

ENERGIATEHOKKUUS VALOSUUNNITTELUSSA

Energiatehokkaat valonlähteet ja niiden käyttäminen esittävien taiteiden valosuunnittelussa

Tero Koivisto 0501995

Tampereen ammattikorkeakoulu

Viestinnän koulutusohjelma

Valoilmaisu

Opinnäytetyö

Marraskuu 2009



TIIVISTELMÄ

KOIVISTO. TERO:

Energiatehokkuus valosuunnittelussa - energiatehokkaat valonlähteet ja niiden käyttäminen esittävien taiteiden valosuunnittelussa

Tampereen ammattikorkeakoulu
Viestinnän koulutusohjelma
Valoilmaisu
Opinnäytetyön ohjaaja: Eero Pölönen
Opinnäytetyö 59 s., liitteet 2 s.
Marraskuu 2009

Euroopan Unioni on asettanut direktiivejä ja säädöksiä sähköisten laitteiden energiankulutukselle ja siitä syystä valonlähteet, joilla on huono hyötysuhde valontuoton ja sähkönkulutuksen välillä - kuten hehkulamppu - ovat siirtymässä pois markkinoilta. Valontuottamisteknologialla on kehityksen alusta alkaen ollut valotehokkuus yhtenä kehityksen mittatikkuna, mutta nyt kehitystä jouduttaa huomattavat ulkoiset paineet. Etenkin led-tekniikka on hyvässä myötätuulessa sekä kuluttajille suuntautuvassa tarjonnassa että teknologian itsensä kehityksessä.

Tarkastelen opinnäytetyössäni miten nämä energiatehokkuusvaatimukset vaikuttavat esittävien taiteiden parissa työskentelevien valosuunnittelijoiden suunnitelmiin ja toteutuksiin ja miten he suhtautuvat energiatehokkaampiin valonlähteisiin. Kysyn myös lampun valmistajilta heidän kehitysaskeleistaan ja onnistumisistaan energiatehokkaampien valonlähteiden kanssa.

Asiasanat: energiatehokkuus, valosuunnittelu, esittävät taiteet

ABSTRACT

KOIVISTO TERO:

Energy efficiency in lighting design – energy efficient light sources and their use in the lighting design for performing arts

TAMK University of Applied Sciences

Degree Programme in Media

Area of specialisation: Lighting Design

Thesis supervisor: Eero Pölönen

Thesis 59 pages., appendix 2 pages.

Autumn 2009

European Union has set energy efficiency directives for electrical appliances and for that reason non-efficient light sources - like the incandescent light bulb - are becoming obsolete. One way the lighting technology has been measuring development since the dawn of electrical lighting has been energy efficiency. But now the pressure for further development is coming from the outside. Especially the development in light sources based on led technology has picked up wind in both availability for the consumers and development of the fixtures.

In my thesis I'm taking into focus how these demands for energy efficiency are affecting the plans of lighting designers who are working in performance arts. I'm also examining their views on energy efficient light sources. From the lamp manufacturers I'm asking about the progress and development of energy efficient lighting.

Keywords: energy efficiency, lighting design, performance arts

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO	7
2. SÄHKÖISEN VALONTUOTON JAOTTELU	8
2.1.1 Terminen säteily	8
2.1.2 Kemiallinen hehkusäteily	9
2.2.1 Luminenssisäteily	10
2.2.2 Fotoluminenssi.....	10
2.2.3 Elektroluminenssi.....	11
3 VALONLÄHTEIDEN HISTORIA JA VALOTEHOKKUUDEN KEHITTYMINEN	12
3.1.1 Kaaripurkauslamppu ja Jablochkoffin kynttilä	12
3.2.1 Hehkulampun tuleminen ja kehitys	14
3.2.2 Hehkulampun toimintaperiaate.....	18
3.3.1 Halogeenilla parempi valoteho	18
3.3.2 Halogeenilampun toimintaperiaate.....	19
3.4.1 Hehku- ja halogeenilampun käyttö näyttämötaiteissa	19
3.5.1 Purkauslampun kehityshistoria	21
3.5.2 Purkauslampun toimintaperiaate	31
3.5.3 Purkauslamput näyttämötaiteissa	37
3.6.1 Valodiodin kehitys ja historia	39
3.6.2 Ledien toimintaperiaate	41
3.6.3 Ledien käyttö näyttämötaiteissa	42
4 ENERGIA TEHOKKUUS- JA YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISYYSVAATIMUKSET	43
4.3 Energiansäästölamppu hehkulamppua korvaamaan	46
4.4 Direktiivien vaikutukset esittävässä taiteissa.....	48
5 VALOSUUNNITTELIJA JA ENERGIA TEHOKKAAT SUUNNITTELUKSET	49
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	54
7 LOPUKSI	56
LÄHTEET	57

TERMILUETTELO

Infrapunäsäteily

Infrapunäsäteily on (lämpö)säteilyä aallonpituudella 780 nm - 1 mm. Alle 780 nm aallonpituudella säteily on näkyvää valoa. Yli 1 mm aallonpituuden säteilyä kutsutaan radioaalloiksi (tutka, radio).

Luminanssi

Pinnalta tiettyyn suuntaan säteilevän valon määrää pinta-alayksikköä kohden.

Ilmanpaine

Paine kuvaa kappaleen pinta-alayksikköä kohti kohdistuvaa voimaa. SI-järjestelmässä paineen yksikkö on pascal: (1 Pa = 1 N / m²).

Spektri

Valolähteen eli lampun valosäteilyn sisältämien aallonpituuksien määrät ilmaistaan spektrikäyrällä. Lampun spektrikäyrästä voidaan nähdä, kuinka paljon lamppu säteilee esimerkiksi infrapunaa tai ultraviolettia. Valmistajat ilmoittavat tietoja aallonpituuksien spektrijakautumasta, tavoitteena varmistaa lamppujen sopivuus valaisuun.

UV-säteily

Ultraviolettisäteet ovat säteilyä aallonpituusalueella 100 nm - 380 nm. Yli 380 nm aallonpituudella säteily ilmenee näkyvänä valona. Alle 100 nm aallonpituudella säteilyä kutsutaan röntgensäteilyksi. Ultraviolettisäteilyä on kolmea lajia: UV-A, UV-B ja UV-C. Mitä lyhyempi aallonpituus, sitä vahingollisempaa UV-säteily on ihmiselle.

Valaistusvoimakkuus

Määrettä käytetään valaistulle pinnalle lankeavan valon vaikutuksen mittaamiseen. Arvo ilmaistaan lukseissa (lx). 1 luksi tarkoittaa 1 m² kokoisen pinnan valaisua valovirralla 1 lm.

Valotehokkuus

Kertoo lampun antaman valovirran suhteessa kulutettuun sähkötehoon, yksikkö lm/W.

