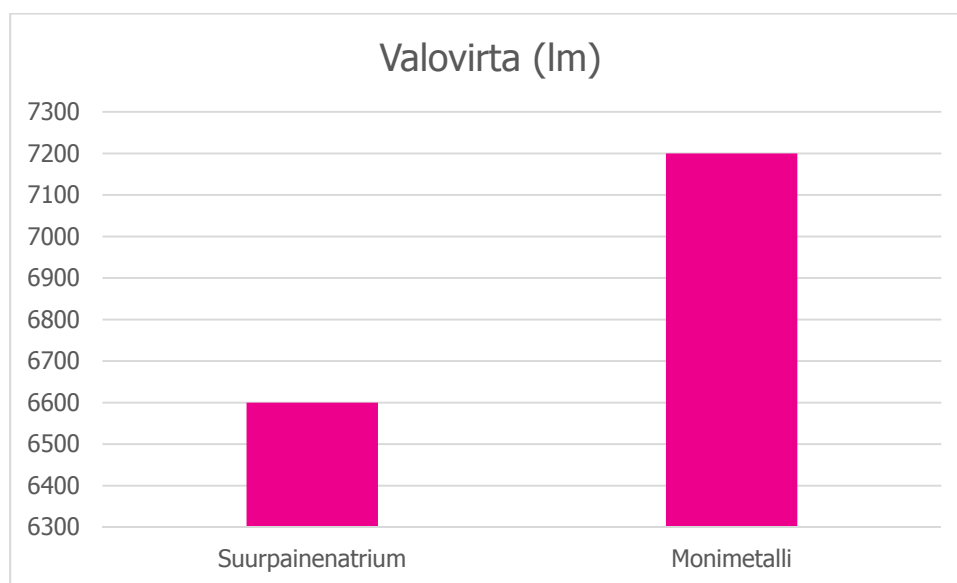
KUVA 12. Eri lamppujen hinnat muutettuna indeksimuotoon. (Taloon.com 2016.)

### 5.5.2 Energiakustannukset

Valaistusjärjestelmien aiheuttamista kuluista yleensä investointikustannusten jälkeen seuraavaksi suurin kuluerä ovat energiakustannukset. Vaikka investointikustannukset voivat olla alkuvaiheessa suuret ja huoltotoimenpiteet aiheuttavat kuluja, ovat energiakustannukset jatkuva kuluerä koko valaisinjärjestelmän elinkaaren aikana. (ST 58.04 2013, 10.)

Koska kohteeseen on valittu valaisimet, joissa voidaan käyttää joko suurpainenatriumlamppuja tai monimetallilamppuja valaisinten aiheuttamissa energiakustannuksissa ei ole eroa, vaan ero eri lamputyyppien välillä on lamppujen valovirroissa. Saman tehoisista lamputa monimetallilamppujen valovirta on suurempi kuin suurpainenatriumlamppujen eli ne tuottavat valoa määrällisesti enemmän.

Taulukossa 13 on verrattu 70 W suurpainenatriumlampun ja monimetallilampun tuottamaa valovirtaa. Taulukosta nähdään, että monimetallilamppujen tuottama valovirta on huomattavasti suurempi, kuin suurpainenatriumlampun.



KUVA 13. 70 W lamppujen valovirrat. (Taloon.com 2016.)

Alueen käytön vähäisyydestä johtuen alueen energiakustannukset jäävät suhteellisen pieniksi, mutta yleisellä tasolla käyttäjillä on mahdollisuus vaikuttaa energiakustannuksiin omilla valinnoillaan sähkölaitteiden ja valaistuksen käytössä. Taulukkoon 12 on koottu erikseen 70 W ja 150 W valaisinten energiankulutus vuositasolla sen perusteella, että alueen valaistus olisi käytössä keskimäärin 15 tuntia viikossa tai keskimäärin 30 tuntia viikossa.

TAULUKKO 12. Valaisinten keskimääräinen sähkönkulutus. (Soukkanen 2016.)

