

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Tomi Metsäranta

Tutkintotyö

Tomi Metsäranta

Valonheittimen kehitystyö

Työn valvoja  
Työn teettäjä  
Tampere 2007

TkL Pirkko Harsia  
I-Valo Oy, Mika Leiponen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Talotekniikka

Metsäranta, Tomi

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettävä

Toukokuu 2007

Hakusanat

Valonheittimen kehitystyö

50 sivua + 4 liitesivua

Yliopettaja, TkL Pirkko Harsia

I-Valo Oy, Tuotekehityspäällikkö Mika Leiponen.

valonheitin, kehitystyö, I-Valo Oy

## **TIIVISTELMÄ**

Koko tutkintotyö sai alkunsa tarpeesta saada valonheitin mastokäyttöön. Päätaavoite oli auttaa tuotekehitysosastoa uuden valaisinmallin kehittämisessä. Varsinkin ulkokäytössä ja korkeissa paikoissa valaisimelle asetetaan paljon vaatimuksia. Juuri tästä syystä perinteiset valonheittimet eivät ole parhaimpia mahdollisia vaihtoehtoja mastokäyttöön. Olosuhteet ulkotiloissa ovat erilaiset ja vaativammat kuin sisäkäytössä.

Valonheittimen kehittämiseen liittyy monta prosessia ja vaihetta, joita noudattamalla saadaan mahdollisimman valmis tuote tuotantoon. Valonheittimen kehittäminen koostuu tarpeen eli ongelman ratkaisusta. Ongelman ratkaisuun liittyy esimerkiksi valonheittimen materiaali- ja komponenttivalinnat, viranomaisten vaatimukset, muotoilu ja markkinoiden kartoitus. Todellisuudessa tuotantoon valmis valonheitin käy läpi uskomattoman monta prosessia. Tutkintotyön tuloksena syntyi alustava suunnitelma. Tuotekehitys voi käyttää tätä työtä taustatukena mahdollisen valonheittimen kehittämisessä.

TAMPERE POLYTECHNIC  
Electrical Engineering  
Building Service Engineering  
Metsäranta, Tomi  
Engineering Thesis  
Thesis Supervisor  
Commissioning Company  
May 2007  
Keywords

Development work of floodlight luminaire  
50 pages + 4 appendix  
Licentiate of Science in technology, Pirkko Harsia  
I-Valo Ltd. R&D Manager Mika Leiponen.

floodlight luminaire, development work, I-Valo Ltd.

## ***ABSTRACT***

This whole engineering thesis arose from the need for floodlight luminaires for mast installations. The main objective was to help our R & D department develop such a new floodlight. There are lots of technical requirements concerning high mount floodlights and their outdoor use. Therefore, traditional floodlights do not provide the best solution for mast installations, because in outdoor use the operational conditions are more demanding and more variable than in indoor use.

Developing a new floodlight involves a number of processes and phases, the result of which should be a well-engineered luminaire that is ready for production. The development work is based on the statement of need or problems leading to a summary of multiple problem solutions. These solutions comprise among other things choice of luminaire material and components, compliance with official requirements, design and market survey. In fact, a new floodlight will undergo a large number of processes, before it is ready for production. The result of this engineering thesis is a preliminary plan for our R & D department, which can use it as background information when developing a new floodlight luminaire.

## **ALKUSANAT**

Uuden valaisinmallin kehittämisestä ei ollut aikaisempaa kokemusta, mutta sähkötekniikan, sähkötarvikkeiden, erilaisten sähköjärjestelmien, sähkösuunnittelun ja asennusten kanssa työvuosia oli kertynyt kymmenen vuotta. Pohjatiedot ja kokemus auttoivat tämän työn tekemisessä, muun tuen lisäksi.

Tutkintotyön aikana olen saanut apua monilta henkilöiltä ja tahoilta, joita haluan kiittää. Ensimmäiseksi haluan kiittää työnantajaani I-Valo Oy:tä mahdollisuudesta opiskella työn ohessa ja päättää opiskelu valmistumiseen insinööriksi Tampereen ammattikorkeakoulusta sähköisen talotekniikan aikuisryhmästä.

I-Valo Oy:stä haluan kiittää toimitusjohtaja Petri Haahtia, joka mahdollisti koulutuksen työn ohella, tuotekehityspäällikkö Mika Leiposta, joka toimi tutkintotyön ohjaajana, tuotekehitysinsinööri Mikko Saarista valaisinmallinnuksen kanssa Vertex ohjelman avulla, sekä Kirsti Heinistä abstract tarkastuksen kanssa. Lisäksi haluan kiittää vaimoani pitkästä kärsivällisyydestä ja tuesta, kun vietin neljän vuoden aikana keskimäärin kuusi päivää kuukaudessa koulun penkillä, sekä kaikki ne päivät ja illat joina tein etätehtäviä tai valmistauduin kokeeseen. Kaiken kaikkiaan tämä on ollut opettavainen neljä vuotta.

Tampereella 18. maaliskuuta

Tomi Metsäranta

## **SISÄLLYSLUETTELO**

|  |    |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ                                  |    |
| ABSTRACT                                     |    |
| ALKUSANAT                                    |    |
| SISÄLLYSLUETTELO .....                       | 5  |
| SYMBOLILUETTELO .....                        | 7  |
| 1 JOHDANTO.....                              | 9  |
| 2 VALON JA VALAISTUKSEN HISTORIA .....       | 10 |
| 2.1 Valon synty.....                         | 10 |
| 2.2 Yksinkertaiset valaisimet .....          | 10 |
| 2.3 Valonlähde kehittyi .....                | 11 |
| 2.4 Kaasuvalo .....                          | 12 |
| 2.5 Sähkövalo .....                          | 12 |
| 2.6 Ensimmäiset purkauslamput.....           | 14 |
| 2.7 Uusi teknologia.....                     | 14 |
| 2.8 Lampputeollisuus.....                    | 15 |
| 3 VALO .....                                 | 17 |
| 3.1 Spektritiheys .....                      | 18 |
| 3.2 Valovoima .....                          | 18 |
| 3.3 Valovirta.....                           | 19 |
| 3.4 Valaistusvoimakkuus .....                | 19 |
| 3.5 Luminanssi .....                         | 20 |
| 3.6 Heijastussuhde .....                     | 21 |
| 3.7 Kontrasti .....                          | 21 |
| 3.8 Häikäisy.....                            | 21 |
| 3.9 Värilämpötila .....                      | 22 |
| 3.10 Värintoisto .....                       | 22 |
| 3.11 Päivänvalosuhde .....                   | 23 |
| 4 VALAISIMEN SUUNNITTELU .....               | 23 |
| 4.1 SFS-EN-60598-1 ja SFS-EN 60598-2-5 ..... | 26 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Valaisimen rakenne.....               | 28 |
| 4.2 Valonhallintamenetelmät .....         | 29 |
| 4.3 Heijastin .....                       | 29 |
| 4.4 Sulkulasi.....                        | 30 |
| 4.5 Runkomateriaali.....                  | 31 |
| 4.6 Pinnoitusmateriaali .....             | 33 |
| 4.7 Valaisinosan liitäntä.....            | 34 |
| 4.8 Kuristinkotelon liitäntä.....         | 35 |
| 4.9 Valonlähde.....                       | 38 |
| 4.10 Kotelointi- ja suojausluokka.....    | 41 |
| 4.11 Asennettavuus ja huollettavuus ..... | 42 |
| 4.12 Visuaalisuus ja dimensiot.....       | 44 |
| 5 PÄÄTELMÄT.....                          | 47 |
| LÄHDELUETTELO .....                       | 49 |
| LIITTEET                                  |    |

|         |   |
|---------|---|
| Liite 1 | Valonheitinmallin piirustukset ja mitat   |
| Liite 2 | Valonheittimen standardin mukaiset testit |

## SYMBOLILUETTELO

|                    |  |
|--------------------|--|
| P                  | teho, säteilyvirta, yksikkö W                    |
| lm/W               | valotehokkuus                                    |
| nm                 | $1 \cdot 10^{-9}$ m                              |
| $\Phi_{e\lambda}$  | spektritiheys                                    |
| $\Delta\Phi_e$     | säteilyvirran muutos                             |
| $\Delta\lambda$    | aallonpituuden muutos                            |
| I                  | säteilyvoima tunnus, yksikkö W/sr                |
| cd                 | valovoiman yksikkö                               |
| $\Phi$             | valovirran tunnus                                |
| lm                 | valovirran yksikkö                               |
| E                  | valaistusvoimakkuus, yksikkö lx [E]=1 lx         |
| d $\Phi$           | valovirran muutos                                |
| dA                 | pinta-alan muutos                                |
| lx                 | valaistusvoimakkuuden yksikkö                    |
| fc                 | valaistusvoimakkuuden yksikkö $\approx 10,76$ lx |
| lm/ft <sup>2</sup> | valaistusvoimakkuuden yksikkö $\approx 10,76$ lx |
| E <sub>s</sub>     | pallovalaistusvoimakkuus                         |
| E/E <sub>s</sub>   | vektori-skalaarisuhde                            |
| E <sub>hs</sub>    | puolipallovalaistusvoimakkuus                    |
| E <sub>sc</sub>    | puolisylinterivalaistusvoimakkuus                |
| E <sub>c</sub>     | sylinterivalaistusvoimakkuus                     |
| L                  | luminanssin tunnus                               |
| cd/m <sup>2</sup>  | luminanssin yksikkö                              |
| $\pi$              | piin likiarvo 3,14...                            |
| $\rho$             | heijastussuhde                                   |
| T <sub>c</sub>     | väriämpötilan tunnus                             |
| T <sub>cp</sub>    | ekvivalenttisen väriämpötilan tunnus             |
| K                  | väriämpötilan yksikkö                            |

|        |  |
|--------|--|
| Ra     | värinointindeksin yksikkö                                    |
| $\eta$ | valonlähteen valotehokkuuden yksikkö                         |
| D      | päivänvalosuhteen tunnus                                     |
| E40    | kierrettävän lampunkannan tunnus                             |
| IP65   | sähkölaitteen kotelointiluokan tunnus                        |
| °C     | celsiuslämpötila   |
| UV     | ultraviolettisäteily   |
| L      | sähkötekniikassa vaihejohdin                                 |
| N      | sähkötekniikassa nollajohdin                                 |
| PE     | sähkötekniikassa maadoitusjohdin                             |
| pF     | $p=1\cdot 10^{-12}$ , kapasitanssin tunnus F                 |
| h      | yksi tunti eli 60 minuuttia                                  |
| mbar   | $m=1\cdot 10^{-3}$ , paineen $p$ lisäyksikkö, 1 bar=100000Pa |
| M16    | metrijärjestelmään perustuva koko 16 mm                      |
| 8.8    | lujuusluokka kiinnitystarvikkeissa                           |
| $t_a$  | tekniikan lämpötilaluokka                                    |
| FI     | laitoksen SGS-Fimkon myöntämä sähkölaiteluokitus             |

## 1 JOHDANTO

Tämän tutkintotyön tarkoitus on selvittää taustatietoa, tekniikkaa ja olosuhteita uuden valaisinmallin kehittämiseen. Uudessa työpaikassa tuli eteen tarve uudelle valaisinmallille, joka soveltuisi hyvin valaisinmastotarkoitukseen. Jo pelkästään se, että käyttökohde on ulkona, asettaa valaisimelle omat vaatimuksensa. Eikä myöskään voida unohtaa sitä, että valaisin asennetaan mastoon, joka voi olla jopa 42 metriä korkea.

Yrityksen markkinoitaviin tuotteisiin kuuluivat myös valonheittimet, jotka tosin olivat pääsääntöisesti tarkoitettu asennettavaksi rakennuksiin. Kun valonheittimen fyysiset mitat ovat liian suuret, se vaikuttaa mastoon asennettavien valaisimien määrään, eli valaisin on fyysisiltä mitoiltaan, painoltaan ja tuulikuormaltaan ylittämätön. Kun valaisimien tuulikuormat ylittävät maston kuormitettavuusrajan ei ole kuin kolme mahdollisuutta: vähentää valaisimien määrää, vaihtaa valaisinmallia tai pystyttää uusi masto, jota voidaan kuormittaa enemmän. Näistä vaihtoehdoista viimeinen on työltään ja materiaalikulustannuksiltaan kallein. Näin on syntynyt tarve uuden valaisinmallin kehittämiseksi.

Osa valaisimelle asetetuista vaatimuksista voivat nousta teknisesti mahdottomiksi, joten kaikkia hyviäkään mahdollisuuksia ei voida käyttää. Perusvaatimukset valaisimelle ovat sopiva fyysinen koko, pinta-ala, paino, kestävyys, huollettavuus, asennettavuus, valaisimen hyvä hyötysuhde ja valaistushyötysuhde. Ulos ja korkealle asennettava valaisin on ehkä yksi vaativimmista valaisimien käytön loppukohteista. Sen täytyy kestää tuulta, vettä, lämpötilavaihteluita, UV-säteilyä ja lisäksi sen huollettavuusaikaväli täytyy olla mahdollisimman pitkä. Nämä seikat vaikuttavat esimerkiksi valaisimen koteloituokkaan, valmistus- ja pinnoitusmateriaaleihin, valonlähteeseen ja sähköisiin osiin. Tutkintotyön tarkoitus on auttaa yrityksen tuotekehitysosastoa uuden valaisinmallin kehittämisessä. Lopputarkoituksena ei ole saada täysin valmista valaisinta tuotantoon, vaan alustava työ ja tutkimus valaisimen kehittämisen osalta.