Valovirta

Myös "lampun kirkkaudeksi" kutsuttu valovirta on valolähteen kaikkiin suuntiin säteilemän valon kokonaismäärää. Ilmaistaan lumeneissa (lm) tai lyhenteellä MSCP (Mean Spherical Candle Power, ympärisäteilevä valoteho). Huomaa: 1 MSCP = 1 lm/12,56.

Valovoima

Valovirran voimakkuus mitattuna yhdestä suunnasta määrättyssä kulmassa. Se ilmaistaan kaneloissa (cd).

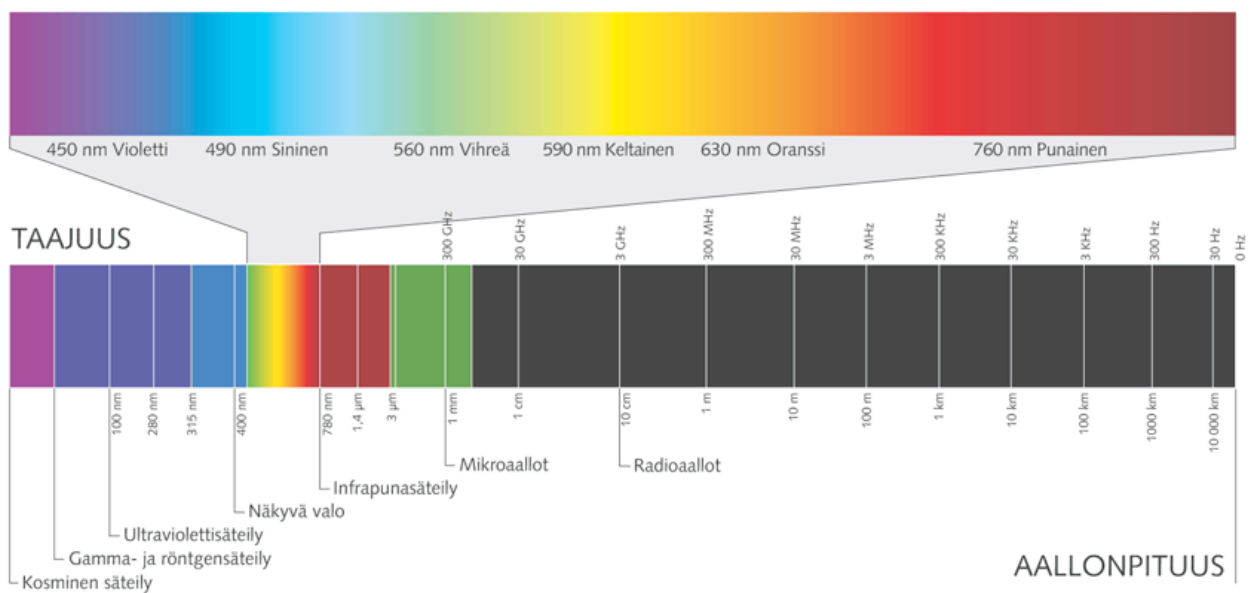
Väriämpötila

Väriämpötila on suure, jonka avulla määritellään valkoisen valon kyky toistaa värejä. Yksikkönä käytetään Kelvin-astelukua. Tämä suure on suoraan riippuvainen lampun säteilemän valon spektrin jakautumasta eri aallonpituuksille. Väriämpötilaa kuvaava käyrä sisältää "valkoisen" valon alueella valkoisia "lämpimistä sävyistä" (noin 3 000°K), valkoisen "kylmiin sävyihin" (noin 8 000°K).

Värintoistoindeksi (RA-indeksi)

Valolähteen kyky tuoda esille erilaisia värejä. Värintoistoindeksin arvo vaihtelee välillä nollassa sataan. Mitä suurempi lukuarvo, sitä enemmän värejä valo pystyy toistamaan. Luonnonvaloa pidetään täydellisenä valona ja sen indeksiksi on siten asetettu 100.

Valon aallonpituudet ihmissilmälle näkyvällä alueella:



Lähde: www.lamptech.co.uk

...

1 JOHDANTO

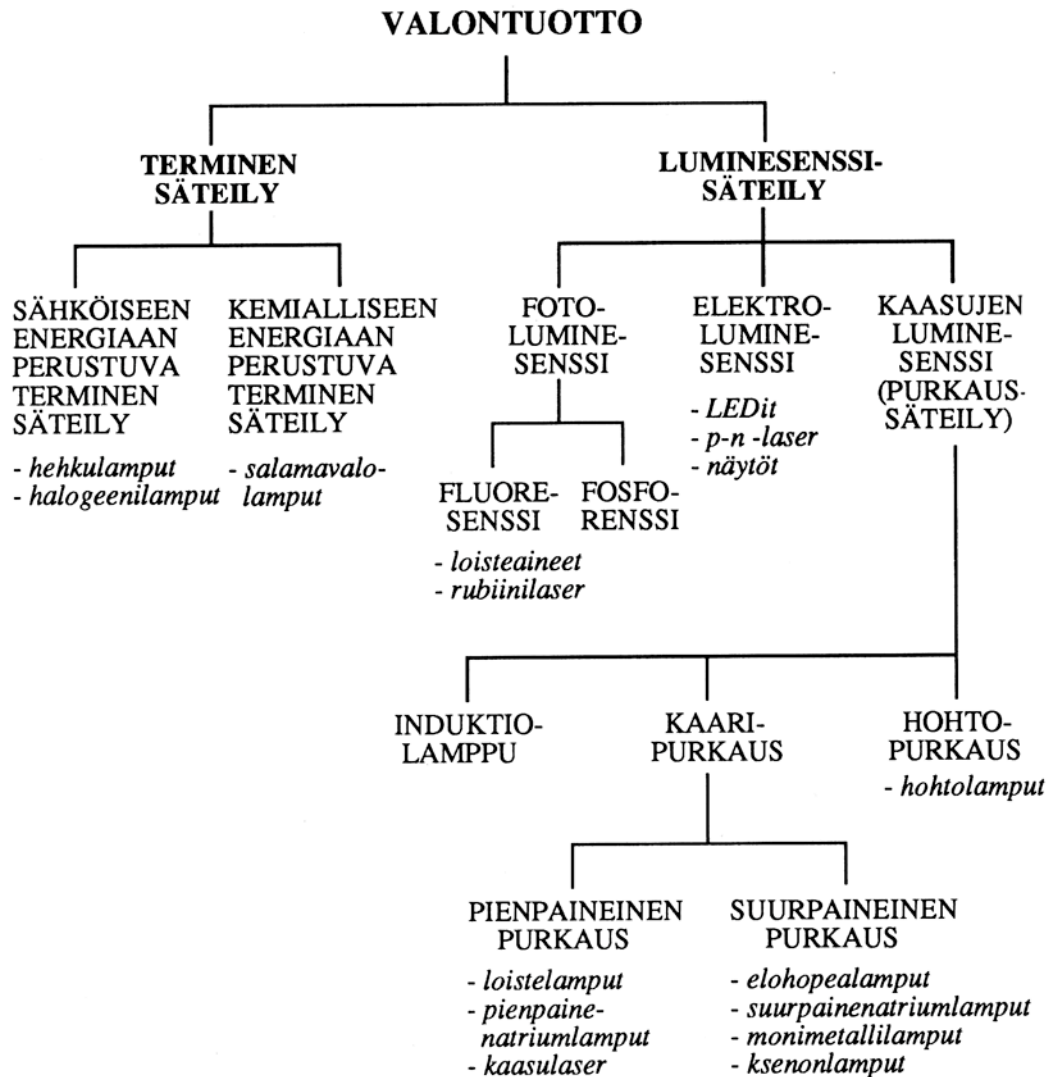
Yhteiskunta käy kiinni sähkönkulutukseen ja sähköisten laitteiden energiatehokkuuteen koko ajan kovenevalla kädellä. Euroopan Unionin päättävät elimet tekevät energiatehokkuuteen vaikuttavia päätöksiä, joiden vaikutukset nähdään kotitalouksissa, yrityksissä ja koko maan sähkönkulutuksessa ja ympäristölle haitallisten aineiden tuottamisen rajoittamisessa. Yhä suurempi osa ihmisistä on herännyt kyselemään energiankulutuksellisia kysymyksiä. Yhtenä kipinä kyselyyn on ollut direktiivien vaikutusten ulottuminen kotitalouksiin asti. Selkeimpänä direktiivi, joka vähitellen poistaa hehkulamput kotejamme valaisemasta. Hehkulampan yli 130-vuotinen elinkaari on siis katkeamassa. Kun valotehokkuutta vaaditaan jo kotitalouksien valaisimissa, mitä vaatimuksia on esitetty näyttämötaiteiden valaisuun? Tarkastelen opinnäytetyössäni tätä aikakautemme vaatimusta energiatehokkuuteen ja sitä, kuinka nämä vaatimukset vaikuttavat esittävien taiteiden parissa työskentelevän valosuunnittelijan työhön.