<b>Valaisinten sähkönkulutus</b>				
	Todellinen ottoteho (W)	Valaisinten lukumäärä	Polttotunnit	Sähkönkulutus (kW/a)
<b>70W</b>	91	6	780	425,88
<b>90W</b>	195	5	780	760,50
<b>70W</b>	91	6	1560	851,76
<b>90W</b>	195	5	1560	1 521,00

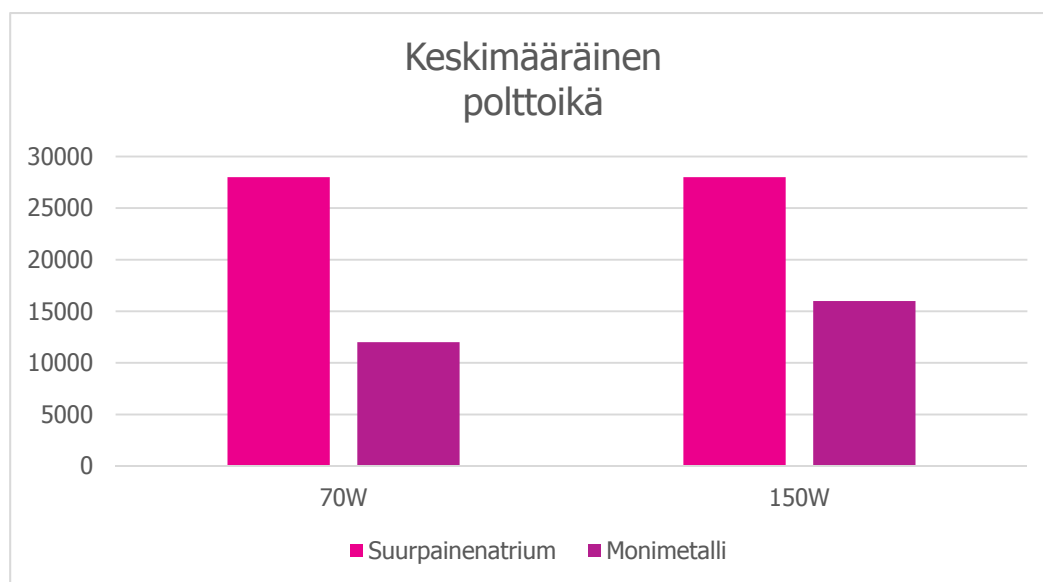
### 5.5.3 Huoltokustannukset

Tavallisimpia valaistusjärjestelmän huoltotoimenpiteitä ovat toimimattomien valaisinten sekä ohjaus- ja liitäntälaitteiden huolto ja korjaus, valaisinten puhdistus sekä palaneiden lamppujen vaihto. Suurin osa ennen suunnitellun elinkaaren loppua rikkoutuvat valaisimet rikkoutuvat hyvin pian käyttöönoton jälkeen. Usein vika johtuu rikkoutuneesta liitäntälaitteesta, ja vika onkin korjattavissa helposti vaihtamalla tilalle toimiva liitäntälaitte. (ST 58.04 2013, 11.)



Tavallisin ja selkein valaisinjärjestelmien huoltoon liittyvä tehtävä on lamppujen vaihto. Lamppujen vaihtamisajankohta määräytyy lamppujen elinikäkertoimen sekä valontuoton häviökertoimen mukaan. Mikäli lamppuja on useita, on usein kustannustehokkainta vaihtaa kaikki lamput samaan aikaan niin sanottuna ryhmävaihtona, etukäteen laaditun huolto-ohjelman mukaan, vaikka useampi lamppu olisi edelleen toiminnassa. Ryhmävaihdossa itse vaihdon ja tarittavien hankintojen yksikköhinta jää yleensä yksittäisvaihtoa matalammaksi. (ST 58.04 2013, 11.)