## **2 VALON JA VALAISTUKSEN HISTORIA**

### **2.1 Valon synty**

Jos aurinkoa ei oteta lukuun, ensimmäiset alkeelliset valaisimet olivat palavia puita, joita ihmiset kantoivat luoliinsa metsäpaloista silloin, kun he itse eivät osanneet sytyttää tulta. Kun palaneet puut sammuivat, niistä syntyneet kekäleet antoivat vielä lämpöä ja hiukan valoa. Kun ihminen keksi, miten tuli sytytetään, se alkoi käyttää tulta ruuan valmistukseen ja kannettavana valon lähteenä eli soihtuna. Soihtuista muodostui eri versioita eri maan osissa, jossain soihtut tehtiin upottamalla oljista tehty soihtu ihraan tai rasvaan, jotta se palaisi tasaisemmin ja hajuttomammin kuin pelkkä puu. Kun savesta alettiin valmistaa astioita, niistä kehittyi samalla alustoja ja telineitä palaville puille, oljille ja alkeellisille kynttilöille. Näin valon ja lämmönlähdettä voitiin käyttää muuallakin kuin totutuissa paikoissa. Samalla voitiin lisätä valaistuksen tasoa ja ihminen alkoi viihtyä paremmin sisätiloissa. Kun ihminen löysi ja keksi raudan, siitä alettiin valmistaa aseiden ja työkalujen ohella myös telineitä ja jalkoja valonlähteille, joita silloin olivat jo kynttilät ja kehittyneemmät soihtun tyyppiset valaisimet. Ensimmäiset kynttilät tiettävästi valmistettiin Kristuksen syntymän aikoihin. Kynttilät oli silloin tehty vahasta, josta niitä tehdään vieläkin esimerkiksi luostareissa ympäri maailman. /1/

### **2.2 Yksinkertaiset valaisimet**

Pohjoismaissa ja esimerkiksi Suomessa ensimmäinen tiedetty valonlähde on ollut avotuli. Lämmityksen ohella sen merkitys valonlähteenä oli tärkeä. Tulipesät ja alkeelliset takat sijoitettiin keskeisille paikoille, jotta ne lämmittäisivät ja valaisivat mahdollisimman laajasti. Yksi tärkeä valonlähde Suomessa oli päre. Suomessa puusto oli kattava, ja sitä osattiin käyttää hyväksi. Männystä saatiin tehtyä paras päre, joka oli noin 40 senttimetriä pitkä. Päreitä pidettiin sen palaessa jopa kädessäkin. Yleensä se laitettiin palamaan seinälle seinärakoon tai muualle sille valmistettuun telineeseen, telinettä kutsuttiin pärepihdiksi. Keskiajalla ja myöhemminkin käytettiin niin sanottuja naurislamppeja.

Niitä käyttivät Suomessa tietävästi ainoastaan pappilat, koska vain pappiloilla oli varaa hankkia näitä lamppeja. Runko oli ontoksi koverrettu nauris ja palavana sydänlankana oli pellavainen punos. Tämän seuraajaksi tuli talikynttilä. Niiden tehdasmainen valmistus alkoi 1829. Myöhemmin 1846 steariinikynttilät parempana vaihtoehtona syrjäyttivät talikynttilät. /2/

### 2.3 Valonlähde kehittyi

Kynttilöiden jälkeen alkoi öljy ja öljylamput syrjäyttämään vanhanaikaisia kynttilöitä. Kuitenkin jo 500 vuotta eKr. öljyä käytettiin silloisissa öljylampuissa hyvin yleisesti, (kuvassa 1). Lampun ja polttoaineena käytetyn öljyn rakenne vain on muuttunut ajan myötä. Uusia sovelluksia tuli silloin lyhyen aikavälein. Öljyä alettiin käyttää yleisemmin valaistuksessa Euroopassa 1700-luvulla paikkeilla. /1/ Silloin sveitsiläinen A. Argand rakensi v. 1786 pyöröpolttimen, jossa lampun sydän oli muodoltaan ontto putki. Tästä noin sata vuotta myöhemmin Kapteeni Drake keksi kerosiinin. Tämä oli iso edistysaskel polttoainerintamalla, kerosiini sama kuin valopetroli. Se syrjäytti nopeasti muut polttoaineet. Suomessa merkittäviä lyhtykeksintöjä teki everstiluutnantti, sittemmin metsähallituksen ylitirehtööri Alexander af Forselles (1820...96), joka käytti keksimissään lyhdyissä kotimaiseen puuhun perustuvaa polttoainetta, tärpättiä. Hän patentoi lyhtyjään vuosina 1865, 1869, 1870 ja 1895. Tavallinen öljylamppu säilytti suuren suosionsa erityisesti kotikäytössä 1860-luvulta sähköistymiseen ja sähkövalon tulemiseen saakka. Tosin käytetäänhän öljylamppuja vieläkin jossain tarkoituksissa. /2/



**Kuva 1** Roomalainen öljylamppu /4/

## 2.4 Kaasuvalo

Ensimmäiset, joiden uskottiin käyttävän maakaasua valaistustarkoituksiin, olivat kiinalaisia. He käyttivät sitä suolakaivoksissa. Kaasua johdettiin kaivoksista sitä varten tehtyjä bambuputkia pitkin. /1/ Ensimmäisinä varmaksi tiedetyn kaasuvalon kehittäjinä pidetään saksalaista Becheriä ja englantilaista Claytonia. Epäonnistuneiden kokeiden jälkeen he onnistuivat kehittämään valmistusmenetelmän kaasun valmistukseen. /2/ 1800-luvun alkupuolella hiilestä opittiin tislamaan maakaasua ja näin maakaasuun käyttö valaistuksessa lisääntyi nopeasti. Esimerkiksi Lontoossa oli vuonna 1823 arviolta 40000 kaasuvalaisinta. /1/ Suomessa kaasuvalon kehittäjä oli John Baker, joka asennutti Suomen ensimmäisen kaasuvalon Finlaysonin tehtaaseen v. 1842. Silloin laitteita ei voitu valmistaa itse, joten ne tilattiin Englannista. /2/

## 2.5 Sähkövalo

Humphrey Davy esitti Lontoossa 1808, miten pariston napoihin kytkettyjen hiilikärkien väliin syntyi valokaari. Paristo oli merkiltään Volta. Hänen käyttämänsä paristo oli aikakautensa voimakkain, mutta vasta kehittyneen dynamon käyttäminen kaarilampun jatkuvana virtalähteenä toi riittävän tehon lampulle. Kaarilampun suurin ongelma oli hiilien kuluminen. Tämä aiheutti epävakaa palamisen ja ei toivottuja sammumisia. Kaarilamput saavuttivat vahvan aseman kaupunkien katujen valonlähteenä 1900-luvun alussa. Suomessakin kokeiltiin kaarilamppua ensimmäisen kerran jo vuosien 1877 ja 1878 vaihteessa. Sitä kokeilivat dosentti S. Lemström ja mekaanikko Martin Wetzer. Vuonna 1879 Waden hankki Hefner-Alteneckilta vaihtovirtageneraattorin, jonka avulla hän esitteli Suomen pääkaupungissa järjestetyssä tilaisuudessa sähkövalaistusta. /2/

Uuden keksinnön myötä monet silloiset tiedemiehet ja keksijät kehittivät omia versioitaan sähkölampusta. Kuitenkin silloin käytössä olleet välineet ja materiaalit olivat niin alkeellisia, että hyvä keksintö ei saanut sille kuuluvaa oikeutusta. /2/ Ongelmana sähkölamppuissa oli, että ne eivät olleet täysin ehjiä tyhjiöitä. Lampun elinikä jäi liian lyhyeksi. Kokeiltavana hehkulankana oli paksu platinasta tai hiilestä valmistettu lanka,

mutta resistanssin ollessa näissä langoissa liian pieni olisi tarvittu hyvin suuri virta, jotta langat olisi saatu hehkumaan riittävästi. Hehkulampun varsinainen kehityksen kerrotaan alkaneen vasta vuodesta 1879, (kuvassa 2). Edison keksi hiililankalampun, jossa hehkulanka oli hiilitettyä bambu- tai paperikuitua. Tähän ratkaisuun hän päätyi kokeiltuaan hehkulankana hiilitettyä ompelulankaa. Tämä lanka paloi riittävän kauan, ja Edison katsoi silloin ratkaisseensa hehkulankaan liittyvän ongelman. /1/

Edisonilla oli kilpailijoita. Sir Joseph Swan oli yksi näistä keksijöistä, joka ei halunnut saada julkisuutta keksinnölleen. Hän nähtävästi ratkaisi osan niistä kysymyksistä, jotka tämän päivän hehkulampputekniikassa ovat itsestään selviä asioita. Swanilla ja Edisonilla oli kiistaa siitä, kumpi lopullisen hehkulampun oli keksinyt. Keksijät kuitenkin sopivat asian niin, että Edisonista tuli hehkulampun virallinen keksijä. Kiistalle voidaan vain arvuutella olevan syynä Swanin halu olla tulematta julkisuuteen. Suomessa otettiin ensimmäisenä käyttöön hehkulamppuvalaistus, jota käytettiin tehdassalin valaistukseen Finlaysonin puuvilla-tehtaalla. Valaistus syttyi ensimmäisen kerran Edisonin toimittamilla tarvikkeilla Tampereella Finlaysonin puuvilla-tehtaassa 15.3.1882. Vuotta aikaisemmin 1881 Edison esitteli Pariisin maailmannäyttelyssä ensi kertaa eurooppalaisille valaistusjärjestelmäänsä, ja lamppujaan. /2/ Johtimet olivat kuparista ja eristeenä toimi puuvillapunos. Johdot kiinnitettiin kattopintoihin lankanauloista taivutetuilla koukuilla. Lampun pitimet valmistettiin puusta ja muut asennustarvikkeet valmistettiin Finlaysonin tehtaan omassa puusepänerästä. /2/



**Kuva 2** Tavallinen 60 W hehkulamppu /5/

## 2.6 Ensimmäiset purkauslamput

Ensimmäiset yksinkertaiset purkauslamput olivat 1800-luvun puolivälissä Geisslerin rakentamia lamppuja, joissa oli valonlähteenä putki, johon suljettiin kaasua. Putken sisälle muodostui pieni paine, kun siihen yhdistettiin riittävän suuri jännite, kaasu alkoi hehkua ja säteillä valoa. Cooper Hewitt rakensi ensimmäisen matalapaineisen elohopealamputin vuonna 1901. Seuraavan tyyppisen purkauslamputin keksi Moore. Keksintö oli tyhjiöputkivalaistus. Se tuli käyttöön Amerikassa vuonna 1904. Moore-valossa oli purkausaineena typpi- tai hiilihappokaasu, joka oli suljettu pitkiin lasiputkiin. Tästä tyyppistä Ramsay ja Claude kehittivät ensimmäisen neonputken vuosina 1900 - 1912 ensimmäisen neonputken. Purkauslamppuihin liittyviä tutkimuksia on tehty 1920-luvulta, johon silloin ensimmäisenä liittyi natriumhöyrypurkauslamput. Natriumhöyrypurkauslamppujen jälkeen kehitettiin korkeapaine-elohopealamput. Ensimmäiset olivat matalapaineputkia, joiden pinnassa oli loisteainetta. Ne valmistettiin vuonna 1935. Monien kehitysvaiheiden jälkeen markkinoille tulivat jo 1980-luvulla pienloistelamput, joiden liitäntälaite on elektroninen ja myöhemmin 1990-luvulla niin sanottu induktiolamppu, (kuvassa 3). /2/



**Kuva 3** Induktiolamppu 100W /5/

## 2.7 Uusi teknologia

Led-komponentit ovat jo nykykehitykseen verrattuna melko vanhoja komponentteja elektroniikassa. Led-komponentit tulivat markkinoille 1960-luvun lopulla. /2/ Niiden käyttö valaistustarkoituksiin alkoi vasta 1990-luvun loppupuolella ja jatkuu edelleen. Niitä käytetään tälläkin hetkellä pääosin varoitus- ja merkkivaloissa, mutta lähiaikoina saadaan luultavasti ensimmäiset kunnolliset led-valaisimet yleisvalaistukseen. Tällä

hetkellä tehokkain yksittäinen led on teholtaan 20 W, kuvassa 4 on 3,6 W led. 1 W - ledin valotehokkuus on 15 - 20 lm/W, kun se 400 W suurpainenaatriumlampulla on 120 - 135 lm/W. Se on hyvä ja parannusta saadaan koko ajan. Yksi ledin huonoista puolista on sen lämpötilakestoisuus korkeissa lämpötiloissa. Sen elinikä lyhenee nopeasti korkeassa lämpötilassa, mutta paranee lämpötilan pienentyessä. Lisäksi se tuottaa itse paljon lämpöä, tämä onkin yksi ongelmista rakennettaessa yhä tehokkaampaa lediä. Toinen ongelma on ledien standardisointi. Tällä toimenpiteellä saataisiin vakautettua ledien koot ja tehot. Tämä vauhdittaisi valaisinvalmistusta led-tekniikalla. Hyviä puolia on tietysti sen pieni fyysinen koko/valontuottomäärä, edullinen hinta ja erinomainen kylmien lämpötilojen kestoisuus. /2/



**Kuva 4** LED-valo 3,6 W /5/

## 2.8 Lampputeollisuus

Sähkölampputeollisuus käynnistyi rinnan sähkölamppukeksintöjen kanssa. Edison alkoi valmistaa tehdasmaisesti sarjatuotantona lamppujaan noin vuonna 1880 Amerikassa, kun taas vuonna 1889 Englannissa General Electric Company Ltd aloitti sähkölamppujen valmistuksen, joka tunnetaan nykyisin sähkölaitteiden jättiyrityksenä nimeltään GE. Se valmistaa vieläkin tai paremminkin valmistuttaa lamppuja. Itävallassa alkoi tehdas nimeltään Kremenetzky, Mayer & Co kokeilla lamppuvalmistusta vuonna 1880, mutta varsinaisen tuotteen lopullinen tuotanto voitiin aloittaa vasta vuonna 1884. Unkarissa aloitettiin sähkölamppujen valmistus vuonna 1886 A/G für Glühlampen-fabrikationin tehtaassa. Ruotsin Tukholmassa alkoi yritys nimeltään Glödlampfabriken Svea valmistaa lamppuja pieninä määrinä vuonna 1889 ja toiminimi N. V. Philips, Eindhovenissa hieman myöhemmin vuonna 1891. /2/ Philips on nykyään yksi suurimmista

lamppuvalmistajista. Nämä kaikki lamppuvalmistajat alkoivat valmistaa lamppeja melkein samaan aikaan. Tästä voidaan päätellä että hehkulamput yleistyivät nopeasti.

Eestistä kotoisin olevat saksalaiset Scheibertin veljekset aloittivat Suomessa hehkulamppujen korjaustoiminnan. Suomeen perustettiin vuonna 1921 Joulukuun 29 Suomen Sähkölampputehdas Oy, sittemmin tunnettu Oy Airam Ab. Ensin Airam aloitti toimintansa korjaamalla loppuun palaneita ulkomaista valmistetta olevia lamppeja. Lamppujen valmistustekniikka opittiin hitaasti, ja ensimmäiset suomalaiset hehkulamput toi markkinoille Suomen Sähkölampputehdas vuonna 1925. /2/ Nykyään Airam ei juurikaan valmista itse lamppeja, vaan toimii yleensä valmistuttajana ja maahantuojana erilaisille sähkölaitteille.

Nykyään hehkulamppujen käyttö vähentyy, kun energiansäästölamput alkavat korvata niitä. Energiansäästölamput ovat pienloistelamppeja, joissa useimmissa on sisäänrakennettu sytytinlaite, (kuvassa 5). Loistelamppuvalaisimien määrä kasvaa koko ajan. Mutta täysin ongelmattomia energiansäästölamputkaan eivät ole. Erityisesti ne lampumallit, joihin on sisään rakennettu sytytinlaite, aiheuttavat sähköverkkoon erilaisia häiriöitä. Tunnetuin näistä häiriöistä on yliaallot. Pahimmillaan yliaallot sähköverkossa aiheuttavat sähkön laadun heikentymisen ja sitä kautta laitevikoina erityisesti elektroniikkalaitteisiin. Suurin tulevaisuuden haaste on sähköverkon sähkön laadun säilyttäminen.