Opinnäytetyöni pyrkii valottamaan sähköisten valonlähteiden kehittymistä valotehokkuuden ja tekniikan kehittymisen näkökulmasta. Lähdän liikkeelle ensimmäisistä soveluksista sähköisiksi valonlähteiksi ja seuraan lamppujen kehityksen kaaria nykypäivää lähestyen. Näiden asioiden läpikäyminen auttaa käsittämään tämän suhteellisen lyhyessä ajassa tapahtuneen teknisen kehityksen ja ymmärtämään nyt tapahtuvaa murrosta ja tarvetta valonlähteiden energiatehokkuusvaatimuksille.

Osa opinnäytetyöstäni käsittelee juuri tätä murrosta energiatehokkuusvaatimuksissa ja käyn läpi tapoja, joilla Euroopan unioni pyrkii säätelemään sähkölaitteiden energiatehokkuutta. Nämä myös valaisimiin kohdistuvat energiatehokkuusvaatimukset vaikuttavat konkreettisesti paitsi kotien valonlähteisiin, mutta tulevat – samoja linjoja noudattaessaan - vaikuttamaan myös esittävien taiteiden parissa käytettäviin valonlähteisiin. Haastatteluiden avulla yritän selvittää, kuinka paljon nämä direktiivit ovat vaikuttaneet valosuunnittelijoiden suunnitelmiin ja ajatusmaailmaan. Yritän löytää vastauksia kysymykseen: onko valosuunnittelijalla edes mahdollisuutta ottaa huomioon energiatehokkuutta suunnitelmissaan?

2 SÄHKÖISEN VALONTUOTON JAOTTELU

Kaikessa valontuotossa näkyvä valo säteilee fysikaalisesta aineesta, olkoot aine sitten hehkulampun hehkulanka, loistelampun loisteaine tai purkauslampun täyttökaasu. Keinovalon tuottaminen tapahtuu karkeasti jaotellen kahdella tavalla: termisenä säteilyinä ja luminesenssisäteilyinä.

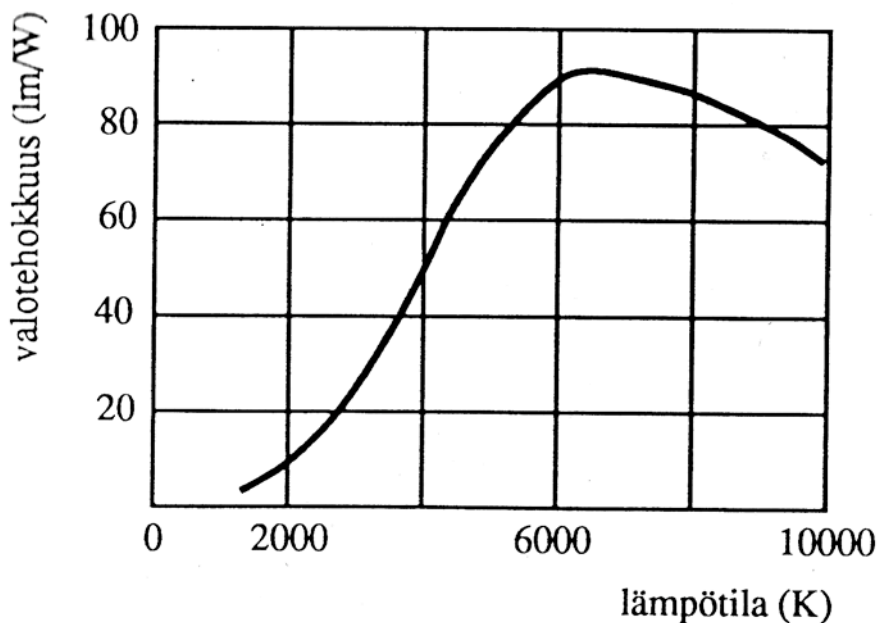


KUVA 1. Sähköisen valontuoton jaottelu (Lähde: Halonen 1992)

2.1.1 Terminen säteily

Termisessä säteilyssä on kyse - kuten jo nimikin kertoo - aineen lämpöliikkeestä. Kuumennettaessa kappaletta siinä olevat atomit virittyvät lukuisten vuorovaikutusten seurauksena ja kappaleen lämpötila nousee. Lämpötilan noustua n. 1000 Kelviniin (n.727°C) siirtyy sähkömagneettinen säteily näkyvän valon alueelle. Mitä korkeammaksi lämpötila

nousee, sitä tehokkaammin ja valkoisemmin aine säteilee. Aineessa siis atomit, ionit ja molekyylit värähtelevät kaikilla mahdollisilla aallonpituuksilla ja tämän takia termisen säteilyn tuottama valon spektri on jatkuva. Teoreettisesti termisen säteilijän suurin mahdollinen valotehokkuus voi olla noin 90 lm/W, joka saavutetaan noin 6500 K lämpötilassa. Käytännössä säteilevän materiaalin oma sulamispiste asettaa kuitenkin rajan korkeimmalle lämpötilalle (volframilla noin 3655 K) (Halonen 1992). Tunnetuin termisen säteilijä on hehkulamppu.