Alueella merkittävimmäksi huoltokustannukseksi muodostuvat lamppujen vaihtamisesta aiheutuvat kustannukset. Valaisimissa on kiinteät liitäntälaitteet, jotka ovat suurin syy itse valaisinten rikkoontumiseen. Suurpainenatriumlampuilla on monimetallilamppuihin verrattuna merkittävästi pidempi polttoikä. Sekä 70 W että 150 W suurpainenatriumlamppujen polttoikä on lähes 30 000 tuntia, kun vastaavat monimetallilamput jäävät polttoikänsä alle 15 000 tuntiin. Mikäli polttoikää verrattaisiin suoraan alueen vuotuisen polttoaikaan, kestäisivät lamput noin 18 vuotta. Valaisinten altistuminen erilaisille rasituksille pienentää lamppujen todellista polttoikää, jota on tästä syystä vaikea arvioida.



KUVA 14. Lamppujen keskimääräiset polttoiät (Taloon.com 2016.)

Alueen huoltokustannuksia saattaa aiheuttaa myös valaisinten likaantuminen. On mahdollista, että motocross-radalta nouseva pöly, varsinkin kesäaikaan, nousee niin korkealle, että valaisimet pölyntyvät. Tällöin valaisimet on puhdistettava tasaisin väliajoin riittävän valovirran saavuttamiseksi.

Huoltokustannuksiin on mahdollista vaikuttaa ennakkoinnilla sekä huoltosuunnitelmalla. Alueen käyttöaste huomioiden tarkka huoltosuunnitelma ei ole olennaista. Sen sijaan palaneiden lamppujen niin sanottu massavaihto sekä valaisinten huoltaminen tasaisin väliajoin säästää tulevaisuudessa huoltokustannuksia. Kun lamppuja vaihtaa kerralla useampia, lamput ovat yleensä kappalehinnaltaan halvempia ja asennukseen menevä työ vie vähemmän aikaa verrattuna siihen, että yksi lamppu vaihdettaisiin kerralla. Myös valaisinten puhdistaminen tasaisin väliajoin vähentää valaisimiin kohdistuvaa rasitusta ja niiden elinkaari on pidempi.

#### 5.5.4 Kokonaiskustannukset

Kokonaiskustannukset muodostuvat investointikustannuksista, energiakustannuksista sekä huoltokustannuksista. Suurin yksittäinen kustannus syntyy investoinneista, joka on kuitenkin vain osa alueelle tehtävien muutosten myötä aiheutuvista investoinneista. Verrattuna muuhun alueen sähkönkulutukseen, valaistus on kuitenkin käytössä lähes poikkeuksetta silloin, kun alueella on toimintaa.

Kokonaiskustannuksiin on mahdollista vaikuttaa pienentämällä investoinnista ja käytöstä aiheutuvia kustannuksia. Investointikustannuksia alueen haltija voi pienentää kilpailuttamalla urakoitsijat sekä vertailemalla esimerkiksi valaisinten ja lamppujen hintoja. Käyttökustannusten pienentäminen onnistuu tarkkailemalla energiankulutusta. Sähkölaitteiden turha päällä pitäminen ja valaistuksen käytön karsiminen pienentää kustannuksia. Energiakustannusten pienentämisessä auttaa esimerkiksi valaistuksen ohjauksessa käytettävät kellokytkimet. Tällöin valaistus ei unohdu päälle pitkiksi ajoiksi ja tällä tavoin aiheuta yllättäviä kustannuksia vaikka alueella olisi paljon käyttäjiä.

#### 5.6 Muutosesitys alueen valaistukseen

Ulkovalaistuksen muutoksissa hyödynnetään tilaajan toiveesta vanhoja valaisinpylväitä ja niiden lisäksi hankitaan tarvittavat uudet pylväät. Sekä karting- että motocross-rata valaistaan valonheittimillä joissa käytetään 150 W suurpainenatriumlamppuja. Varikkoalueiden valaistus sekä yleisvalaistus toteutetaan katuvaloilla joissa käytetään 70 W suurpainenatriumlamppuja. Valaisimiksi valitaan mallit joissa on mahdollista käyttää myös monimetallilamppuja, jotta uusia valaisimia ei tarvita, mikäli suurpainenatriumlamput poistuvat tulevaisuudessa markkinoilta. Valaisinten tarve alueella on suunniteltu nykyisen 125 W elohopealampuilla toteutetun valaistuksen riittävyden pohjalta, eikä suunnittelussa ole tarvittu valaistussuunnitteluohjelmia.