**Kuva 5** Pienloistelamppu 7 W /5/

Teollisuuskäytössä loistevalaistuksesta ollaan jossain määrin irtautumassa. Sille on kyllä hyviäkin käyttökohteita, mutta sen käyttöä teollisuusvalaistuksessa rajoittaa asennuskorkeus. Asennuskorkeus johtaa siihen, että loistevalaisimia joudutaan

asentamaan kappalemääräisesti enemmän ja näin siihen kuluu enemmän työtä ja materiaalia, mikä maksaa aina. Purkauslampulla varustettuihin valaisimien lukumäärä on huomattavasti pienempi verrattuna loistevalaisimilla varustettuun samantasoiseen tilaan, kun vertaillaan valaistusvoimakkuutta. Siksi loistevalaisimia tulee korvaamaan erilaiset monimetalli- ja suurpainenatriumlampuilla varustetut valaisimet. Näillä valolähteillä varustetuilla valaisimilla päästään kokonaisvalaistuksissa pienempiin kappalemääriin, energian kulutukseen ja huoltoväliin. Lisäksi elohopealampun tulevat ja ovat hiljalleen tekemässä tietä suurpainenatrium- ja monimetallilampuille. Yksi syy tähän on elohopealampujen lyhyt taloudellinen polttoikä ja huono energiatehokkuus. Elohopealampun hyviä puolia ovat sen valaisimen yksinkertainen rakenne, edullinen hinta ja lampujen saatavuus. Elohopealamppu ei tarvitse sytytinlaitetta, kuten suurpainenatrium- ja monimetallilampun.

### 3 VALO

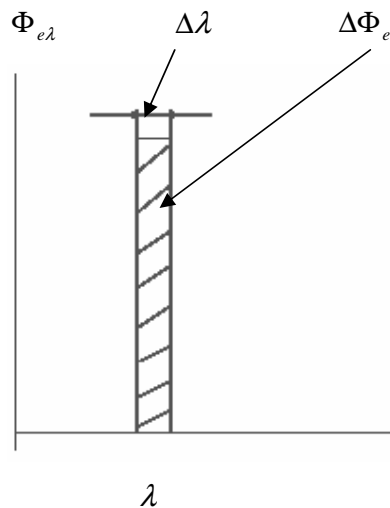
Valo (engl. light) tarkoittaa sähkömagneettista säteilyä, joka toimii näköelimen ärsykkeenä. Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituusalue voi vaihdella melkein nolosta äärettömään. Mutta valolle tämä aallonpituusväli on n. 380 - 780 nm. Lyhyiden aaltojen puolella on ultraviolettisäteily 100 - 380 nm ja pitkien aaltojen puolella lämpö- eli infrapunasäteily 780nm - 1mm. Nämä molemmat aallonpituusalueet kuuluvat optisen säteilyn alueeseen. Ihminen voi havaita valon, joka sijaitsee aallonpituusalueella 380 – 780 nm. Tähän alueeseen kuuluvat valon värit violetti, sininen, vihreä, keltainen, oranssi ja punainen. Ne aallonpituusalueet, joita ihminen ei voi havaita, ovat ultravioletti- ja infrapunasäteily. Yleisesti valaistukseen tarkoitettujen valonlähteiden tuottavat suuren määrän eri aallonpituusalueen säteilyä. Ollessa vain hyvin kapealla aallonpituuskaistalla säteilyä kutsutaan yksitaajuus- eli monokromaattiseksi säteilyksi. /2/

### 3.1 Spektritiheys

Spektritiheys (engl. spectral concentration)  $\Phi_{e\lambda}$  on yhtälön (1) mukaisesti

$$\Phi_{e\lambda} = \lim_{\Delta\lambda \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi_e}{\Delta\lambda} \quad (1)$$

jossa  $\Delta\Phi_e$  on aallonpituuskaistassa etenevä säteilyvirta ja  $\Delta\lambda$  on hyvin kapean aallonpituuden leveys, (kuvassa 6). Tämä tarkoittaa sitä että, osamäärä  $\Delta\Phi_e / \Delta\lambda$ , joka lähenee jotakin tiettyä raja-arvoa, aallonpituuskaista tulee yhä kapeammaksi ja kapeammaksi. Spektrijakautumiskäyrä tarkoittaa taas säteilysuureen spektritiheyden riippuvuutta aallonpituudesta. /2/



**Kuva 6** Spektritiheyden määrittelmä

### 3.2 Valovoima

Valovoima (engl. luminous intensity, I) on pistemäisen valonlähteen äärettömän pieneen kartioon säteilemän valovirran suhde kartion avaruuskulmaan (engl. solid angle). Tämä

suure kuvaa valon voimakkuutta tähän suuntaan. Kandela (cd) on valovoiman yksikkö, kun taas säteilyintensiteetin yksikkö on watti steraadiaania kohti (W/sr). /2/

### 3.3 Valovirta

Valovirta (engl. luminous flux,  $\Phi$ ) ilmaisee säteilyvirran lasketun kyvyn tuottaa valoistimukseen johtava ärsytys. Silmän spektriherkkyyden avulla voidaan laskea säteilyn eri aallonpituuksien suhteellista kykyä tuottaa valoistimusta. Valovirran yksikkö on lm. Tämä yksikkö esiintyy silloin, kun puhutaan valonlähteen valovirta-arvoista. /2/ Tästä hyvänä esimerkkinä on 40 W:n hehkulamppu, jonka valovirta on 400 lm eli 10 lm/W, kun esimerkiksi valovirta 400 W suurpainenatriumlampulla on 120 - 135 lm/W. Tässä oli kaksi täysin erilaista esimerkkiä kuvaamaan sitä, että valonlähteitä on hyvin erilaisia erilaisiin käyttötarkoituksiin.

### 3.4 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus (engl. illuminance) E on yhtälön (2) mukaisesti,

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (2)$$

jossa pinnalle tulevan valovirran  $d\Phi$  on suhde pinnan alaan  $dA$ .

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luks (lx). Jossain muissa maissa käytetään yksikköä footcandle (fc) tai  $\text{lm/ft}^2 \approx 10,76 \text{ lx}$ . /2/ Merkittävässä asemassa ovat myös valaisimen valontoisto-ominaisuudet. Heijastin- ja valonlähdetekniikalla pystytään vaikuttamaan paljon valaistusvoimakkuuteen. Valaistusvoimakkuutta mitataan siihen käyttöön tehdyllä mittalaiteella. Sitä kutsutaan luksimittariksi. Luksimittareita on erilaisia, esimerkiksi yleisin on kädessä pidettävä kiinteällä mitta-anturilla varustettu mittalaite ja toinen kädessä pidettävä erillisellä mitta-anturilla varustettu mittalaite. Näillä voidaan vaivattomasti mitata valaistusvoimakkuustasoja erilaisista tiloista. Kannettava mittalaite on ulkomitoiltaan noin ison taskulaskimen kokoinen, (kuvassa 7).



**Kuva 7** Valaistusvoimakkuuden mittalaite /6/

Valaistusvoimakkuuteen liittyy myös käsitteet:

- valaistusvoimakkuusvektori  $E$  (engl. illuminance vector), jolla on lukseissa ilmoitettuna suuruus ja tietty suunta. /2/
- pallovalaistusvoimakkuus  $E_s$  (engl. spherical illuminance) äärettömän pienen pallon keskimääräinen valaistusvoimakkuus tarkasteltavassa pisteessä. /2/
- vektori-skalaarisuhde  $E/E_s$  on valaistusvoimakkuusvektorin suhde skalaarivalaistusvoimakkuuteen tarkasteltavassa pisteessä. /2/
- puolipallovalaistusvoimakkuus  $E_{ns}$  äärettömän pienen puolikkaan pallon keskimääräinen valaistusvoimakkuus tarkasteltavassa pisteessä. /2/
- puolisynterivalaistusvoimakkuus  $E_{sc}$  äärettömän pienen sylinterin puolikkaan pinnan keskimääräinen valaistusvoimakkuus tarkasteltavassa pisteessä. /2/
- sylinterivalaistusvoimakkuus  $E_c$  (engl. cylindrical illuminance) äärettömän pienen sylinterin pinnan keskimääräinen valaistusvoimakkuus tarkasteltavassa pisteessä. /2/

### 3.5 Luminanssi

Luminanssi (engl. luminance  $L$ ) tarkoittaa pisteen ympärillä olevan äärettömän pienen pintaelementin säteilemän, läpäisemän tai vastaanottaman määräsuuntaisen valovirran suhdetta tätä suuntaa vastaa kohtisuorassa tasossa olevan pintaelementin projektio pinta-alaan. Luminanssin yksikkö on  $\text{cd/m}^2$ . Luminanssi kuvaa sitä valoa, jonka silmä pystyy aistimaan. Mitä suurempi pinnan luminanssi on, sitä kirkkaammalta pinta näyttää. Esimerkiksi aurinko keskitaivaalla on n.  $1\,700\,000\,000\ \text{cd/m}^2$ , kun loistelampun luminanssi on n.  $4000 - 12000\ \text{cd/m}^2$ . /2/ Toimistovalaistukseen ja muuhun tarkkuutta ja erotettavuutta vaativiin töihin on mahdollista asentaa matala-luminanssivalaisimia.

Näissä valaisimissa on pyritty saamaan valaisimen heijastin- ja valontuottoa sellaiseksi, että se ei häikäisisi. Luminanssi on ainut nähtävissä oleva valaistustekniikan suure. /2/

### 3.6 Heijastussuhde

Heijastussuhde (engl. reflectance,  $\rho$ ) tarkoittaa sitä, kuinka suuri osa pinnalle tulevasta valosta heijastuu takaisin. Heijastussuhde ei ole yleensä vakio, vaan siihen vaikuttaa spektrikoostumus ja tulevan valon suunta. /2/ Käytännössä voidaan sanoa, että mitä vaaleampi pinta on, sitä enemmän se heijastaa takaisin sen pinnalle tulevasta valosta.

### 3.7 Kontrasti

Kontrasti (engl. contrast) on näkökohteen esim. jonkin pinnan ja taustan luminanssin erotuksen itseisarvon suhde taustan luminanssiin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, mikä vaikutelma saadaan tarkkailemalla värieroja ja valoisuutta. /2/

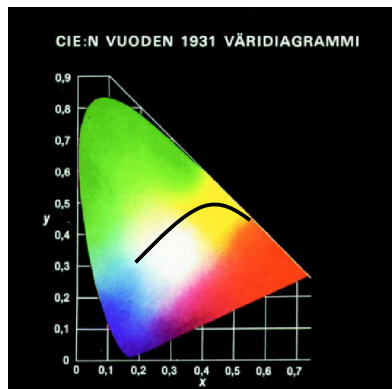
### 3.8 Häikäisy

Häikäisy (engl. glare) on sellainen näköolosuhde, missä ilmenee joko näkemisen heikentymistä, epämukavuutta näkemisessä tai näitä molempia. Häikäisy on valaistuksen pahimpia ongelmia. Tässä matala-luminanssiheijastimella varustetut valaisimet ovat hyvä ratkaisu, jos tilaympäristö vaan sen sallii. Tähän liittyen puhutaan kiusahäikäisystä, jota pyritään määrittellä UGR-menetelmällä. Toinen käytettävissä oleva menetelmä häikäisyn määrittämiseen on NB-menetelmä, joka perustuu Hopkinsonin kehittämään kaavaan IES-häikäisyindeksi. /2/ Yleisesti ottaen UGR-menetelmä on ainakin useimpien valaistuslaskentaohjelmien käytössä.

### 3.9 Värilämpötila

Värilämpötila (engl. colour temperature,  $T_c$ ) täydellisen säteilijän lämpötila, jossa valonlähteen valo ja sen värinsävy ja täydellisen säteilijän värisävy ovat samoja. Värilämpötilan yksikkö on kelvin K. CIE vuoden 1931 hyväksymä väridiagrammi näkyy (kuvassa 8). Ekvivalenttinen värilämpötila  $T_{cp}$  määritellään niille valonlähteille joiden väripisteet ovat Planckin käyrällä tai sen läheisyydessä. Loiste- ja purkauslamput eivät ole täydellisiä säteilijöitä, mutta löytyvät silti Planckin käyrältä. Tässä muutama esimerkki värilämpötiloista: /2/

- Vakiohehkulampun värilämpötila n. 2800 K
- Loistelamppu, lämmin sävy n. 2600 – 3600 K
- Suora auringonvalo keskipäivällä n. 5000 K
- Kirkkaansininen taivas keskipäivällä yli 10000 K



**Kuva 8** CIE Vuoden 1931 Väridiagrammi /7/

### 3.10 Värintoisto

Värintoisto-ominaisuus (engl. colour rendering) tarkoittaa sitä, miten kyseessä olevan valonlähteen valo vaikuttaa esineiden tai pintojen väriin vertailtuna esimerkiksi päivänvaloon (ns. luonnollinen tila=referenssi). Tähän liittyy värintoistoindeksi (engl,

general colour rendering index,  $R_a$ ) tarkoittaa sitä, miten valonlähteen ja vertailuvalon värintoisto-ominaisuudet poikkeavat toisistaan. Hehkulamppu ja päivänvalo saavat arvon  $R_a = 100$ . Mitä suurempi arvo on, sitä parempi on valonlähteen värintoisto.

Värintoistoindeksit voidaan luokitella seuraavasti: /2/

- tyydyttävä, jos  $R_a$  on alle 70
- hyvä, jos  $R_a$  on 70 - 85
- erittäin hyvä, jos  $R_a$  on vähintään 85.