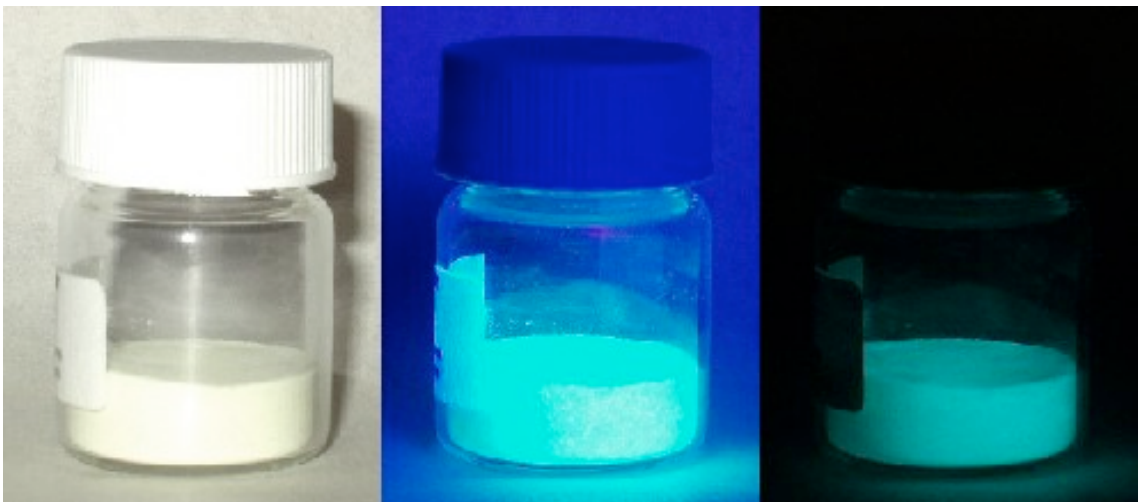
KUVA 2. Lämpötilan vaikutus hehkulangan valotehokkuuteen. (Lähde: Halonen 1992)

2.1.2 Kemiallinen hehkusäteily

Termisen säteilyn yhteydessä voi kappaleen pinnalla tai sitä ympäröivässä kaasussa syntyä säteilyä, joka on voimakkaampaa kuin kappaleesta emitoituva termisen säteily. Näin tapahtuu esimerkiksi hiilikaarilampun valontuottamisprosessissa: lampussa hehkuu paitsi elektrodit, myös elektrodimateriaalista höyrystyvät kaasut. Tällöin säteilevää spektrijakaumaa ja valotehokkuutta voidaan säädellä elektrodien seosaineilla. (Halonen 1992).

2.2.1 Luminenssisäteily

Luminenssilla tarkoitetaan ilmiötä, jossa kappale varaa näkymätöntä energiaa ja vapauttaa sen näkyvänä valona. Luminenssisäteily tuottaa valoa vain tietyillä aallonpituuksilla tai spektrin osilla, riippuen säteilyä lähettävästä aineesta. Luminenssisäteilyllä näkyvää valoa tuottavia valonlähteitä vertaillen on spektrijakaumalla hyvin suuri merkitys. Heikko värinostavuus olikin tekijä, joka piti nämä valonlähteet pitkään pois sisätiloista. Nykyään luminenssisäteilijöiden spektrijako on - säteilevästä kappaleesta riippuen - termisen säteilijän luokkaa. Kun luminenssisäteilyä tapahtuu kiinteässä aineessa, käytetään siitä termiä loistesäteily. Loistesäteilyssä näkyvänä valona säteilevä aallonpituus on eri kuin aineeseen absorboituvan säteilyn aallonpituus. Luminenssisäteily voidaan jakaa kahteen valontuottamistapaan: fotoluminesenssiin ja elektroluminesenssiin. (Halonen 1992).



KUVA 3. Esimerkki fosforensista: europiumilla terästettyä strontium-silikaattijauhetta päivänvalossa, pitkä aaltoisessa UV-säteilyssä ja pimeässä
(Lähde: chemistry.about.com)

2.2.2 Fotoluminenssi

Fotoluminesenssissa ainetta kiihdytetään ultraviolettisäteilyllä tai elektroneilla, jolloin se alkaa emitoida näkyvää valoa. Fotoluminenssisäteily perustuu siis atomien ja molekyylien kykyyn ottaa vastaan ja luovuttaa energiaa. Fotoluminenssi voidaan jaotella vielä fluoresenssiksi ja fosforenssiksi. Nämä eroavat toisistaan sen perusteella varastoituko vastaanotettu energia ja säteileekö se viiveellä. Fluoresenssi-ilmiössä kappale ottaa vastaan esim. silmälle näkymätöntä ultraviolettivaloa ja luovuttaa sen näkyvänä valona (loisteputket toimivat tällä periaatteella). Fosforoiva aine imee sähkömagneettis-

ta säteilyä ja säteilee viiveellä pienempi energistä säteilyä. (Halonen 1992). Mustan valon teatteriesitykset perustuvat fosforenssin toimintaperiaatteelle.

2.2.3 Elektroluminenssi

Elektroluminenssiksi kutsutaan kaasussa ja kiinteässä aineessa sähkökentän vaikutuksesta syntyvää säteilyä. Elektroluminesenssissa säteilyä emitoituu kahdella tavalla, riippuen säteilevästä materiaalista. Puolijohteissa (kiinteässä aineessa, esim. ledit) sähköisen varauksen kuljettava elektroni voi olla varaukseltaan joko positiivinen tai negatiivinen, ja palautuessaan luonnolliselle energiatasolleen tai kun se pakotetaan alemmalle energiatasolle, se purkaa varauksensa monokromaattisena valona - siis valona, jossa on ainoastaan yhtä aallonpituutta. Loisteaineissa tapahtuvaa elektroluminenssia ei olla vielä pystytty täysin selittämään, mutta siinäkin on kyseessä varauksen omaavan hiukkasen rekombinoitumisesta. (Halonen 1992).

Kuvan 1 esittämä valonlähteiden jako on hyvin karkea ja valontuotto tapahtuukin monissa lampuissa eri tapoja yhdistelemällä: purkauslamppujen tuottama valo on pääasiassa kaasujen luminesenssiä, mutta myös termistä säteilyä - täytyyhän lämpötilaa nostaa hyvin korkeaksi, että tuotetaan tarpeeksi infrapunasäteilyä loisteaineiden aktivoimiseksi. Loistelamppujen tuottama valo on pääosassa loisteaineiden luminenssisäteilyä, vaikka valontuotto perustuu kaasussa tapahtuvaan sähköpurkaukseen. (Halonen 1992).

3 VALONLÄHTEIDEN HISTORIA JA VALOTEHOKKUUDEN KEHITTYMINEN

Sähkövalon kehittyminen lähti 1800-luvun alussa valon tuottamistekniikkansa perusteella kolmeen eri suuntaan: hehku-, kaaripurkaus- ja purkauslamppuun. Näitä kehityskaaria käsittelemme seuraavaksi.