Alueen ulkovalaistus jaetaan kolmeen erilliseen ryhmään, jotta valaistusta voidaan ohjata erikseen, ja valaistavat alueet on mahdollista valita aina tarpeen mukaan. Valaistusryhmiä on mahdollista ohjata joko käsikytkimillä tai ajastamalla kellokytkimet halutulla tavalla.

Ulkovalaistukseen tehtävät muutokset sisällytetään alueen aluesähköistyksen laajennukseen ja siitä toteutettuun suunnitelmaan.

## 6 YHTEENVETO

Tavoitteena opinnäytetyössä oli toteuttaa ulkovalaistussuunnitelma moottoriurheilukeskuksen rata-alueille. Kohteesta oli jo tehty aluesähköistysuunnitelma, jossa ulkovalaistusta ei ollut huomioitu. Ulkovalaistussuunnitelma toteutettiin jo tehdyn suunnitelman pohjalta, ja tarkasteltiin suunniteltujen muutosten vaikutusta olemassa olevaan työhön.

Tilaaajan toiveesta ulkovalaistus suunniteltiin mahdollisimman yksinkertaiseksi, mutta toimivaksi. Tilaaajan toiveena oli, että eri rata-alueiden valaistusta olisi mahdollista ohjata erikseen, ja tarvittaessa ajastaa halutulle ajalle. Tästä syystä valaisimet on jaettu kolmeen eri valaisinryhmään ja ryhmien ohjaukseen on suunniteltu kellokytkimiä.

Työn alkuosassa on myös esitelty valaistussuunnittelun peruseriaatteita sekä erilaisia valaisin- ja valonlähdevaihtoehtoja. Teoriaosuudessa on myös esitelty tarvittavat laskukaavat valaistusverkon mitoittamiseen. Suunnittelun kohteena olleen alueen asettamat vaatimukset valaistukselle olivat vähäiset, joten valaistussuunnitteluohjelmaa ei käytetty apuna valaistusta suunniteltaessa. Teoriaosuudessa on myös paneuduttu erikseen ulkovalaistussuunnitteluun esimerkiksi erilaisten ulkoalueiden osalta.

Lopputuloksena työstä on ulkovalaistussuunnitelma, joka täyttää tarvittavat valaistussuunnitelman kriteerit sekä alueen asettamat vaatimukset. Suunnitelma on mahdollista toteuttaa tai sitä on mahdollista käyttää suuntaa antavana dokumenttina alueen sähköistystä laajennettaessa. Valmiilla työllä täydennetään muita alueelle toteutettuja suunnitelmia ja se luovutetaan tilaaajan käyttöön.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

EUROOPAN UNIOININ VIRALLINEN LEHTI 2009. Komission asetus 244/2009.

HALONEN, Liisa ja LEHTOVAARA Jorma 1992. Valaistustekniikka. Jyväskylä: Gummerus.

KORPINEN, Leena 2007. Sähkövoimatekniikkaopus. 9 Muuntajat ja sähkölaitteet [Verkkajulkaisu] [Viitattu 2016-04-12]. Saatavissa <http://www.leenakorpinen.fi/arkisto>

LAKERVI, Heikki ja PARTANEN, Jarmo 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Gaudeamus.