### 3.11 Päivänvalosuhte

Päivänvalosuhte (engl. daylight factor, D) tarkoittaa päivänvalon sisällä olevan tarkasteltavan kohdan tuottaman valaistusvoimakkuuden suhde ulkona olevan vapaan taivaan alla olevan valaistusvoimakkuuteen. Päivänvalosuhte ilmoitetaan yleensä prosentteina. Esimerkiksi päivänvalosuhte voi olla huoneessa ikkunan lähialueella 4 - 8 %, kun taas kattoikkunoilla varustetussa huoneessa se voi olla 10 - 20 %, mikä on päivänvalon valaistusvoimakkuuden määrä sisätiloissa verrattuna ulkotiloissa. /2/

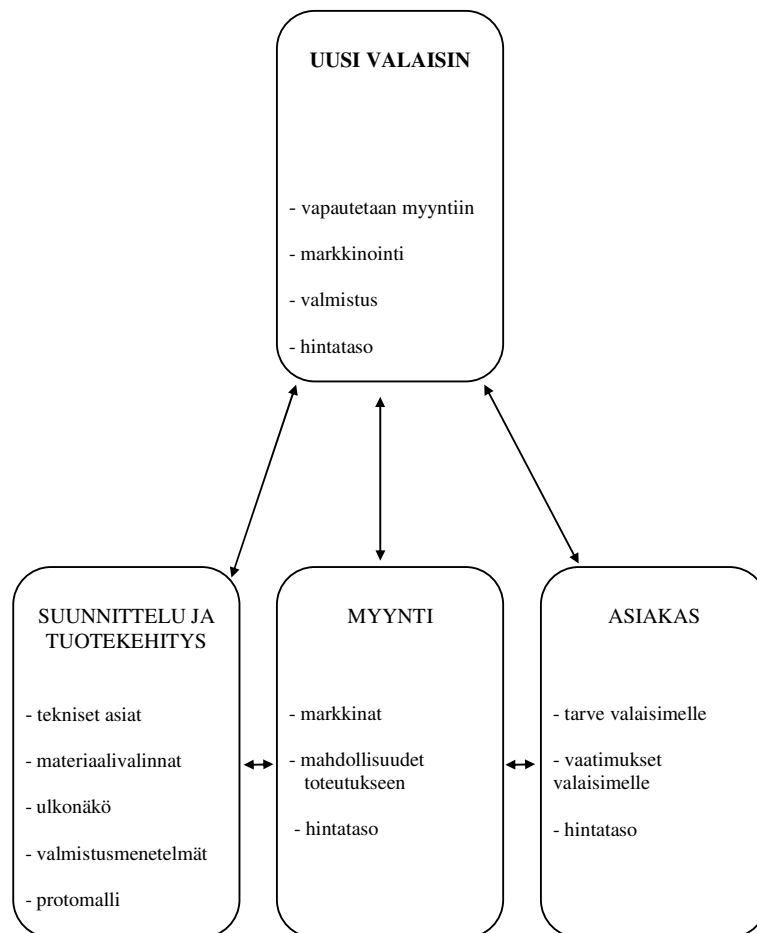
## 4 VALAISIMEN SUUNNITTELU

Valaisimen suunnittelusta ja kehitystyöstä on hyvin niukasti kirjallisuutta. Sen vuoksi tämä työ perustuu lähinnä omiin ja olemassa oleviin ratkaisuihin. Tarve uuden valaisimen kehittämiseksi syntyy monista seikoista:

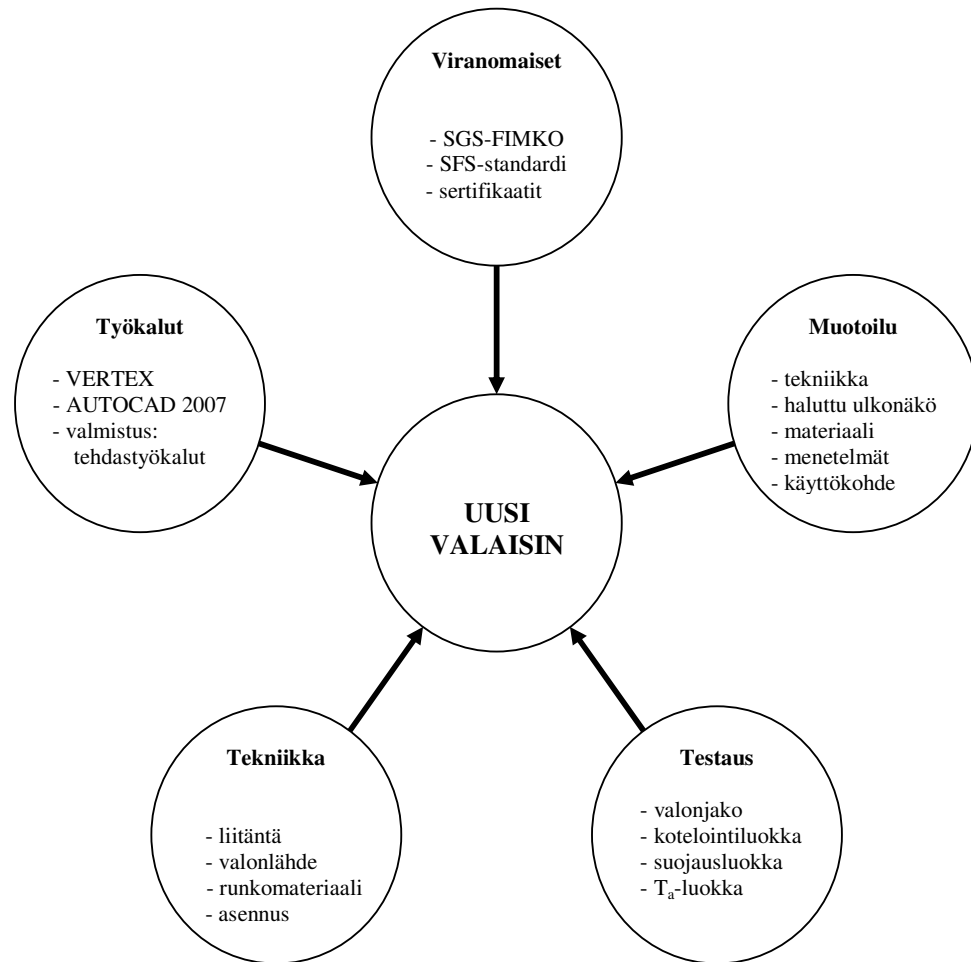
- Mistä kaikki lähtee?
- Miksi tarvitaan uusi valaisinmalli?
- Ketkä sitä tarvitsevat?
- Missä käyttötarkoituksissa uutta valaisinta voidaan käyttää?
- Minkälainen rakenne uuteen valaisimeen tarvitsisi tehdä?
- Mitä tekniikkaa siinä käytetään?

- Mitä hyviä ja huonoja puolia valaisimella tulee olemaan?
- Onko sille markkinoita?
- Miten sitä markkinoidaan?
- Mihin sen hinta muodostuu?

Uuden valaisimen kehittäminen ei ole vain teknisten yksityiskohtien ratkaisuja. Valaisimen kehityskaari tarpeesta myyntituotteeksi on monien seikkojen summa. Periaatteessa koko valaisimen suunnittelu täytyisi alkaa optiikan suunnittelusta. Heijastimen ja valonlähteen koko ja sijainti ovat pääasemassa valaisimen ulkonäön suhteen. Valaisimen kehityskaari ja siihen vaikuttavat tekijät kokonaisvaltaisesti ovat (kuvassa 9). (Kuvassa 10) on kuvattuna itse tuotteen kehitysvaiheet ja siihen liittyvät osat.



**Kuva 9** Uuden valaisimen kehitysprosessi kokonaisvaltaisesti



**Kuva 10** Uuden valaisimen kehitysvaiheet

Olosuhteet asettavat valaisimelle korkeat vaatimukset. Lämpötilavaihtelut rajoittavat käytettävän runkomateriaalin valintaa. Lisäksi rungon ja muiden osien täytyy kestää valaisimen sisäinen lämpötila. Aurinko ja koko ajan lisääntyvä UV-säteily aiheuttaa valaisimen ulkopuolella olevalle pinnalle rasisitteen. Tämä täytyy huomioida mahdollista pinnoitetta valittaessa. Valaisinta täytyy pystyä huoltamaan helposti, mutta ratkaisut eivät saa liikaa vaikuttaa ulkonäköön. Varsinkin valonheittimissä ulkonäkö ja koko vaikuttaa oleellisesti tuulipinta-alaan.. Se täytyy rajoittua alle 0,3 neliömetrin, koska tämä

oli yksi uuden valaisimen kehittämiseen johtavista tärkeimmistä syistä. Tässä tapauksessa voitaisiin ajatella, että liitäntälaitteet ja siihen liittyvät komponentit sijoitetaan muualle kuin valaisinosan yhteyteen. Näin valaisinosan paino ja tuulipinta-ala on pienempi. Itse valaisinosasta piirretään kuva Vertex-ohjelmalla, josta selviää ulkonäkö ja suurin osa teknisistä ratkaisuista.

#### 4.1 SFS-EN-60598-1 ja SFS-EN 60598-2-5

Standardit vaikuttavat luonnollisesti valaisimen ja tässä tapauksessa valonheittimen kehittämiseen. Valaisimien yleisstandardi SFS-EN-60598-1 ja valonheittimien standardi SFS-EN 60598-2-5 yhdessä muodostavat vaatimukset valonheittimen kehittämiseksi. Valaisimien standardi määrittelee pääasiassa sähköiset vaatimukset ja valonheittimien standardi mekaaniset vaatimukset, jotka valonheitinkäytössä ovat todella rajuja.

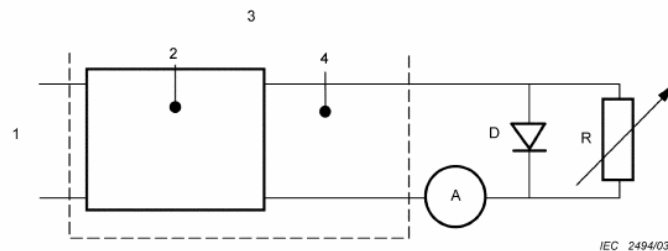
”Valaisimen täytyy olla siten suunniteltu ja rakennettu, että se normaalissa käytössä toimii turvallisesti eikä aiheuta vaaraa ihmisille tai ympäristölle. Yleensä vaatimuksenmukaisuus todetaan suorittamalla kaikki esitetyt testaukset. Ellei jossakin osan 1 tai 2 luvussa ole toisin määrätty, valaisimet testataan ympäristön lämpötilassa, joka on 10 °C ja 30 °C välillä. Valaisimet testataan toimituskunnossa ja asennettuna kuten normaalissa käytössä, ottaen huomioon valmistajan asennusohjeet. Lamput eivät ole mukana testissä, elleivät ne ole välttämättömiä testin kannalta. Testaukset tehdään yleensä yhdellä testikappaleella tai jos kyseessä on samanlaisten valaisimien sarja, joko yhdellä testikappaleella jokaisesta sarjaan kuuluvasta mitoitusvahvasta tai valmistajan kanssa sovitulla sarjaa edustavilla valaisimilla. Tähän valikoimaan pitää kuulua sellainen valaisin mahdollisine lisälaitteineen, joka edustaa testauksen kannalta epäedullisinta yhdistelmää. Jokaisen testikappaleen on kestävä kaikki asiaankuuluvat testaukset”. /8/

”Valaisimeen kiinteästi kuuluvien komponenttien on täytettävä IEC standardien vaatimukset. Lisäksi vaatimuksenmukaisuus osoitetaan tarkastamalla ja vastaavilla testeillä. Vaatimuksenmukaisuus todetaan seuraavilla testeillä:

- 1) Mekaaninen testi 15.8: liittimien ja liitosten on oltava mekaanisesti riittävän lujia
- 2) Sähköinen testi 15.9: liittimillä ja liitoksilla on oltava riittävät sähköiset ominaisuudet /8/

Esimerkiksi sähköinen testi pitää sisältää seuraavaa: kosketusresistanssitesti, mitattu jännitteen alenema ei saa ylittää 15 mV. Lämpenemistestauksessa jäähtyttyään ympäristön lämpötilaan jokainen johdin korvataan uudella eristämättömällä yksilankaisella kuparijohtimella, jolla on suurin kohdassa 15.7 määrätty poikkipinta ja jokainen esivalmisteltu johdin vastaavanlaisella uudella esivalmistetulla johtimella. Nämä liitetään ja irrotetaan liittimestä tai liitokseen kuuluvasta osasta viisi kertaa". /8/

Valaisimelle tehtäviä testejä on lukuisia ja edellä on esitettyinä niistä muutamia. Yksi tärkeä valaisimelle tehtävä testi on tasasuuntausilmiötesti. Testillä pyritään saamaan valaisimen turvallisuuspuutteita esille. Jos purkauslamppu alkaa tasasuuntaamaan liitäntälaite vikatilanteessa sulkee tasasuuntaavan lampun pois piiristä. (Kuvassa 11) on esitetty kytkentäperiaate tasasuuntaustestistä. /8/



- 1 = Syöttö
- 2 = Virranrajoitin, muuntaja, sytytyslaite
- 3 = Valaisin
- 4 = Lampun liitäntä
- D = 100 A, 600 V
- R = 0...200  $\Omega$  (vastuksen tehokestoisuus vähintään  $\frac{1}{2}$  lampun tehosta)

Kuva C.3 Joidenkin monimetalli- ja suurpainenatriumlamppuvalaisimien testipiiri

**Kuva 11** Tasasuuntaustestin kytkentäperiaate /8/

” Ulkokäyttöön tarkoitettujen valonheitinten kotelointiluokan on oltava vähintään IP X3. Ulkona maanpinnan yläpuolella käytettävien valonheittimien kiinnityksen on kestävä taipumatta liikaa valonheittimen ja sen kiinnityslaitteiden suurinta tuulipintaa vastaan 150km/h nopeudella puhaltavan tuulen aiheuttama rasitus. Valonheittimien ja niiden sisäpuolella olevien osien kiinnitykset on varmistettava irtoamista vastaan käytön ja huollon aikana esiintyvän värinän vuoksi. Ulkokäyttöön tarkoitettujen valonheitinten on kestävä normaalissa käytössä esiintyvä värinä”. /8/ Tarkemmat ohjeet ja menetelmät löytyvät standardista. Lisäksi täytyy ottaa huomioon standardi SFS 6000 ja noudattaa niissä annettuja määräyksiä.