3.1.1 Kaaripurkauslamppu ja Jablochhoffin kynttilä

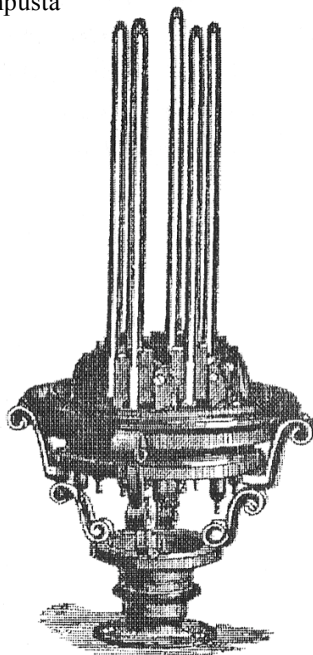
Kaaripurkauslamppu

Vuonna 1809 englantilainen fyysikko Humphry Davy keksi, kuinka sähköisesti tuotetaan valokaari. Saadakseen aikaan tämän valoilmion hän oli johtanut 2000-elementtisen galvaanisen pariston navoista sähköä lähemmäs oleviin hiilikärkiin, jolloin kärkien väliin syntyi kirkas kaaren muotoinen liekki (Subjic 1993). Tämä keksintö oikeutti Davyn vastaanottamaan Napoleonin palkinnon vuoden parhaasta sähkökeksinnöstä. Mutta koska halpaa ja stabiilia sähkönlähdettä ei vielä löytynyt, ei keksinnöstä ollut vielä hyötyä teollisuudelle, eikä kotitalouksille.

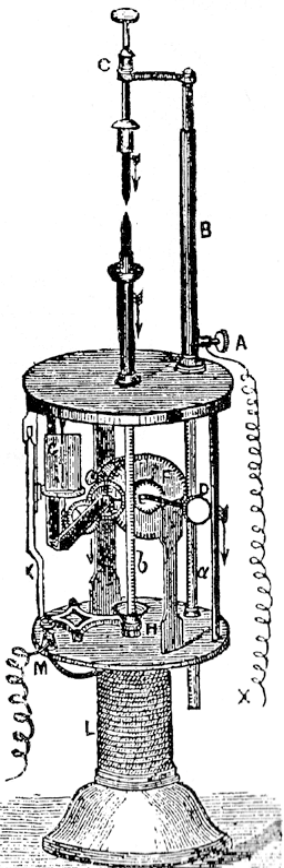
Lindellin (1994) mukaan vasta vuoden 1880 saapuessa oli keksitty tarvittavat elementit, jotta Siemens & Halskenilla työskentelevä insinööri von Hefner-Alteneck pystyi rakentamaan differentiaalikaarilampun, jolla valaistiin Berliiniä, etenkin Potsdamer Platz ja Leipziger katu. Kotitalouksiin tämä lamppu oli liian kirkas. (Lindell 1994).

Jablochhoffin kynttilä

Seuraava askel kohti kotitalouksissa käytettävää valaisinta oli ns. Jablochhoffin kynttilä. Pavel Jablochhoff oli venäjän armeijan lennätininsinööri ja vuonna 1876 hänen onnistui kehittää kaarilamppu, joka oli tarpeeksi kompakti ja himmeä käytettäväksi avarissa sisätiloissa, esim. tavarataloissa. Lamppu toimi vaihtovirralla ja kulutti kaksi valonsynnyttämiseen tarvittavaa hiilitankoa puolessatoista tunnissa. Day (1996) huomioi kirjassaan, että Jablochhoffin kynttilä oli ensimmäinen patentoitu sähköinen valonlähde, joka käytti muuntajaa vaihtovirtaverkossa antaakseen lampulle sähköä.



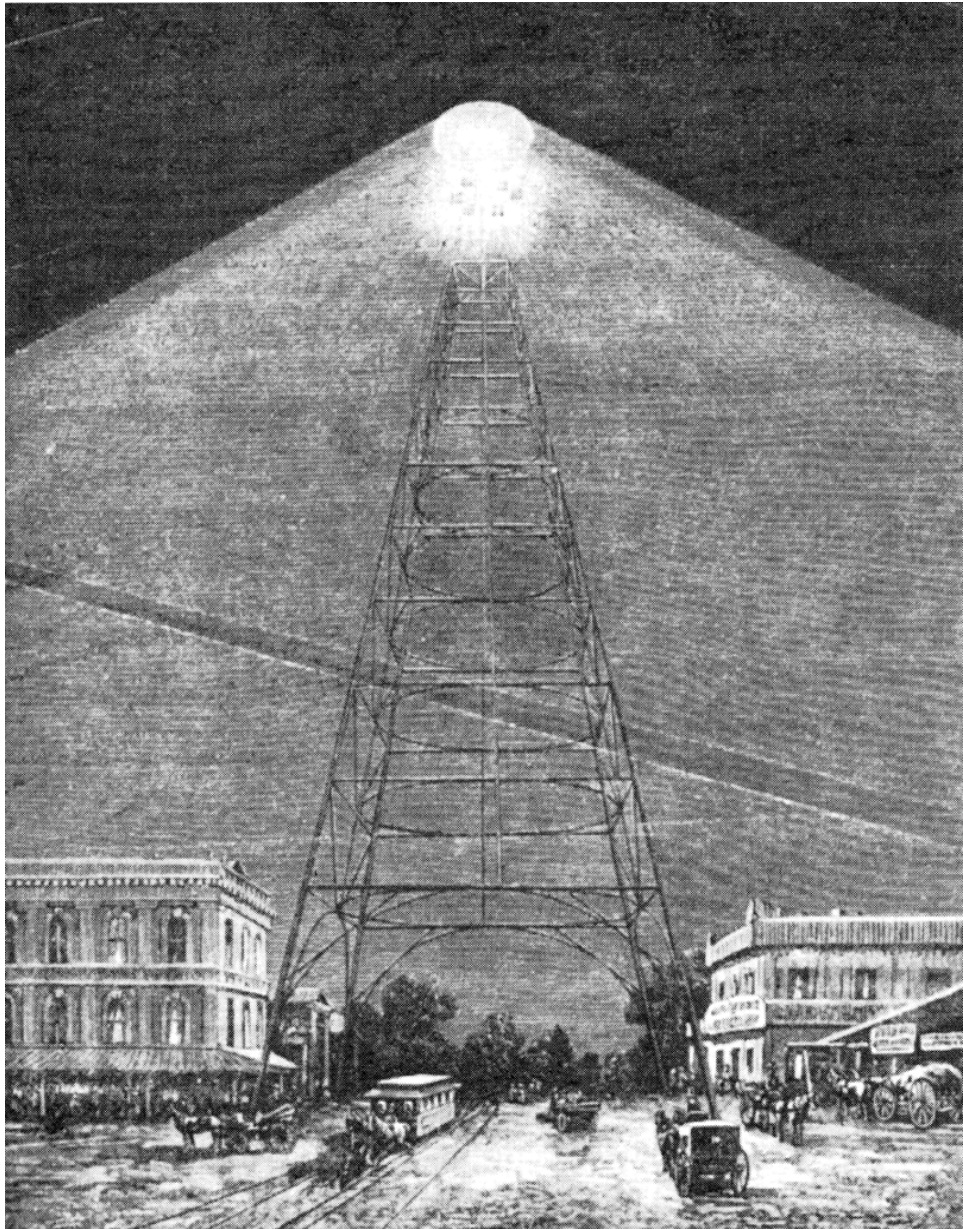
KUVA 5. Hahmotelma Jablochhoffin kynttilästä
(Lähde: Lindell 1994, s.276)