LAMPPUINFO 2016, Lamput – Tutkittua tietoa. [Verkkajulkaisu][Viitattu 2016-02-18] Saatavissa: <http://www.lampputieto.fi/lamput/>

NYKÄNEN, Raimo 2012. Vaalan kunnan katuvalaistuksen kehittäminen. Centria ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2016-05-03.] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/64626>

MOTIVA 2016. Ekosuunnitteludirektiivi. [Verkkajulkaisu][Viitattu 2016-03-12]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/ekosuunnitteludirektiivi>

PIETILÄ, Anssi 2015. Valaisinhajauksella saavutettavat säästöt logistiikkakeskuksen ulkovalaistuksessa. Metropolia Ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2016-04-16.] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/92187>

SAARANEN, Niko 2015. Moottoriurheilukeskuksen aluesähköistyksen kartoitus ja laajennussuunnitelma. Savonia-ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2016-04-13.] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/98968/>

SFS-KÄSIKIRJA 600-1 2012. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. Helsinki: SFS.

SUOMEN MOOTTORILIITTO RY 2015.[Verkkajulkaisu][Viitattu 2016-05-03] Saatavissa: <http://www.moottoriliitto.fi/turvallisuus/>

SUOMEN SÄHKÖ- JA TELEURAKOITSIJALIITTO, SUOMEN VALOTEKNINEN SEURA RY 1999. Lamput ja valaisimet. Jyväskylä: Gummerrus.

SUOMEN SÄHKÖURAKOITSIJALIITTO RY, SUOMEN VALOTEKNINEN SEURA RY 1996. Valaistuksen laskenta, mitaukset ja huolto. Jyväskylä: Gummerrus

SUONENJOEN MOOTTORIURHEILUKESKUS RY 2015. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2016-04-13.] Saatavissa: <http://www.smuk.fi/>

ST 57.52 2008 Led-valaistusjärjestelmät. Sähköinfo Oy.

ST 58.04 2013. Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Sähköinfo Oy.

ST 58.09 2003. Ulkovaistutus. Sähköinfo Oy.

SÄHKÖ- JA TELEURAKOITSIJALIITTO STUL RY 2010. D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Helsinki: Painokurki Oy.

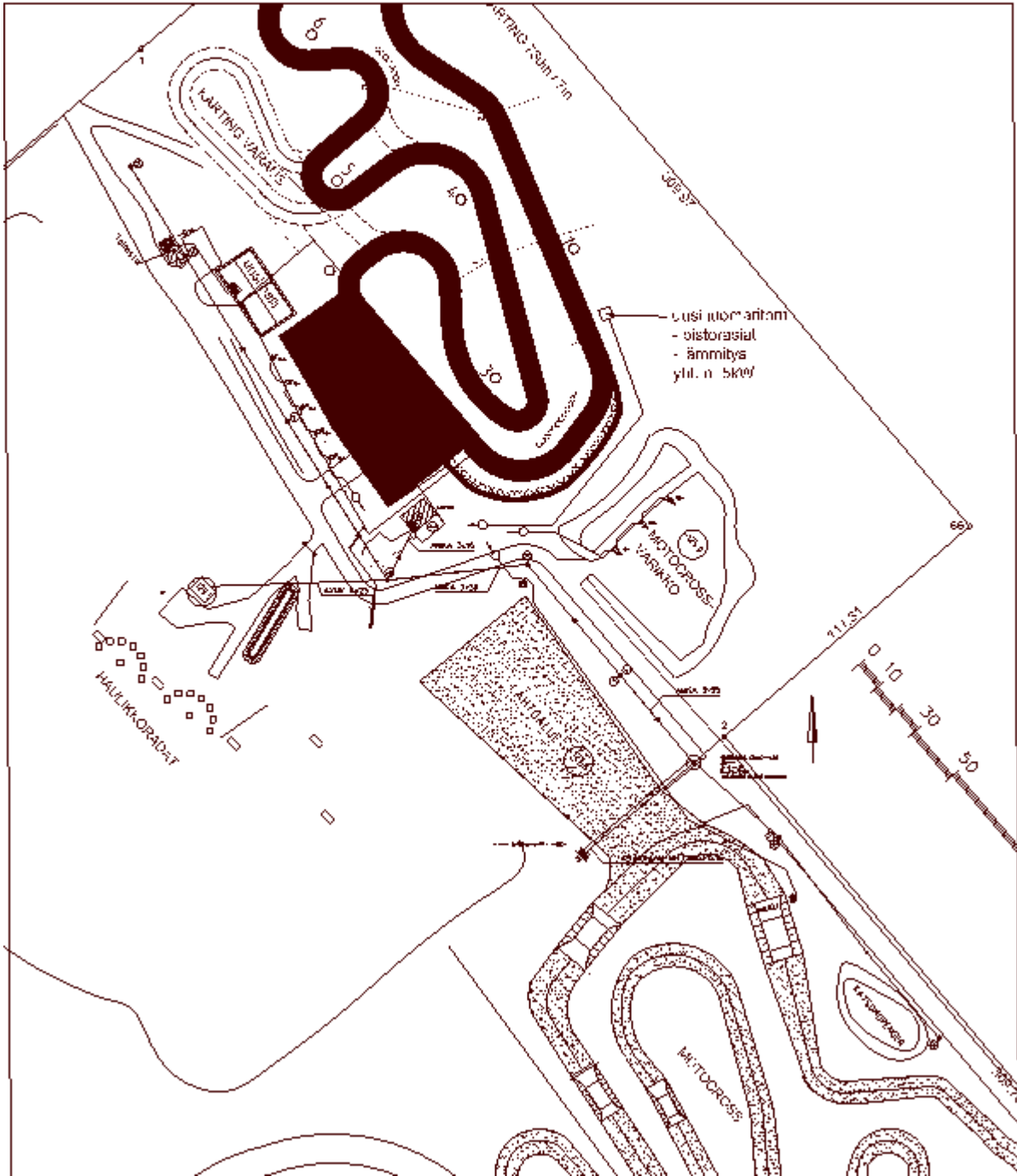
TALOON.COM 2016. [Verkkójulkaisu][Viitattu 2016-05-03] Saatavissa: <http://www.taloon.com/>