#### 4.1 Valaisimen rakenne

Käydään lävitse ne asiat, mitä tältä kyseiseltä valonheittimeltä vaaditaan. Vaaditut rakenteet ja ominaisuudet ovat:

- sään, mekaanisen rasituksen, korroosion ja yleisempien kemikaalien kestävä runkomateriaali- ja rakenne
- UV-säteilyn, lämpötilavaihteluiden, yleisempien kemikaalien ja mekaanisen rasituksen kestävä pinnoitusmateriaali
- liitäntä- ja elektroniset laitteet: perinteisellä konventionaalisella kuristimella varustettu kuristinkotelo, joka sisältää kytkentäliittimet, kuristimen(t), kompensointikondensaattorit, sytytinlaitteen, sisäiset johdotukset lämmönkestävällä johtimella, lampun pitimen E40, vikavirtasuojakytkin valaisinosan ja kuristinkotelon välisen kaapelin suojaukseen yksi- ja kolmevaiheiset suojat, kaapelointi erillisestä kuristinkotelosta itse valaisinosalle
- valonlähde, suurpainenatrium- ja monimetallilamput, tehot 250 – 1000 W, kanta E40
- kotelointiluokka IP65 (teollisuuden yleisvaatimus)
- suojausluokka 1, maadoitettu
- kaapeliläpiviennit muovisilla läpivientiholkeilla, tarkasta UV-kestävyys
- kuristinkotelon riittävä ja oikea koko, hyvä asennettavuus esim. asennuskiskoon

- valaisinosan paino ja ulkoiset mitat eivät saa nousta liian korkeaksi esimerkiksi paino vain muutama kilogramma
- valaisinosan huoltotekniset asiat helpoiksi, esim. lampun vaihtaminen onnistuu yksin ilman apuvälineitä
- huoltovälit kuristinkotelolle ja valaisinosalle mahdollisimman pitkäksi
- valonheittimen suunnattavuus, hyötysuhteen ja valontuottokyvyn määrittäminen
- visuaalisuus esimerkiksi ulkonäkö, väri ja koko
- tuulipinta-alan määrittäminen valaisinosalle
- hinta- ja laatusuhde ei saa nousta liian korkeaksi
- tuotannolliset asiat, miten valmistetaan
- kiinnitys, mahdollisimman yksinkertainen ja kestävä rakenne, monipuoliset säätömahdollisuudet, sopivuus eri asennusoloihin ja asennushelpous, sankakiinnitys
- Vertex-kuvan piirtäminen uudesta valaisinmallista ja kuristinkotelosta.

## 4.2 Valonhallintamenetelmät

Valonhallintamenetelmiä on kolme eri tyyppiä. Tasajakoinen hajotus/hajaheijastuminen, suuntaheijastuminen ja sekaheijastuminen. Heijastumisia on siis erilaisia. Heijastumista voidaan hallita mainittujen periaatteiden mukaisesti tarpeen mukaan. Eri valaistustarkoituksiin on eri heijastusmenetelmät. Tässä tapauksessa, kun suunnitellaan valonheitintä, on sopivinta käyttää suunta- ja tasajakoinen heijastumisen periaatteita. Valo pitää saada hallitusti suunnattua laajalle, mutta rajatulle alueelle. /3/

## 4.3 Heijastin

Heijastimen ulkomuoto määräytyy tässä tapauksessa valaisimelle asetetun ulkomuodon mukaan. Tämä ei tarkoita sitä, että heijastin suunnitellaan vain valaisinta varten. Valaisimen ulkomuoto tulee olemaan melkein pyörähdyssymmetrinen ja näin ollen heijastimesta tulee täysin pyörähdyssymmetrinen. Tämä tarkoittaa sitä, että

valonlähde eli lamppu asetetaan heijastimen pohjalle. Lampun sijaintia syvyys suunnassa säätämällä saadaan muutettua valonjaon leveyttä.

Purkauslampun purkausputken sijainti tulee olla sivusuunnassa mahdollisimman keskellä heijastinrakennetta, jotta valonjaosta tulee lähes symmetrinen. Purkausputken koko on noin 3 - 5 cm. Koko purkauslampun ulkomuoto on putkenmallinen ja vaatii oman tilansa valaisimessa myös lamppuvaihtoa ajatellen. Heijastimen pinnoitekäsittely on tärkeässä merkityksessä sitä valittaessa. Heijastimen pinnoitukseen on olemassa eri vaihtoehtoja:

- kemiallinen kiilloitus ilman eloksointia
- kemiallinen kiilloitus eloksoinnilla.

Heijastumisprosentit riippuvat käytetystä pinnoitusvaihtoehdosta ja pinnoitusmateriaalin paksuudesta. Kemiallisella kiilloituksella päästään 95 %, kun se ilman kemiallista käsittelyä on noin 89 %. On olemassa myös mattapintaisia heijastimia. Niitä käytetään luminanssin rajoittamiseksi esimerkiksi toimistovalaisimissa ehkäisemään häikäisyä. /3/

#### 4.4 Sulkulasi

Optiikkaan vaikuttaa myös sulkulasi toisin sanoen valaisimen suojalasi. Lasin ominaisuuksien ovat ylivoimaisia, jos sen alttiutta rikkoutumiselle ei oteta huomioon.

Karkaistu 6 millimetriä paksu lasi on kuitenkin riittävän kestävä tähän käyttöön.

Karkaistu lasi hajoaa pistemäisestä iskusta pieniksi noin 3 - 5 mm:n kokoisiksi palasiksi.

/3/ Lasin ominaisuudet ovat seuraavat:

- se ei haalistu
- se ei muuta muotoaan
- valon läpäisysuhde on hyvä
- taitekerroin on pieni
- se kestää korkeita ja matalia lämpötiloja
- saatavuus ja hinta ovat kohtuullisia.

## 4.5 Runkomateriaali

Runkomateriaaliksi valittavan materiaalin pitää täyttää seuraavat seikat:

- sääolosuhteiden kestoisuus
- lämpötilavaihteluiden kestoisuus mukaan lukien UV-säteily
- mekaaninen rasitus
- fyysinen koko ja paino sopuisuhtaiset
- rakenne
- ulkopuolisten kemikaalien kestoisuus myös tehdasympäristössä vielä pinnoitteen rikkoutuessa
- em. seikkojen yhteenvedona alkuperäisen fyysisen muotonsa säilyttävä materiaali
- lämmönjohtavuus.

Materiaalivaihtoehtoja vertailtiin alla olevan taulukon mukaisesti. Jokaisesta materiaalista selvitettiin hyvät ja huonot puolet, jotta materiaalivalinta onnistuisi. Vertailu tehtiin kolmen yleisimmän materiaalin kesken, joista oli mahdollista valmistaa runko-osa. Materiaaleja olivat muovi, teräs ja alumiini, (taulukko 1).

**Taulukko 1** Materiaalivaihtoehtojen vertailu

| Materiaali   | Hyvää  | Huonoa  |
|--------------|--|---|
| <i>Teräs</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>• kestävä</li><li>• saatavuus ja hinta</li><li>• lämpötilakestoisuus</li><li>• säilyttää muotonsa</li><li>• kestää UV-säteilyn</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• työstettävyys</li><li>• korroosio</li><li>• paino</li><li>• pinnoitettava</li></ul> |

|                 |   |   |
|-----------------|---|---|
| <i>Muovi</i>    | <ul style="list-style-type: none"><li>• iskunkestävä</li><li>• kevyt</li><li>• helppo työstää</li><li>• saatavuus riippuen muovilaadusta</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• yleiset muovilaadut eivät kestä matalia lämpötiloja</li><li>• kovettuu helposti ja halkeaa</li><li>• arka UV-säteilylle</li><li>• hyvä muovilaatu ja sen valmistaminen on kallista</li><li>• ei säilytä muotoansa eri olosuhteissa</li><li>• ei kestä valonlähteen aiheuttamaa lämpötilaa</li></ul> |
| <i>Alumiini</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>• kestävä</li><li>• saatavuus tällä hetkellä hyvä</li><li>• lämpötilakestoisuus</li><li>• säilyttää muotonsa</li><li>• ei korroosiota</li><li>• käyttäen pinnoitetta hapettuminen vähäistä</li><li>• paino</li><li>• työstettävyys</li><li>• kestää UV-säteilyn</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• pinnoitettava hapettumista vastaan</li><li>• vaihteleva hinta ja saatavuus</li></ul>  |

Näiden kriteerien vallitessa voidaan päätellä, että sopivin runkomateriaaliratkaisu on alumiini. Pinnoittamaton alumiini hapettuu ja syöpyy korroosion tavoin. Vaikka hapettuminen olisikin hidasta, tässä tapauksessa se täytyy estää pinnoittamalla alumiini maalilla. Yksi tärkeä seikka pinnoitteen käyttämisessä on, että se vaikuttaa lämmön siirtymiseen valaisimen sisältä pois päin. Lämmönjohtavuuteen liittyy myös pinnoitemateriaalin väri.

Tässä tapauksessa väriksi valittiin harmaa. Se on hyvän lämmönjohtavuuden lisäksi mastoasennukseen hyvä väri. Alumiini on kevyt ja kestävä yleisimpiä kemikaaleja

vastaan vielä pinnoitteen rikkoutuessakin. Rakenne tulee koostumaan valaisinosassa pääosin parabolisen muotoisesta runko-osasta. Heijastin on erillinen osa, joka on kiinnitetty pohjastaan runko-osaan. Rungon taka-osaan on integroitu liitäntäkotelon, rungon sivuilla on kiinnityskohdat sangalle. Kiinnityskohdat ovat varustettu kulmaasteikolla, jotka helpottavat asennuksessa valaisimen suuntausta. Runko-osa sisältää yksinkertaisuudessaan valonlähteen, heijastimen, kytkentäkotelon integroituna runko-osaan. Valaisimen runko on siis kaksiosainen. Se koostuu runko-osasta ja kupuosasta. Kupuosassa sijaitseva sulkulasi ja reunakehys kiinnitetään runko-osaan linkkuperiaatetta käyttäen. Linkut kiinnitetään runko-osan kylkeen lähelle kupuosan reunaa. Samassa kiinnityksessä on turvavaijerin toinen kiinnityskohta. Kupuosan reunaan hitsataan kiinnitysvastakappaleet, johon linkku ottaa kiinni. Samassa vastakappaleessa on turvavaijerin kiinnitys. Kupuoosa sisältää sulkulasin, joka on karkaistua lasia vahvuudeltaan 6 millimetriä. Alumiini on materiaalina helppo käsitellä ja sen saatavuus on tällä hetkellä hyvä. Alumiinin hinta- ja laatusuhde on erittäin hyvä.

#### 4.6 Pinnoitusmateriaali

Pinnoitusmateriaaliksi valittavan materiaalin pitää täyttää seuraavat seikat:

- sääolosuhteiden kestoisuus
- lämpötilavaihteluiden kestoisuus mukaan lukien UV-säteily
- mekaaninen rasitus
- yleisesti pinnoitteen pitkä elinikä
- väri vaihtoehdot
- ulkopuolisten yleisimpien tehdaskemikaalien kestoisuus.

Valonheittimen vaihtoehtoiset pinnoitemateriaalit ovat seuraavat. Ensimmäinen vaihtoehto on epoksimaali ja toinen vaihtoehto on polyesteri. Molemmat maalit ovat hyviä vaihtoehtoja, mutta niillä on myös huonoja puolia. Epoksimaalilla on hyvä iskun, lämpötilan ja kemikaalien kestoisuus, mutta se haalistuu UV-säteilylle altistettuna.

Polyesterimaali on hyvä lämpötilan, kemikaalien ja UV-säteilyn kestoisuus, mutta se ei ole kovin kestävä mekaanista rasitusta vastaan. Runkomateriaalin pinnoitteeksi valittiin polyesteri, koska se täyttää pinnoitusmateriaalille esitetyt tärkeimmät kriteerit. Lisäksi polyesterimaalin saatavuus on hyvä ja hintataso kohtuullinen.

Lämpötilaluokan  $t_a$  lopullinen määrittäminen tapahtuu valtuutetun laitoksen tässä tapauksessa SGS FIMKON toimesta. Voidaan kuitenkin arvioida, että tämän tyyppisillä materiaaleilla koottu valaisin tulee luokitumaan 40 - 50 °C luokkaan. Kun tiedetään, että tämän valaisimen lopullinen käyttöympäristö on melkein aina ulkotiloissa, tämä luokitus on silloin aivan riittävä. Matalammat lämpötilat, kuten talvella -25 °C pakkasen ei tuota valaisimelle mitään ongelmia. Päinvastoin vain korkeat lämpötilat voivat vahingoittaa kuristinkotelon sisällä olevia komponentteja, lähinnä sytytinlaitetta ja kompensointikondensaattoria.

#### 4.7 Valaisinosan liitäntä

Kytkenäkotelo on integroitu heijastinosan taakse. Kytkenäkotelo on varustettu riittävän isolla läpivientiholkilla, jotta kytkentäkaapeleiden vaihtelevat ulkomitat eivät tuottaisi mitään ongelmia. Läpivientiholkin reiän halkaisija olisi alueella 10 – 20 mm, jotta sen läpi voidaan johdottaa asennuskaapeli MMJ 3x2,5S, jota yleisesti käytetään valonheittinasennuksissa. Läpivientiholkkina voidaan käyttää siis PG13,5 läpivientiholkkia, (kuvassa 12).



**Kuva 12** Läpivientiholkki PG 13,5 /9/

Läpivientiholkki on kiinnitetty koteloon vastamutterin avulla. Tarvittaessa kytkentäkotelo voidaan varustaa useammalla läpivientiholkilla. Kytkentäkotelo on alumiiniprofiilia, joka läpäisee ulkokuoren, josta esimerkiksi lampulle menevät johtimet menevät. Kotelo on tiivistetty kotelointiluokan mukaisesti tiivistemassalla saumoistaan. Kotelointiluokka IP65 on yhtä kuin IP tarkoittaa kotelointiluokkia, numero 6 tarkoittaa suojaus vierailta esineiltä ja pölyltä ja numero 5 tarkoittaa suojaus vedeltä. Sähköinen liitäntä tapahtuu kytkemällä valaisinosaan tuotava kaapeli sille tarkoitettuun kytkentäliittimeen, joka on kolmelle johtimelle. Valaisinosan liitäntä on päättävä. Kytkennässä tarvittavat johtimet ovat vaihe L, nolla N ja maadoitus PE. Liitinripa on liitinkooltaan sellainen, että siihen voidaan kytkeä poikkipinta-alaltaan  $2,5 \text{ mm}^2$  olevat johtimet. Liitinripa kiinnitetään alustaansa ruuveilla.

Valaisimen sisäiset johdotukset tehdään silikonieristeisillä johtimilla, jotta ne kestäisivät valaisimen sisällä olevaa lämpötilaa pitkäaikaisesti. Johdotuksille tehdään kiinnityskohdat, jotta ne pysyvät paikoillaan valaisimen sisällä. Kiinnityskohdat voisivat olla alustassa olevia reikiä, johon johtimet kiinnitettäisiin esimerkiksi johdinsiteellä. Kaikki johtimet ovat poikkipinta-alaltaan vähintään  $1,5 \text{ mm}^2$ . Valaisinosan ja kuristinkotelon suojausluokka on yksi eli SL 1. Suojausluokka yksi tarkoittaa sitä, että valaisimen ja kuristinkotelon runko on maadoitettu. Suojamaadoitettu rakenne siksi, koska molempien runkomateriaalina on metalli, joka on sähkönjohtava. Mahdollisen vikatilanteen tullessa maadoitettu runko johtaa vikavirran edelleen polttaen sulakkeen tai laukausten vikavirtasuojakytkimen. Maadoitus toimii suojana käyttäjälle ja laitteelle.