KUVA 4. Hahmotelma kaarilampusta
(Lähde: Lindell 1994, s.274)

Yhteen valaisimeen näitä tankoja pystyttiin kerralla asentamaan kuusi kappaletta, joten yhtäjaksoista valoa valaisimesta saatiin noin yhdeksän tunnin verran. Lampusta lähti noin 100-700 normaalikynttilän verran valoa, koosta riippuen. Kotitalouksissa käytettäväksi lamppu oli kuitenkin edelleen liian kirkas ja sen käyttäminen tuli suhteellisen kalliiksi, mutta esimerkiksi elokuvateollisuus ja teatterit toivottivat kaarilampun tervetulleeksi juuri sen suuren valovoiman takia. (Lindell 1994).

Jablochkoffin kynttilää kokeiltiin myös kaupunkivalaistuksen parissa. Kaarilampusta yritettiin kehitellä kaupunkivalaistukseen kelpavaa sovellusta, jossa yhden lampun valo vietäisiin tarpeeksi korkealle jotta se valaisisi mahdollisimman suuren pinta-alan. (Lindell 1994). Tätä käytettiin esimerkiksi San Josen kaupungissa 1900-luvulle asti, jonka jälkeen rakennukset purettiin ja siirryttiin hehkulamppuvalaistukseen.



KUVA 6. San Jose'n kaupungin valotorni vuodelta 1885 (Lähde: Lindell 1994, s.277)

3.2.1 Hehkulampun synty ja kehitys

Kilpailu ensimmäisen sähköllä toimivan hehkulampun kehittämiseksi ja sytyttämiseksi oli tiukka: Euroopassa ja Amerikassa tehtiin samanaikaisesti kokeiluja hehkulampun kanssa. Lindellin (1994) mukaan Englannissa Joseph Wilson Swan aloitti tutkimuksensa hehkulampun kanssa vuonna 1848 ja seuraavien kolmenkymmenen vuoden aikana ratkaisi monia valmistukseen liittyviä käytännön ongelmia. Yhtä ongelmaa hän ei silti kyennyt ylittämään: hän ei pystynyt luomaan kunnollista tyhjiötä hehkulampun lasikuvun sisälle ja näin hehkuelementti pääsi oksidoitumaan. Subjic (1993) siteeraakin Edisona kuvaillen ensimmäisten hehkulamppujen ongelmaa: ensimmäinen lamppu ”*loisti kuin tähti yössä 45 tunnin ajan ja sitten se himmeni hämmästyttävän nopeasti.*”

Tyhjiö oksidoitumista hillitsemään

Kun vihdoinkin kunnollinen tyhjiöpumppu oli keksitty, oli mahdollista tuottaa hehkulampun kuvun sisälle tyhjiö, joka hidasti hehkulangan oksidoitumista huomattavasti. Swan pääsi esittelemään toimivan hiililankalamppunsa tieteelliselle yleisölle Englannissa joulukuussa 1878, kun taas Amerikassa Thomas Alva Edison esitteli oman hehkulamppunsa vasta lokakuussa 1879. Edison kuitenkin voitti juoksun hehkulamppujen massatuotantoon laittamisessa valaisten tutkimuslaboratorionsa 25 hehkulampun valolla jo vuoden 1879 viimeisenä päivänä. Swan sai oman valmistuslinjansa selvitettyä vasta vuoden 1881 aikana, joten Edisonin nimi on syöpynyt samalle historian kirjan sivulle yhdessä hehkulampun kanssa. (Lindell 1994).

Puitteet massatuotannolle

Sekä Edisonin että Swanin hehkulamppussa valonlähteenä oli hiilikaarellinen hehkulanka. Edison kehitti lamppunsa valonlähteeksi pahvista johdetun hehkulangan, jonka valmistuskulut olivat tarpeeksi pienet massatuotantoa silmällä pitäen. Andrews (2007) mukaan innoituksena pahvisen hehkulangan käytölle oli amerikkalaisten William Sawyerin ja Albot Manin kokeilut, joiden kehittämistä periaatteista Edison teki oman käytännöllisemmän versionsa. Tällä ensimmäisellä tuotantoon menevällä hehkulampulla oli valotehokkuutta 3 lm/W ja se kulutti noin 100 wattia sähköä. (Lindell 1994).

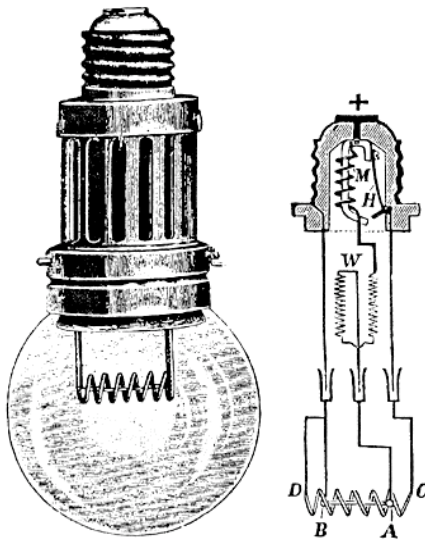
Edistysaskelia hehkulangassa

Kaasulamppu oli pitkän aikaa vakava kilpailija hehkulampulle, etenkin 1890-luvulla, jolloin kaasulampun valovoimakkuus lisääntyi huomattavasti kehityksen myötä. Vuonna 1891 itävaltalainen Auer von Welsbach otti hehkulampun toimintaperiaatteen kirkkaasti valaisevasta hehkuelementistä ja siirsi sen kaasulamppuun. Onnistumisen myötä kansa alkoi jälleen suosia kaasuvaloa valonlähteenä. Uudessa kaasulampussa kuumentavana elementtinä oli harvinaisilla maametalleilla kyllästetty sukka, jonka paineella puhaltava poltinliekki saattoi korkeaan lämpötilaan. Nyt tutusta ja luotettavasta kaasulampusta tuli niin suosittu, että sähköyhtiöille näytti lamakausi koittaneen. (Lindell 1994).