TAMMERTEKNIikka AMK-KUSTANNUS OY 2008. Tekniikan kaavasto. Matematiikan, fysiikan, kemian ja lujuusopin peruskaavoja sekä SI-järjestelmä. Tampere: Kariston Kirjapaino Oy

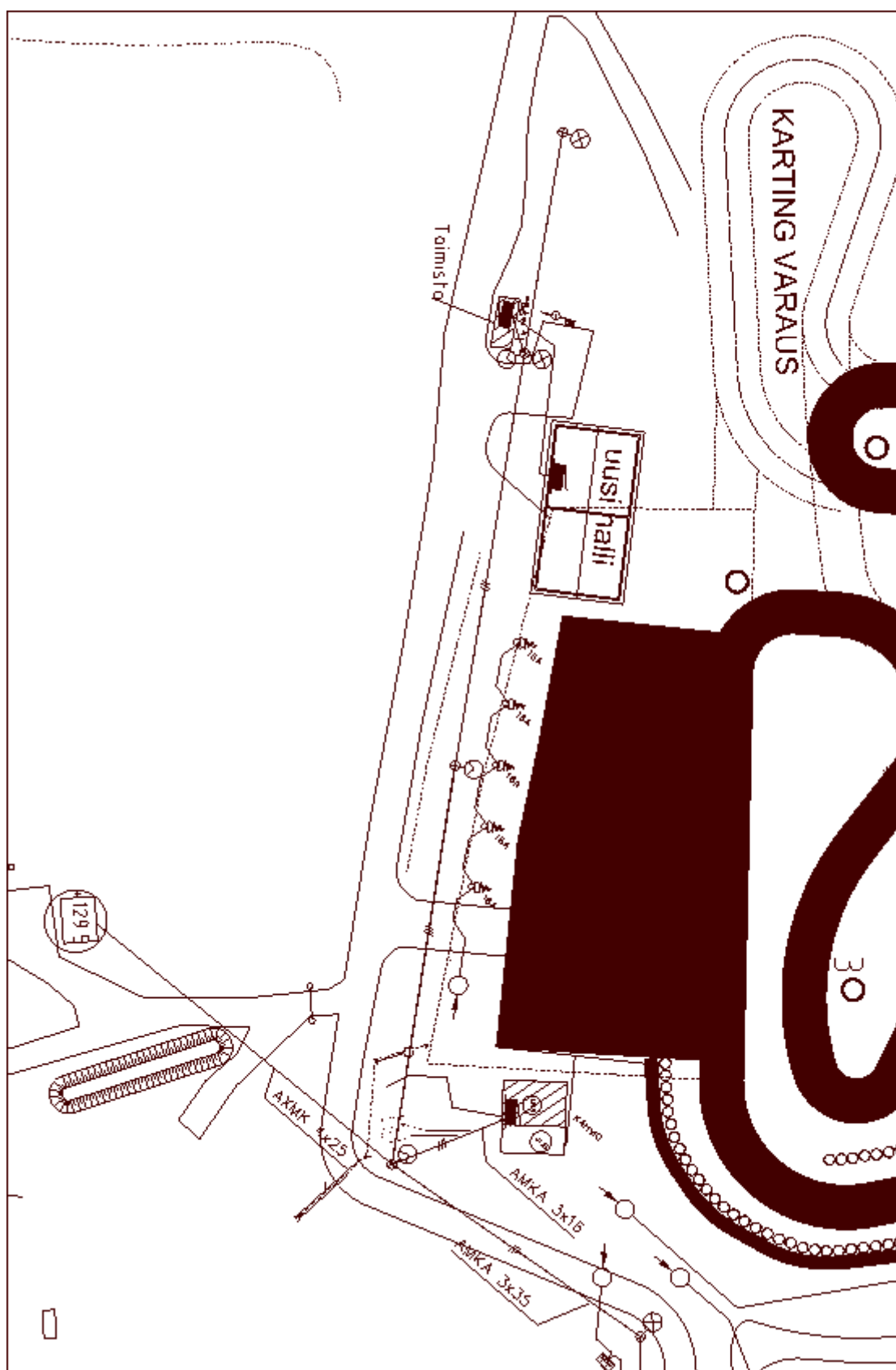
VALOEXPRESS.COM 2016 [Verkkójulkaisu][Viitattu 2016-05-03.] Saatavissa: <https://www.lamp-puexpress.com/>

WORLDWATCH INSTITUUTTI ja STARKE Linda 2009. Maailman tila. Helsinki: Gaudeamus.