#### 4.8 Kuristinkotelon liitäntä

Kuristinkotelon täytyy täyttää samat vaatimukset kuin valaisimenkin lukuun ottamatta painoa. Paino ei ole tärkeä asia, koska maston alkulohkossa oleva massa tai tuulipinta ei vaikuta juuri ollenkaan maston kuormitettavuuteen. Se antaa lisävapautta kotelon suunnittelulle. Kuristinkotelolle on kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto olisi

sijoittaa liitälaitteet valmiiseen muovi- tai teräsvalmisteiseen koteloon, joita useat valmistajat tarjoavat. Näissä koteloissa olisi valmiina runko, jossa on lukittava ovi tai kansi, asennusalusta ja läpivientilaipat. Koteloita on eri valmistajilla vakiokokoina. Tämä voisi olla hyvä vaihtoehto. Valmiskotelon käyttäminen nopeuttaa valmistusprosessia ja sitä kautta vaikuttaa myös valaisimen hintatasoon. Koteloita ja niiden kokoja voitaisiin helposti vaihtaa liitälaitteiden määrän mukaan.

Toinen vaihtoehto kuristinkotelolle on valmistaa se itse. Tämä vaatii suunnittelua, eri valmistusprosesseja ja raaka-aineita. Väistämättä tämä johtaa siihen, että se tuo myös kustannuksia, mutta vaikuttaa työllistävästi. Kuristinkotelo olisi muodoltaan suorakaiteen muotoinen. Kotelon materiaali on alumiiniprofiilia, jonka päädyt ja kiinnitysalustat ovat hitsattu. Muiden osien tavoin se olisi pintakäsitelty samalla materiaalilla kuin itse valaisinosana. Kotelo muodostuu pohjaosasta ja kannesta. Kansi on tiivistetty pohjaosaan silikonitiivisteellä, joka kiertää pohjaosan reunassa.

Kansi tulee pohjaosaan kiinni lukittavilla linkuilla. Lukittavat linkut valittiin siksi, että kotelon saa aukaista vain huoltohenkilö. Huolto helpottuu linkkuperiaatteen myötä. Lisäksi kansiosa on kiinnitetty pohjaosaan sivuistaan ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla vaijereilla. Näin kotelon kansi maadoitetaan kunnollisesti ja lisäksi se ei pääse putoamaan huollon yhteydessä. Tämä on tärkeätä, jos kuristinkotelo joudutaan asentamaan korkealle maan pinnasta. Näin kotelon kiinnitys on pohjalevystä suoraan esimerkiksi asennuskiskoon, joita mastoissa paljon käytetään. Kotelon voisi vaihtoehtoisesti asentaa vaaka- tai pystytasoon, riippuen koteloiden tai muiden tarvikkeiden määrän mukaan asennuskiskossa tai muussa sille varatussa tilassa.

Jos mastoon tulee valaisimia esimerkiksi 20 kappaletta, asennetaan kotelot silloin pystytasoon. Kuristinkoteloita olisi kolmea kokoa. Esimerkkinä yhteen koteloon asennettaisiin komponentit 1 - 10 valaisimelle. Eli asennettaisiin yhteen kuristinkoteloon useamman valaisimen tarvitsemat komponentit. Tällöin kotelon koko muuttuu oleellisesti, mutta pysyy pienempänä kuin yksittäiset kotelot useamman valaisimen tapauksessa.

Syöttökaapelin tai kaapeleiden liittäminen kuristinkoteloon on suunniteltu seuraavasti. Kaapeleille on varattu vastamuttereilla varustetut läpivientiholkit, joita tulisi normaalisti olemaan aina kaksi yhtä koteloa kohden. Toinen läpivientiholkeista olisi tehtaalla tiivistetty mahdollista yksittäisasennusta varten. Tiivisteen saisi pois tarvittaessa kaapeleiden ketjutusta. Kuristinkoteloihin, joihin kytkettäisiin monta valaisinta, tulisi niihin luonnollisesti useammat läpivientiholkit valaisinlähtöjä varten, mahdollisesti useampia läpivientiholkkeja syöttökaapeleita varten.

Syöttökaapelin johtimien kytkeminen kuristinkoteloon tapahtuu sille varattuun liitinriipaan. Liitinriipaan voidaan kytkeä johtimet aina poikkipinta-alaltaan  $2,5 \text{ mm}^2$  oleva johtimet. Liitinriipa on 5-napainen, joten siihen voidaan kytkeä esimerkiksi syöttökaapeli MMJ 5x2,5S. Liitinrivassa voidaan tehdä myös ketjutus toiselle kotelolle. Samaan liitinriipaan voitaisiin kytkeä kahdet johtimet. Liitinrivian toiselta puolelta lähtevät kuristinosan johdotukset ovat kaikki silikonieristeisiä johtimia. Koska jossain olosuhteissa ja tilanteissa kotelon sisäpuolinen lämpötila voi nousta korkeaksi, silikonieristeiset johtimet ovat ylivoimainen valinta. Tämänlainen tilanne voisi olla esimerkiksi kuristimen tai sytytinlaitteen ylikuumentuminen. Tietenkin kaikki kuristinkotelon sähköiset laitteet nostavat kuristinkotelon sisäistä lämpötilaa kaikissa olosuhteissa, normaalitoimintatilanteessakin.

Valaisinosan ja kuristinkotelon kaapelin pituus määrittyy käytettävän kaapelin kapasitanssin mukaan. Kuristinkotelossa oleva sytytinlaite antaa lampulle sytytyspulssein, jonka jännite on suuruudeltaan useita kilovolteja. Valonlähde eli lamppu vaatii sen, että pulssi saapuu riittävän suurena perille, että se pystyisi sytyttämään lampun. Normaalisti käytettävissä oleva liitäntäkaapelin pituus on maksimissaan 25 metriä. Tämä johtuu kaapelin kapasitanssista, joka saa olla enintään  $2000 \text{ pF}$ . Kaapelin kapasitanssi vaihtelee käytettävän kaapelin eristemateriaalin ja johtimien poikkipinta-alan vuoksi sekä lämpötilan vaikutuksesta. Kaapelivalmistaja REKA ilmoittaa vain keskikokoisten asennuskaapeleiden kapasitanssit. Syynä tähän on se, että tavallisen asennuskaapelin kapasitanssilla ei ole merkitystä. MCMK 4x16/16 kapasitanssi on  $0,30 \text{ }\mu\text{F/km}$ . /10/ Normaalisti tämänlaisissa tapauksissa käytetään liitäntäkaapelina asennuskaapelia MMJ 3x1,5S tai MMJ 3x2,5S. Jos siis löydetään

kapasitanssiltaan pienempää olevaa kaapelia, sitä voitaisiin käyttää asennuksissa, joissa välimatka kuristinkotelon ja valaisinosan välillä olisi yli 25 metriä. Kapasitanssiin vaikuttaa johdin- ja eristemateriaali, ympäristön lämpötila ja kaapelin pituus. Todellista kapasitanssia ei voida selvittää kuin mittausjärjestelyillä.

## 4.9 Valonlähde

Valonlähteen valinta on helppo asia, koska kunnollisia vaihtoehtoja on tällä hetkellä kaksi. Vaihtoehdot ovat suurpainenatrium- ja monimetallilamput. Lisäksi vertaillaan elohopeahöyrylampon ominaisuuksia näihin kahteen vaihtoehtoon.

Suurpainenatriumlamppu soveltuu hyvin tehdas - ja varasto ympäristöön, kun tarvitaan tehokasta ja pitkäikäistä valonlähdettä. Suurpainenatriumin keskimääräinen värilämpötila on n. 2000 K, mikä tarkoittaa värinä lämpöisen keltaista valoa. Jos värintoisto ei aseta vaatimuksia, tämä lamppu on erinomainen vaihtoehto. Suurpainenatriumlampun värintoistoindeksi Ra on noin 20 - 25. Valontuottokyvyltään ja käyttöikänsänsä tämä lampputyypin sopii hyvin likaisiin ja huolto-ongelmallisiin kohteisiin. Tästä on esimerkkinä metallin jalostukseen erikoistuneet tehtaat. Näitä lamppeja käytetään hyvin paljon myös teiden katuvalaisimissa. Suurpainenatriumlampun etuina on, että sillä on suuri valovirta, (kuvassa 13). Valovirta on 400 W lampulla noin 48 - 55 klm luokkaa. Suurpainenatriumlampun elinikä on pitkä noin 30000 h ja sen valontuotto pysyy korkealla tasolla melkein lampun eliniän loppuun saakka. Lamppu on edullinen purkauslamppuksi noin 15 €/kpl, 400 W.



**Kuva 13** Suurpainenatriumlamppu 400 W /5/

Jos sitä verrattaisiin saman tehoiseen elohopeahöyrylamppuun, jolla on 23 klm valovirta, ei jää epäselväksi, kumpi kannattaa valita. Elohopeahöyrylampan hyvä puoli on sen värilämpötila, joka on noin 4000 - 5000 K. Tämä värilämpötila tarkoittaa värisävyä valkoista. Elohopeahöyrylampulla ei ole kovin hyvä värintoisto, värintoistoindeksi Ra on noin 60. Lampun rakenteen ansiosta valaisimen rakenne on yksinkertainen ja edullinen, sillä se ei tarvitse sytytinlaitetta. Se tarvitsee vain kuristimen ja kompensointikondensaattorin. Huonoja puolia on sen valovirran alenema ja käytettävissä oleva keskimääräinen elinikä. Elohopeahöyrylampan valontuotto tippuu hyvin jyrkästi normaalikäytössä kahden vuoden jälkeen. Lamppua katsottaessa se näyttää olevan kytkeytyneenä, mutta ei tuota juuri ollenkaan valoa. Jokainen muistaa joskus katselleensa katuvalaisimia, jotka näyttävän olevan päällä, mutta valoa ne eivät vain yksinkertaisesti anna. Elohopeahöyrylamppu on purkauslamppuista edullisin, yksittäinen 400 W lamppu maksaa noin 10 €/kpl, (kuvassa 14).



**Kuva 14** Elohopeahöyrylamppu 400 W /5/

Monimetallilamppujen käyttö lisääntyy koko ajan. Sen suosioon vaikuttaa erityisesti sen todella korkealuokkainen värintoisto, Ra-värintoistoindeksi on yli 80. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki tilassa tai alueella olevat värit toistuvat mahdollisemman luonnollisena, kuten ne toistuisivat päivänvalossa tarkasteltuna. Monimetallilamput hiljalleen syrjäyttävät niin teollisuudessa kuin muuallakin suurpainenatriumlamppujen ja elohopeahöyrylamppujen asemaa. Lamppujen käyttöikä ja valovirta lähentelevät jo suurpainenatriumlamppujen ikää. 400 W monimetallilamppujen valovirta on tällä hetkellä noin 30000 - 35000 lumenin tasolla. Lampun käytön yleistyessä, sen hintataso on laskenut. 400 W- monimetallilampun hinta on noin 30 €/kpl.

Yleisesti ottaen monimetallilamput käyvät samoihin valaisimiin, joissa nyt käytetään suurpainenatriumlamppuja, jos vaan valaisimessa käytössä oleva kuristin on tähän soveltuva. Eli jos tilaan halutaan valaisimia vaihtamatta uusi värintoisto ja muita

ominaisuuksia, joita monimetallilamppu tuo tullessaan, se käy yleensä pelkästään vain lamppua vaihtamalla. Monimetallilamppuja (kuva 15) käytetään teollisuudessa, jossa värintoistolta vaaditaan paljon. Tästä esimerkkinä olkoon teollisuusyrittäjä, joka pintakäsittelee tuotteitansa eri väreihin. Silloin on hyvin tärkeää, että maalattu väri vastaa referenssiä. Värintoisto ja valon verrattavuus päivänvaloon on hyvin tärkeää seuraavissa paikoissa: urheilukentillä, stadioneilla ja jääkiekkokentillä. Esimerkiksi jääkiekon pelaaja voisi vahingossa syöttää kiekon vastustajalle, luullessaan tätä oman joukkueen pelaajaksi pelipaidan värin perusteella. Teollisuudessa värin perusteella tehtävä laaduntarkastus on hyvin riippuvainen luonnollisesta valonväristä.

Voidaan todeta, että värit ja näköhavainnot hallitsevat näissä tapauksissa hyvin voimakkaasti. Valon värillä on siis väliä. Monimetallilamppujen kehittyessä niiden käytettävissä oleva elinikä ja valovoima kasvaa nykyisestä tasosta, mikä taas lisää lamppujen suosiota.



**Kuva 15** Monimetallilamppu 400W /5/

Näiden tietojen perusteella lamppuvaihtoehtoiksi jo aiemminkin todetut suurpainenatrium- ja monimetallilamput ovat järkevä valinta. Niiden hinta-laatusuhde on hyvä molemmissa tapauksissa aivan riittävä. Lamppujen saatavuus on hyvä ja kaikki tukkuliikkeet pitävät näistä lamputuotteista koostuvaa perusvarastoa. Valaisimen komponentit valitaan näiden lamputyyppien perusteella.

#### 4.10 Kotelointi- ja suojausluokka

Kotelointiluokka tässä tapauksessa tulee olemaan vähintään IP64. IP64 on yleisesti teollisuuden valaistuksessa käytetty kotelointisuojausluokka. Valaisin voidaan tällöin pestä painepesurin avulla. Kun tiedetään, että valaisimelta vaaditaan vähintään kotelointiluokka IP64, voidaan lähteä rakentamaan sen toteutusta. Täytyy muistaa, että kotelointiluokan mittaustulos määrää sen julkaistavan oikean kotelointiluokan, tässä tapauksessa SGS FIMKO. Tämä edellyttää kuitenkin valaisimen prototyypin rakentamista ja sen testaamista laitoksella. Tässä tutkintotyössä ei valitettavasti vielä päästä tähän vaiheeseen asti.

Kotelointiluokkaan oleellisesti liittyy syöttökaapeleiden tuominen kuristin- ja liitäntäkoteloon, aukeavien kansien ja osien tiivistäminen runkorakenteeseen sekä itse runkorakenteen tiiviys. Kuristinkotelon- ja liitäntäkotelon kansi tiivistetään korkealuokkaisella silikonitiivisteellä, joka säilyttää muotonsa ja tiiviynen joka tilanteessa, profiililtaan tiiviste on o-tiiviste. Valaisimen kupuosa, jossa ovat sijaitsevat lasi ja kehys, tiivistetään korkealuokkaisella silikonitiivisteellä, sama kuin liitäntäkotelon tiiviste. Valaisimen- ja kuristinkotelon mahdolliset hitsaus- ja liitoskohdat tiivistetään silikonimassalla. Valaisimen runko-osaan tuleva filtteriappi mahdollisesti pienentää kotelointiluokkaa, arviolta yhdellä yksiköllä. Valaisinosaa painekoestetaan filtteriappin reiän kautta kokoomavaiheessa. Valaisimen paineen täytyy pysyä 30 - 50 mbar välissä viiden sekunnin ajan, jotta se voidaan todeta tiiviiksi.