Hehkulampun kehitys ei kuitenkaan pysähtynyt: 1880-luvun loppupuolelta pitkälle 1890-luvun alkuun Edison paranteli hehkulamppuaan taukoamatta - joka vuosi tuli markkinoille uusi, paranneltu versio (Covington, 1988). 1890-luvulla tullessa havaittiin hiililankalampun kehityksen tulleen lakipisteeseensä, joten alkoi etsintä uudesta aineesta käytettäväksi hehkuelementtinä. Swanin lampussa hehkulangaksi oli jalostunut nitroseluloosasta puristettu lanka, jolla oli 500-800 tunnin polttoikä. Valotehokkuudeksi saatiin 3,4 lm/W (Lindell 1994).

Nernstin lamppu

Auer-lampun kehityksen innoittamina hehkulampun hehkulankana kokeiltiin nyt muita korkeita lämpötiloja kestäviä aineita. Göttingenin yliopistossa professori H.W. Nernst kehitti maametallien (thorium, zirkonium ja cerium) oksideista hehkupuikon, joka kesti noin 2350°C lämpötilaa. Haittapuolena puikossa oli, että se johti sähköä vain kuumana, ja sitä piti siis ensin lämmittää liekillä 15-20 sekuntia. Nernstin lampun valotehokkuus oli luokkaa 6,5 lm/W, siis puolet tehokkaampi kuin hehkulankalamppu. Nernstin lamppu oli lämmitysmekanisminsa takia oli monimutkainen ja herkkä. (Lindell 1994). Hutchison (2009) näkee Nernstin lampun tilanteen tuolloin samankaltaisena, mikä tilanne oli hehkulampun ja energiansäästölampun välillä muutama vuosi sitten: Nernstin lamppu oli hieman kalliimpi ja toimintamekanismiltaan monimutkaisempi, mutta myös kaksi kertaa valotehokkaampi. Ehkä syy, miksi Nernstin lamppu ei yleistynyt, oli juuri korkeissa alkukustannuksissa. Nernstin lampussa oli myös mukana idea lampun mekaniikan kierrättämisestä niin, että ainoa kuluva ja vaihdettava osa lampussa oli hehkupuikko.



KUVA 7.

Hehkulanka (CD) lämmittää hehkupuikkoa kytkeytyy pois, kun puikko alkaa hehkua.

(Lähde: Lindell 1994, s.285)

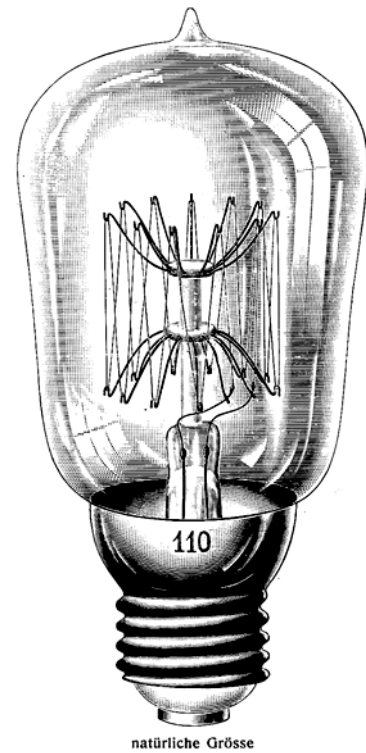
Hiililankalampusta metallilankalamppuun

Kaasulampun kehittäjä Auer von Welsbach kehitti myös hehkulamppua ottamalla hehkuvaksi elementiksi osmiumlangan, joka kesti 2500°C lämpötilaa. Näin syntyi lamppu, jolla oli Nernstin lampun valotehokkuus, mutta jota ei tarvinnut esilämmittää. Lampussa oli vielä tarvetta kehitykselle, sillä osmiumlangan pieni ominaisvastus tarkoitti sitä, että lamppuun oli saatava mahtumaan joko huomattavan pitkä hehkulanka tai sitten sen käyttöjännitettä oli alennettava. Lamppuun saatiin mahtumaan vain noin 80 senttiä pitkä lanka, joka asetti käyttöjännitteeksi 30-40 voltia. 110 voltin verkkojännitteen vuoksi oli pakko kytkeä aina kolme lamppua sarjaan. (Lindell 1994).

Hehkulangaksi tantaalilanka

Vuonna 1902 käyttöjännite-ongelmaan kehitti ratkaisun Siemensin palkkaama kemisti Werner Bolton (Siemens AG 2009). Hän käytti hehkulankana uutta ainetta, tantaalia, jonka sulamispiste oli 2800°C . Tantaalilangan ominaisvastus oli osmiumlangan tapaan pieni, joten Siemens&Halske joutui vielä kehittämään tavan saada lampun sisälle mahtumaan riittävä määrä hehkulankaa. He kehittivät langanpidikkeen, jonka avulla lamppuun saatiin zigzag-kuvion muodossa mahtumaan tarvittava määrä tantaalilankaa. Tarpeeksi pitkän hehkulankansa ansioista käyttöjännitettä ei tarvinnut alentaa (Lindell 1994). Tantaalilangallinen lamppu pystyi antamaan 6 lm/W valotehon, joka oli hiililankalamppuun verrattuna kaksinkertainen. (Covington 1998).

KUVA 8.
Siemensin kehittämä tantaalilamppu ja
hehkulangan pidike
(Lähde: w1.siemens.com)



Hehkulangaksi volframilanka

Tantaalilamppu oli huomattava edistysaskel ja sitä alettiin markkinoida vuonna 1905, mutta hehkulampun kehitys ei tähän pysähtynyt. Itävaltalaiset Alexander Just ja Franz Hanaman onnistuivat jo vuonna 1904 käyttämään hehkulampussa volframilankaa, joka mahdollisti 3400°C käyttölämpötilan. Volframilampun parempi tehokkuus syrjäytti sekä tantaalilampun että kaasuvalon pois markkinoilta. Auer von Welsbachin omistama yhtiö valmisti ensimmäisenä volframhehkulamppuja vuonna 1906. Metalliseoksena oli ensin osmiumin ja volframin sekoitus, joten lamppuja markkinoitiin nimellä Osram. Myöhemmin osmium jätettiin kuitenkin kokonaan yhtälöstä pois. Näin syntyi lamppu, jolla oli 10 lm/W valoteho. Ja nimi Osram säilyi. (Lindell 1994).

Metallilankalampuilla oli ominaisuuksia, jotka erottivat ne hiililankalampuista: metallilankalamppujen tummeneminen oli erittäin vähäistä ja niiden käyttöikä oli alusta alkaen 1000 tunnin luokkaa. Silti vuonna 1910 hehkulamppukanta oli hiililankalamppupainotteista ja vasta vuonna 1920 todettiin hiililankalamppuja olevan käytössä enää pari prosenttia. Tuotteet vaihtuivat markkinoilla jo tuolloin erittäin hitaasti. (Lindell 1994).