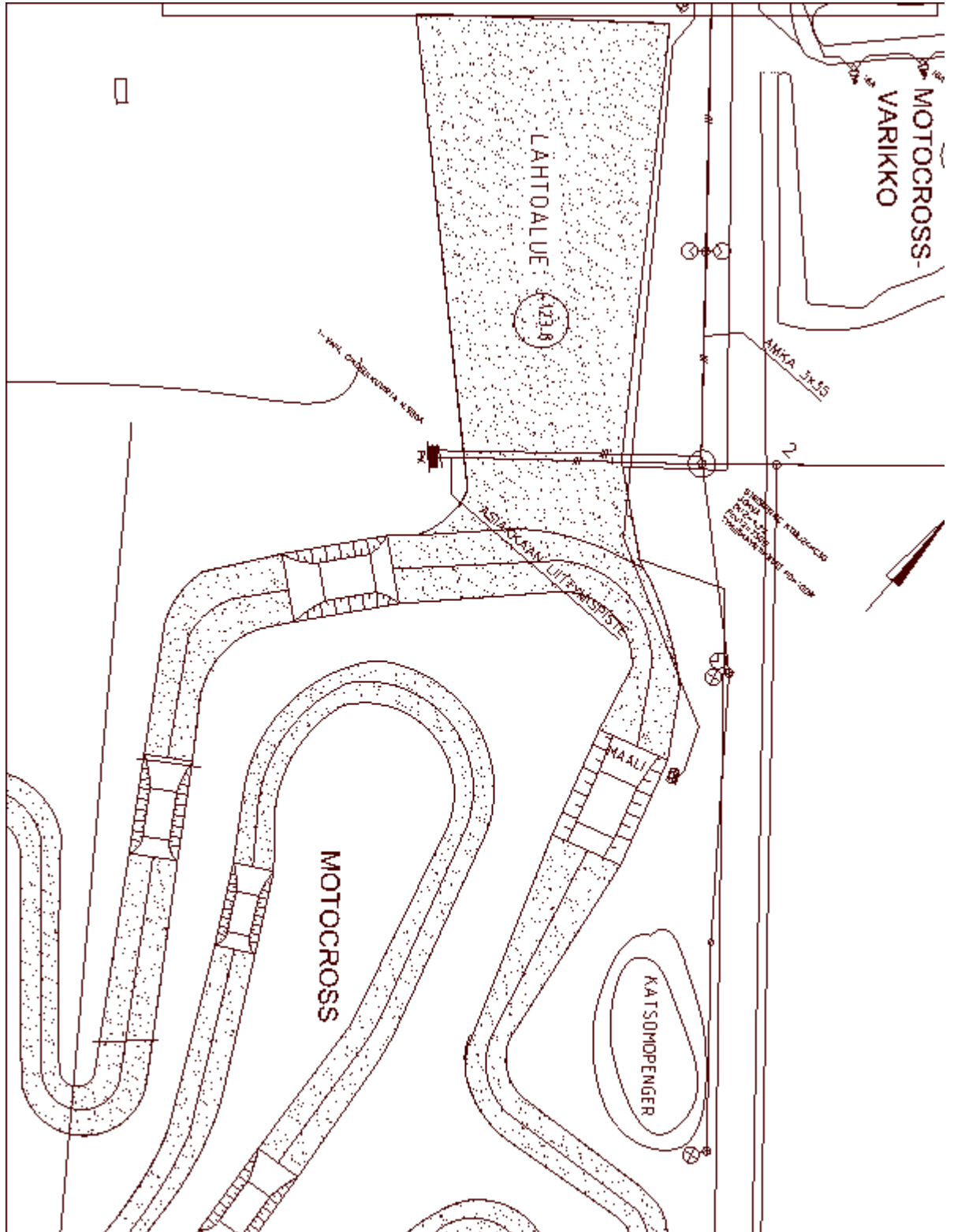
LIITE 1: ASEMAPIIRROS, KOKO ALUE (EI MITTAKAAVASSA)



## LIITE 2: ASEMAPIIRROS, KARTING-RATA (EI MITTAKAAVASSA)



LIITE 3: ASEMAPIIRROS, MOTOCROSS-RATA (EI MITTAKAAVASSA)





## LIITE 4: VALAISINLUETTELO

Numero	Valaisintyyppi	Valaisin	Valmistaja	Lamppu	Teho(W)	Kanta	IP-luokka
1	Katuvalo	Kauha 70 N	Finnparttia	1 x suurpainenatrium	70	E27	IP65
2	Katuvalo	Kauha 70 N	Finnparttia	1 x suurpainenatrium	70	E27	IP65
3	Katuvalo	Kauha 70 N	Finnparttia	1 x suurpainenatrium	70	E27	IP65
4	Katuvalo	Kauha 70 N	Finnparttia	1 x suurpainenatrium	70	E27	IP65
5	Katuvalo	Kauha 70 N	Finnparttia	1 x suurpainenatrium	70	E27	IP65
6	Valonheitin	Heitin 150	Finnram	1 x suurpainenatrium	150	RX7s	IP65
7	Valonheitin	Heitin 150	Finnram	1 x suurpainenatrium	150	RX7s	IP65
8	Valonheitin	Heitin 150	Finnram	1 x suurpainenatrium	150	RX7s	IP65
9	Katuvalo	Kauha 70 N	Finnparttia	1 x suurpainenatrium	70	E27	IP65
10	Valonheitin	Heitin 150	Finnram	1 x suurpainenatrium	150	RX7s	IP65
11	Valonheitin	Heitin 150	Finnram	1 x suurpainenatrium	150	RX7s	IP65