Kotelointiluokalla tarkoitetaan sitä, kuinka sähkölaite on suojattu ulkopuolista mekaanista rasitusta, likaa ja vettä vastaan. Yksi tärkeä seikka kotelointiluokassa on, kuinka se on suojattu käyttäjän näkökulmaa ajatellen. Sähkölaitteessa ei saa olla paljaita jännitteisiä osia kosketeltavissa ja tässä tapauksessa on tärkeintä, että vesi ei saa päästä rakenteen sisälle. Suojausluokka SL 1, tarkoittaa valaisinosan ja kuristinkotelon suojamaadoitettua rakennetta.

Käyttäjällä tässä tapauksessa huoltotoimenpiteitä tekevä henkilö voi tehdä valaisimeen liittyviä huoltotoimenpiteitä turvallisesti, joskin niitä ei saa koskaan tehdä valaisimen ollessa jännitteellinen. Tämänlaisia huoltotoimenpiteitä voi kuitenkin olla valaisimen suuntaus, puhdistus ja toimintakoe. Näissä tapauksissa huoltotoimenpiteitä tekevä henkilö voi olla kosketuksissa valaisimen runkoon tai siihen liittyvään samassa potentiaalissa olevaan runkoon, esimerkiksi mastoon. Jos jostain syystä vikatilanteessa jännitteinen johdin tai muu osa pääsee koskettamaan runkoa, jännite purkaantuu maadoituksen kautta polttaen sen ryhmäsyötössä olevan sulakkeen tai laukaisten johdonsuoja-automaatin. Jos käytössä on vikavirtasuojakytkin se laukaisee harhavirrat, jotka ylittävät 30mA.

Joskus vika ei välttämättä polta sulaketta, vaan se jää piiriin. Tämä tarkoittaa sitä, että vikavirtaa ei löydy niin paljoa että se ylittäisi johdonsuojan nimellisvirran. Yksi tähän vaikuttavista tekijöistä on kaapelin pituus ja siitä johtuva oikosulkuvirran aleneminen. Tällöin vikavirtasuojakytkin on ainoa laite, joka pystyy vian laukaisemaan. Vikavirtasuojaa kutsutaan henkilösuojaksi. Vikavirtasuojakytkimen käyttö tässä tapauksessa on suotavaa, kun valaisin- ja kuristinosa ovat erillisiä. Kun kuristinkotelon ja valaisinosa välisen etäisyys on 25 metriä, tavallinen tulppasulake tai johdonsuoja-automaatti ei välttämättä vikaa laukaise. Tässä vikavirtasuojakytkin on oiva laite ja vähintäänkin suositeltava. Se voidaan asentaa kuristinkotelon sisälle, kuristimelta lähtevään syöttöön. Sille varataan tila ja huomioidaan kuristinkotelon suunnittelussa. Valaisinosa runko- ja kupuosa ovat keskenään maadoitettuja, niiden välisen suojavaijerin kautta.

#### **4.11 Asennettavuus ja huollettavuus**

Asennettavuus on yksi tärkeä tekijä valaisimia valittaessa. Niin on myös tässä tapauksessa. Yleensä valonheittimet asennetaan mastoon tai pylvääseen vasta pystytyksen jälkeen, siksi että masto tai pylväk ei rasi noston aikana liiasta kuormasta ja ettei lopullinen suuntaus onnistu kuin ylhäällä pystytyksen jälkeen. Tähän valaisimeen on suunniteltu laitettavaksi asennussanka. Se kiinnittyy valaisimeen sen molemmilta puolilta ja se on U-muotoinen.

Sangassa on alustan kiinnitysreikiä kolme kappaletta: yksi reikä on keskellä ja kaksi reikää molemmilla sivuilla. Näistä sanka voidaan kiinnittää alustaansa, joko keskeltä tai sivuilta kiinnitysalustan mukaan. Luotettavampi kiinnitys saadaan kiinnitettäessä sanka molemmilta sivuilta kahdella kiinnityspultilla. Kun käytetään kahta kiinnityspulttia sangan kiinnitykseen, alustassa on oltava liukureiät, muuten valaisimen suuntaus sivuittain ei onnistu. Sangan kiinnitysreikien koot ovat halkaisijaltaan 17 mm.

Kiinnitysosa on varustettu hammastuksella, johon on merkitty kulma-asteikko. Tämä helpottaa lopullista valaisimen suuntausta. Itse kiinnitys tapahtuu pultti-vastamutteriperiaatteella. Valaisimen runko-osaan tehdään vastamutteripesä, joka hitsataan kiinni isommalta alalta kuin mutterin pinta-ala. Kiinnityskohtaan kohdistuu isoja voimia tuulisilla säillä. Siksi on tärkeää, että kiinnityskohta on mahdollisimman tukeva ja luotettava. Kiinnityspultti on kooltaan M16 lujuus 8.8. Siitä kohtaa, mistä sanka kiinnitetään valaisimeen, kiinnityksen pysyminen varmistetaan lukituspultilla. Lukituspultti varmistaa sen, että suuntauksen jälkeen ei tapahdu mitään muutoksia esimerkiksi tuulesta tai muusta mekaanisesta rasituksesta. Lukituspultti esimerkiksi M6 lujuus 8.8 tai M8 lujuus 8.8 ruuvataan kiinnityspultin reunalle varmistaen sen, että kiinnityspultti ei löysty ja valaisimen suuntaus pysyy kohdallaan. Valaisinta voidaan siis suunnata kahteen eri suuntaan, vertikaalisesti sangan ja valaisinosan kiinnityksestä ja horisontaalisesti valaisimen sangan ja asennusalustan kiinnityksestä.

Valaisimeen tehtävät huoltotyöt ovat seuraavanlaisia. Yleisin valaisimelle tehtävä huoltotyö on lampun vaihtaminen. Se suoritetaan käyttötunneista riippuen noin kolmen/viiden vuoden välein. Samassa yhteydessä puhdistetaan tarpeen mukaan valaisimen kupuosa ja mahdollisesti myös valaisimen runko-osa sisäpuolelta. Silmämääräinen johtimien ja komponenttien tarkastaminen on myös hyvä tehdä. Yleisimmät valaisimeen vaihdettavat komponentit ovat lamppu, kondensaattori ja sytytinlaite. Joskus myös kuristin on saattanut hajota. Kaikki nämä viat johtuvat yleensä huollon puutteesta, siksi lampun vaihtaminen on hyvin tärkeää, koska viallinen lamppu aiheuttaa sytytin- kuristin- ja kondensaattorivikoja. Ajoissa ja oikeilla osilla tehty huolto takaa valaisimelle mahdollisimman pitkän käyttöiän.

Kupuosa kiinnitetään runko-osaan linkkujen lisäksi turvavaijereilla, jottei kupuosa pääse lampun vaihdon tai muun huollon yhteydessä putoamaan. Kupuosan kiinnityksessä käytetyt linkut helpottavat kuvun aukaisemista, se onnistuu ilman työkaluja. Jos mahdollista, valaisimen sangan ja runko-osan kiinnitys varmistettaisiin turvavaijerilla, huoltotöitä helpottamaan. Liitäntäkotelon kansi kiinnitetään M6-pulteilla liitäntäkotelon profiilin kulmiin, joissa on pulttiurat. Pultteja tulee todennäköisesti neljä kappaletta eli joka kulmaan. Pultteja käytetään siksi, että liitäntäkoteloa ei tarvitse avata kovin usein ensimmäisen liitäntäkerran jälkeen ja lisäksi ne ovat luotettava valinta. Varmistukseksi liitäntäkotelon kansi pohjaosa on yhdistetty toisiinsa turvavaijerilla, jottei se pääse putoamaan sitä asennettaessa.

#### 4.12 Visuaalisuus ja dimensiot

Valaisinmallia suunniteltaessa kaikki lähti mielikuvasta. Siinä on eri yhdistelmiä valaisinmalleista niin teknisesti, kuin visuaalisestikin. Tärkeä tekijä oli myös tieto siitä, että valaisimen fyysinen koko ei saa nousta liian isoksi. Tämä on tärkeä asia tuulipinta-alan kannalta, jota tarkastellaan maston kuormitusta laskettaessa. Valaisinosan ulkomuoto tulee olemaan puolipallonmuotoisesta parabolista, johon on liitettyinä sulkulasin sisältävä kupuosa ja runko-osan takaa kytkeytyvästä suorakaiteen muotoisesta liitäntäkotelosta muodostuva kokonaisuus, esimerkki (kuvassa 16). Kiinnityssangan muoto on muuten perinteinen u-mallinen, mutta kiinnityskohdasta sivulta katsottuna se on taivutettu taaksepäin laajentaen valaisinosan suunnattavuutta. Se on ulkonäöltään hieman poikkeava muihin samantyyppisiin valonheittäimiin verrattuna. Sen poikkeavuudet tulevat kupuosan kiinnitysmenetelmästä, joka on toteutettu linkuilla, pyöreästä runko-osan muodosta ja erillisestä kuristinkotelosta.



**Kuva 16** Sangallinen valonheitin /11/

Yleisin valonheitinmalli on niin sanottu lumikolan muotoinen valonheitin, (kuvassa 17). Sen ulkomuoto on suorakaiteen muotoisesta etupinnasta ja kaarevasta takaosasta muodostuva kokonaisuus, johon on samaan runkoon tuotu kaikki liitäntälaitteen sisältävät komponentit.



**Kuva 17** Tyypillinen valonheitin /11/

Kuristinkotelon ulkomuoto ja koko ei ole niin tärkeä seikka kuin se valaisinosassa on, koska kuristinkotelo asennetaan yleensä maston ensimmäisen lohkon kylkeen. Tämä on hyvä ratkaisu siksi, että saadaan valaisinosan tuulipinta-ala ja paino pieneksi.

Lisäksi liitäntälaitteiden huolto alhaalla maan pinnalla on helpompaa ja turvallisempaa. Lisäetuna se tuo myös vähemmän kustannuksia, kun huoltoon ei tarvita henkilönostinta. Kuristinkotelon toteuttamiseen on kaksi vaihtoehtoa.

Ensimmäinen vaihtoehto on valmistaa se täysin itse ja toinen vaihtoehto on käyttää valmiita kojeistokaappeja ja asentaa niihin vain komponentit. Kuristinkotelo on ulkomuodoltaan suorakaiteen muotoinen valmiskotelo tai alumiiniprofiilista valmistettu. Se muodostuu kahdesta osasta: pohja- ja kansiosasta. Pohjaosa on pursotettua alumiiniprofiilia, jonka päätyihin hitsataan päätylaipat, joihin asennetaan läpivientiholkit. Läpivientiholkkien määrä riippuu liitäntälaitteiden määrästä kotelossa. Pohjaosan kiinnitys alustaan tapahtuu profiilin päädyissä sijaitsevilla kiinnityskohdilla. Näin kotelo voidaan asentaa ja purkaa kotelon kantta avaamatta. Kansiosa on alumiinista hitsattu suorakaiteen muotoinen. Se liitetään pohjaosaan linkkujen avulla. Kokonaisuudessaan kuristinkotelon näyttää suorakaiteen muotoiselta laatikolta.

Valaisinosan, sangan ja kuristinkotelon pinnoite tulee olemaan polyesteri tai epoksimaali. Perusväriksi valittiin harmaa. Se on neutraali väri vaihtoehto valaisimen pinnoitteeksi. Harmaassa värissä ei näy kovin helposti ajan myötä kertynyt lika ja lisäksi se sopii värinä

hyvin maston metallinväriiseen kuumasinkittyyn pintaan, sekä teollisuusympäristöön. Tässä värissä haalistumat ovat vähäisiä. Valaisinosan rakenne sisältää seuraavat fyysiset mitat: kupuosan halkaisija, valaisinosan syvyys, kokonaiskorkeus, sangan ulkomitat ja kokonaispaino ilman valonlähdettä.

Lukuun ottamatta painoa nämä seikat selviävät seuraavista Vertex-ohjelmalla mallinnetuilla kuvista, jotka ovat työn liitteenä, (liite 1). Paino voidaan vaan tässä tapauksessa arvioida aikaisemman kokemuksen perusteella. Nämä kuvat ovat suuntaa antavia kuvia ja lopullinen tulos voi muuttua näistä kuvista, mitoista ja painoista. Prototyypin valmistuksessa voidaan käyttää näitä tietoja hyväksi ja soveltaa niitä sitten tuotantoon sopiviksi, koska kaikki teoreettisesti suunnitellut asiat voivat olla sellaisia, ettei niitä kaikkia voida käytännössä toteuttaa. (Kuvassa 18) on I-Valo Oy:n valonheitin.



**Kuva 18** I-Valo-valonheitin asennusjalustalla /12/

Tuulipinta-ala lasketaan lopullisen mallin perusteella. Siitä saatavien ulkoisten mittojen avulla lasketaan kokonaisesta valaisinosasta ja sangasta näiden pinta-alat. Normaalisti keskikokoiset valonheittimet, jotka ovat teholtaan 400 W, omaavat noin 0.3 neliömetrin pinta-alan.

Keskimäärin 24m:n mastoon voidaan asentaa tuulipinta-alaltaan noin 2 m<sup>2</sup> verran tuulipinta-alaa omaavaa esinettä. Asennettava tuulipinta-alan määrä riippuu maston maantieteellisestä sijainnista ja siitä, kuinka kookas maston tyvilohko on. Pientämällä valaisimien tuulipinta-alaa saataisiin yhteen mastoon enemmän valonheittäimiä pienemmän tuulikuorman ansiosta.

## 5 PÄÄTELMÄT

Edellä käytyjä vaiheita käytetään pohjana uuden valaisinmallin tuotekehityksessä ja sen viemistä tuotantoon. Ensin eri vaiheet käydään lävitse teoreettisesti ja tehdään mahdolliset tarpeelliset muutokset, jotka tarpeelliseksi katsotaan. Komponenttivalinnat kuten esimerkiksi sytytin ja –kuristinlaite, kompensointikondensaattori ovat standarditarvikkeita, joiden valinta perustuu pitkälti hintaan.

Kun tämä työ on tehty, alkaa varsinaisen prototyypin tai toisin sanoen näytemallin valmistaminen. Valmis näytemalli käy lävitse eri testausvaiheita. Niihin kuuluu valonjaon, lämpötilaluokan  $t_a$ , kotelointiluokan ja suojausluokan, lopullisten fyysisten mittojen, asennuskorkeuden ja valaisinkoodin määrittäminen. Lisäksi valaisin laitetaan koekäyttöön oikeaan kohteeseen, jotta nähdään sen toimivuus oikeassa tilanteessa.

Näiden testivaiheiden jälkeen tehdään tarpeelliseksi katsotut muutokset ja suoritetaan uusi testi. Kun valaisin on hyväksytty testissä, ja sen ominaisuudet ovat katsottu riittäviksi, lähetetään valaisin testauslaitokseen hyväksyttäväksi. Tässä tapauksessa hyväksytty testauslaitos on SGS FIMKO. SGS FIMKO myöntää heidän testausjärjestelmästänsä hyväksyttävästi läpäisseille tuotteille FI-merkinnän. Laitos mittaa valaisimesta valonjaon, hyötysuhteen, kotelointiluokan, suojausluokan ja muita tärkeitä asioita. Silloin kun valaisin saa FI-merkinnän, se voidaan vapauttaa myyntiin. Lopputuloksena voidaan nyt päätellä, että jopa näinkin yksinkertaiseen sähkölaitteeseen ja sen kehittämiseen vaaditaan paljon erilaisia vaiheita ja menetelmiä. Tämä tutkintotyö on vasta alustava ja tuotekehitysosastoa auttava, perusteisiin keskittyvä työ. Yleensä tuotteen kehittämiseen vaaditaan pitempiä ja monimutkaisempia prosesseja. Lopullisen tuotteen valmistaminen myyntiin asti on pitkän tuotekehityksen tulos.

Kun tuote voidaan vapauttaa myyntiin, sitä ennen on kuitenkin pitänyt miettiä uuden tuotteen myynnin kannattavuutta. Kuten alussa kerroin, että tuotteelle oli syntynyt tarve. Tämän tarpeen laajuus on kuitenkin se merkittävä asia. Pelkän valonheittimen myyminen muussa yhteydessä voi olla vaikeaa, mutta jos sen yhdistää kokonaisuudeksi maston

kanssa, se voisi saada paremman mahdollisuuden kannattavuuteen. Täytyy myös muistaa, että yksittäisen valaisimenkin myyminen voi olla kannattavaa. Valaisinta täytyisi ruveta markkinoimaan jo ennen tuotteen myyntiin vapauttamista. Lisäksi markkinointia ainakin aluksi täytyisi kohdistaa muutamaan sektoriin. Tärkeimpiä sektoreita olisivat INFRA, urheiluseurat, suunnittelutoimistot, kunnat ja kaupungit, isommat asennusliikkeet ja tietenkin sähkötukkuliikkeet. Referenssikohteiden saaminen on tässä tapauksessa tärkeää.

## **LÄHDELUETTELO**

### **Painetut lähteet**

- 1 Halonen Liisa – Lehtovaara Jorma, Valaistustekniikka 542, Tekijät ja Otatieto Oy 1992
- 2 Nurmi Tapani – Kärnä Juhani, 7801600 Valaistustekniikan perusteet, Tampereen teknillinen yliopisto, Tehoelektroniikka, Valolaboratorio, 2003

### **Painamattomat lähteet**

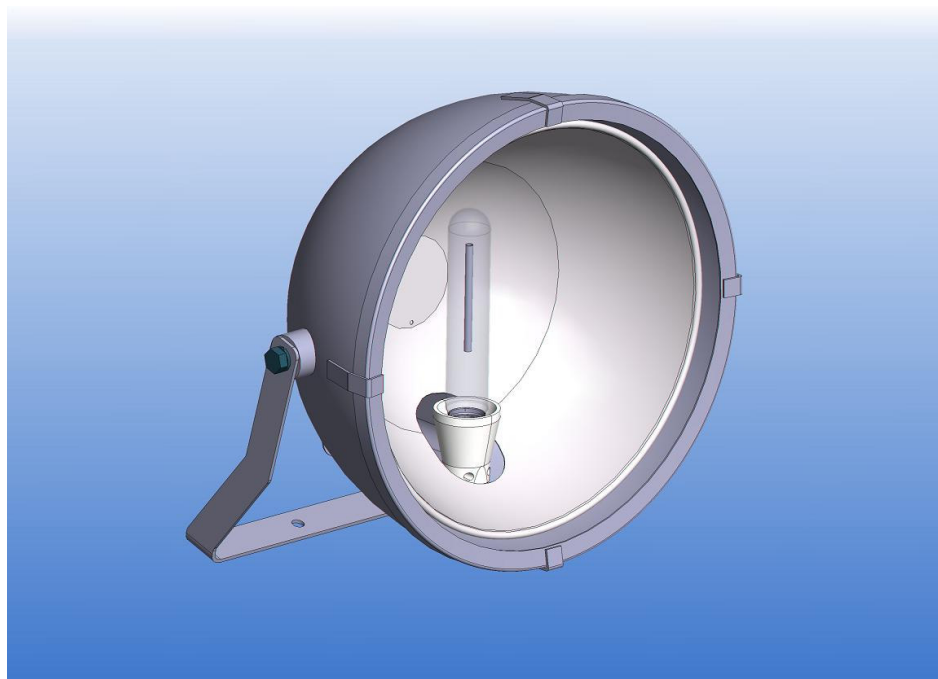
- 3 Idman valaisinsuunnittelija Veikko Kasurinen, TKK opintomoniste, 53 sivua

### **Sähköiset lähteet**

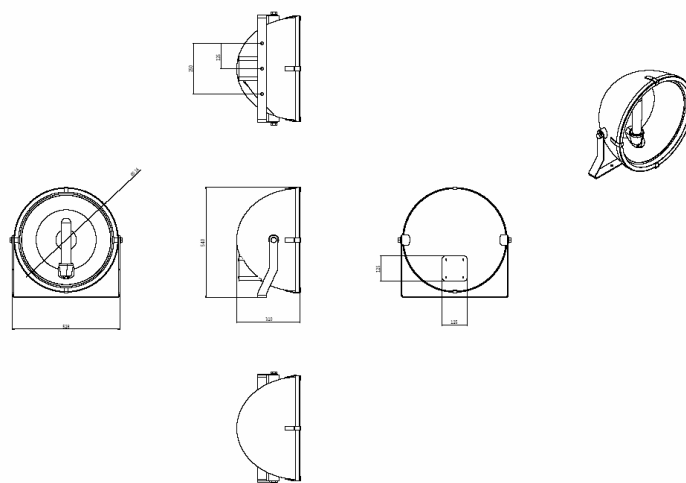
- 4 Sähköinen tietosanakirja Wikipedia, [viitattu 31.12.2006] www-sivu. Saatavissa:  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/kuva>
- 5 Lamppuvalmistaja Osram, [viitattu 1.1.2007] www-sivu . Saatavissa:  
<http://catalog.myosram.com>
- 6 Maahantuontiyritys Aseko Oy, [viitattu 1.1.2007] www-sivu. Saatavissa:  
<http://www.aseko.fi>
- 7 Google-haku, Internet-sivu, [viitattu 1.1.2007] www-sivu . Saatavissa:  
customer.canter.fi/svs/upload
- 8 SFS-standardi SFS-EN-60598-1 ja SFS-EN 60598-2-5, [viitattu 9.3.2007]. Saatavissa:  
<http://www.sfs.fi>
- 9 Kotelovalmistaja RITTAL, [viitattu 9.2.2007] www-sivu. Saatavissa: <http://www.rittal.fi>

- 10 Kaapelivalmistaja REKA Oy, [viitattu 9.2.2007] www-sivu. Saatavissa:  
<http://www.reka.fi>
- 11 Valaisinvalmistaja Idman, [viitattu 1.1.2007] www-sivu. Saatavissa:  
<http://www.idman.fi.prodtoc>
- 12 Valaisinvalmistaja I-Valo Oy, [viitattu 9.2.2007] www-sivu. Saatavissa: <http://www.i-valo.com>

**Valonheitinmallin piirustukset ja mitat**

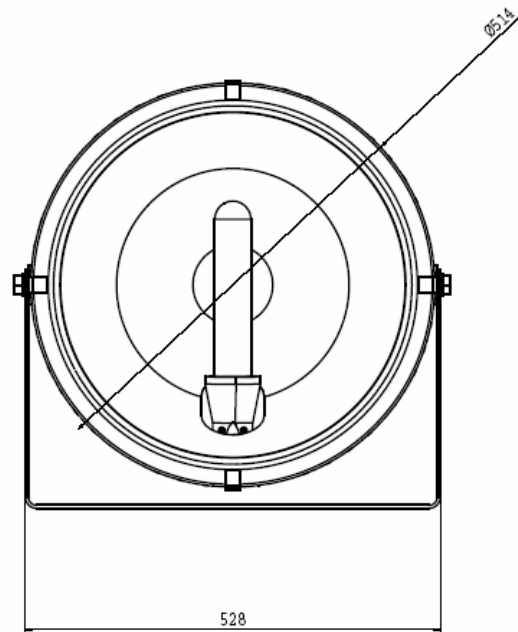


**Kuva 1** Yleiskuva valaisinrungosta

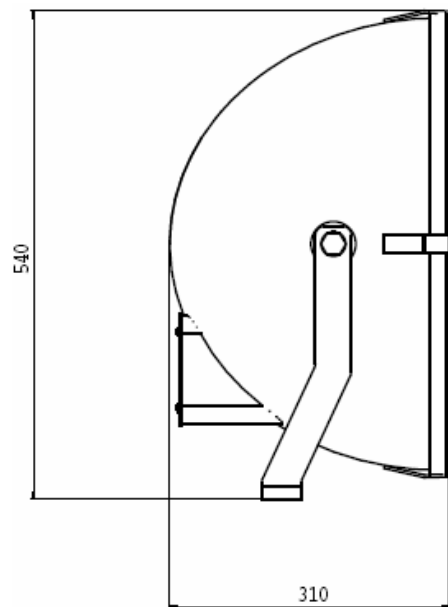


**Kuva 2** Kuva Vertex piirustuskortista

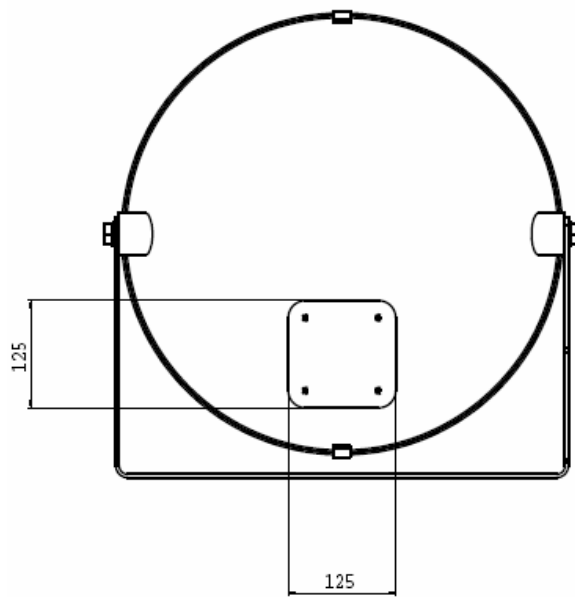
Valonheittimen mittakuvat on piirretty käyttäen Vertex-konepiirustus versiota.



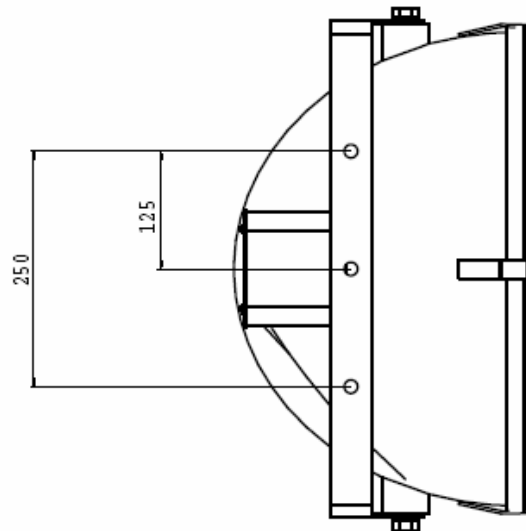
**Kuva 3** Valonheitin edestä



**Kuva 4** Valonheitin sivusta



**Kuva 5** Valonheitin takaa



**Kuva 6** Valonheitin alhaalta

### Valonheittimen standardin mukaiset testit

Valonheittimen tuulikuorma määräytyy valaisinrungon suurimman kohtisuoran pinta-alan mukaan. Valonheittimille on asetettu oma standardi SFS-EN 60 598-2-5, joka määrittää valonheittimien koestusmääräykset. Valonheittimen ja sen kiinnityslaitteiden on kestettävä taipumatta liikaa 150 km/h nopeudella puhaltavan tuulen aiheuttama raskaus.

Yksi tärkeä koestus on raskautestit, jossa valonheittimen on kestettävä 10 minuutin ajan 2,4 kN/m<sup>2</sup> paine valonheittimen tuulipinnalla. Tämä testi koskee valonheittimen kiinnityssankaa, runkoa ja sulkuosia. Testi suoritetaan käänteisesti 180 astetta. Kummassakaan vaiheessa valonheittimeen ei saa jäädä pysyviä taipumia >1°. Näitä testejä ei vielä suoritettu tälle valonheittimelle, mutta käytännössä raskautestissä käytetään valonheittimen tuulipinnalle jaetulla vakiokuormalla sijoitettuja hiekkasäkkejä.

### Valaisimen pinta-alan laskeminen

Valonheittimen tuulipinta-alan laskeminen tapahtuu yksinkertaisesti pinta-alan määrittämisenä, (kaava 1). Pinta-ala lasketaan valonheittimen etu-projektioista, joka on valonheittimen suurin pinta-ala. Tähän tarvitaan vain halkaisijan mittatieto. Valonheittimen kiinnityssankaa ei ole otettu huomioon pinta-alaa laskettaessa. Halkaisija  $d$  on 514 mm,  $d/2 = r \rightarrow r = 257$  mm.

**Kaava 1:**  $\pi * r^2$ , sijoitetaan  $\pi * 0,257^2$  m = 0,26 m<sup>2</sup>

Valonheittimenpinta-ala jäi näillä suunnittelu-arvoilla alle 0,3 m<sup>2</sup>, joka on tyydyttävä tulos. Pinta-alan merkitys korostuu, kun niitä asennetaan mastokäyttöön. Varsinkin jos niitä asennetaan esimerkiksi 10 kappaletta yhteen mastoon. Näin tuulipinta-ala nousee 2,6 m<sup>2</sup> asti. Testiraskautuksessa käytetty 2,4 kN/m<sup>2</sup> voima jakaantuu valonheittimen pinta-alalle 0,26 m<sup>2</sup>, 0,108 kN/m<sup>2</sup> voimalla.