Jalokaasua kuvun sisään

Hehkulamppujen valotehokkuus saatiin nousemaan 20 lm/W kohti vuonna 1913 kun amerikkalainen Langmuir keksi täyttää lampun kuvun kaasulla. Kaasuna käytettiin epäaktiivista tyyppiä tai jalokaasua, jolloin lampussa voitiin käyttää yhä korkeampaa lämpötilaa ja näin valoteho oli huomattavasti parempi. Korkean lämpötilansa takia kaasutäyt-

teinen lamppu soveltui paremmin ulkovalaistukseen kuin sisälle kotitalouksiin (Lindell 1994). Kaasutäytteinen hehkulamppu syrjäyttikin kaarilampun ulkovalaistuksessa. Samana vuonna keksittiin ottaa hehkulankaan käyttöön kaksoiskierre. Tämä antoi hehkulampulle pidemmän käyttöiän. (Sudjic 1993).

Vuoden 1913 jälkeen hehkulamppujen kehityksessä ei päästy enää merkittävästi eteenpäin.

3.2.2 Hehkulampun toimintaperiaate

Hehkulamppussa valo syntyy sähkövirran kulkiessa suurivastuksisen hehkulangan läpi (Philips 2006). Lanka kuumenee hehkuvaksi ja langassa olevat metalliatomit virittyvät. Valoa syntyy metalliatomien viritystilan purkautuessa fotoneina. Volframilla on erittäin korkea sulamispiste (3410°C), joten se sopii hyvin käytettäväksi hehkulankana. Hapettumisen estämiseksi hehkulanka on lamppussa sijoitettu tyhjiöllä tai reagoimattomalla kaasulla (yleensä typen ja argonin sekoitusta) täytetyn lasikuvun sisään. Ajan myötä volframiatomit haihtuvat hehkulangasta ja tämä tummentaa lasikuvun sisäpintaa. Hehkulampun eliniän määrittää se, kuinka kauan hehkulanka kestää kuormittamista. (Lamp-tech, 2009).

Nykyään käytössä olevien hehkulamppujen sähköenergiasta purkautuu noin 90-95% lämpönä ja siis vain 5-10 % valona. Valotehokkuus on 8-16 lm/W luokkaa. (Philips 2006).

3.3.1 Halogeenilla parempi valoteho

Seuraava askel hehkulampun eliniän ja valotehokkuuden parantamiseksi oli halogeenien käytön keksiminen. Halogeenilampun toiminnan selittävä patentti oli julkaistu jo vuonna 1881. Tässä julkaisussa esitettiin halogeenin ja volframin välillä tapahtuva hyödyllinen reaktio. Reaktio saatiin valjastettua käytännön hyödyksi vasta vuonna 1959, jolloin halogeenilamppujen täytekaasuna oli vielä jodi. (Halonen 1992).

Lamppua oli paranneltu hehkulamppusta lisäämällä lampun sisällä olevaan kaasuun pieni määrä halogeenia. Halogeeni palautti hehkulangasta pakenevan volframin takaisin hehkulankaan. Lampun käyttölämpötilan tuli olla huomattavasti korkeampi, jotta tämä volframin kiertokulku mahdollistuisi. Tästä syystä piti kehittää myös lampun polttimoa,

sillä saavuttaakseen näin korkean käyttölämpötilan, piti polttimon sisällä olevan ilmanpaineen olla huomattavasti korkeampi. Aiemmin käytetty lasista valmistettu polttimo ei kestänyt tarvittavaa painetta ja lämpötilaa. Kehittelyn jälkeen käyttöön otettiin kvartsilasista tehty polttimo, joka mahdollisti paitsi tarvittavan korkeamman käyttölämpötilan ja tehokkaamman valaisuvoiman, myös pidensi lampun käyttöikä. (Sheppard 2005). Uudemmissa halogeenilamppusukupolvissa käytetään nykyään myös infrapunapinoitettua lasia, joka lisää valotehokkuutta entisestään.

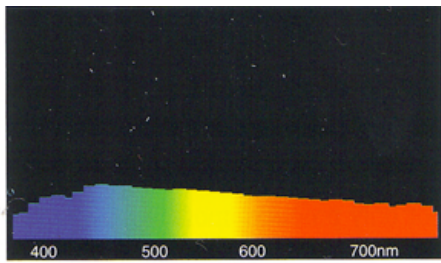
3.3.2 Halogeenilampun toimintaperiaate

Halogeenilampun toimintaperiaate on sama kuin hehkulampun. Ero näiden välillä löytyy polttimon sisällä olevasta kaasusta ja polttimon valmistusaineesta. Halogeenikaasu muuttaa polttimon sisällä tapahtuvaa aineiden yhdistymistä ja purkautumista seuraavalla tavalla: hehkulangasta haihtunut volframi reagoi kaasuuntuneen halogeenin kanssa ja kun tämä yhdiste osuu erittäin korkean lämpötilan omaavaan hehkulankaan (2800- 3000 °C), yhdiste hajoaa ja volframi palautuu hehkulankaan. Tämä kiertokulku ja lasikuvun huomattavasti korkeampi paine antaa paitsi lampulle pidemmän käyttöiän, mutta myös mahdollistaa korkeamman käyttölämpötilan, jolloin valotehokkuus kasvaa miltei 50 % hehkulamppuun verrattuna. (Lamput ja valaisimet 1999).

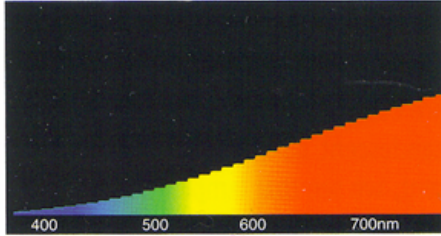
Hehkulankana volframin teoreettinen maksimivalotehokkuus on 53 lm/W, mutta koska tämän valotehokkuuden tavoittamiseksi vaaditaan noin 3380 °C lämpötila, ei näihin arvoihin päästä. Kun hehkulangassa kulkee 10 A:n virta, saadaan valotehokkuudeksi maksimissaan 40 lm/W. Tällöin lampun elinikä on ainoastaan muutaman tunnin pituinen. Halogeenilamppujen valotehokkuudeksi ilmoitetaankin 15-35 lm/W, riippuen vaadittavasta eliniästä. Nämä valotehokkuudet vastaavat hehkulangan lämpötilaa välillä 2400 - 3250 °C. (Halonen 1999).

3.4.1 Hehku- ja halogeenilampun käyttö näyttämötaiteissa

Teatterissa katsoja ei juurikaan kiinnitä huomiota valon väriämpötilaan. Vasta kun näyttämöllä on yhtä aikaa eri väriämpötilan omaavaa valkoista valoa, esim. kynttilän valo (n. 1500 K) ja korkeamman väriämpötilan omaava purkauslamppu (xenon-kaasulla toimiva purkauslamppu, 6000 K), eron huomaa selvästi (Keller 1999). Tunnelman rakentaminen tällä valkoisena nähtävän valon eri väriämpötiloilla on hyvin



Päivänvalon spektri



Hehkulampun spektri

Kuva 9
Hehkulampun ja päivänvalon
spektrijakauma
(Lähde: Keller 1999)

käytettynä erittäin huomaamatonta ja tästä syystä vaikuttaa katsojaan syvemmillä tasolla. Hehkulampun huomattavasti huonompi valotehokkuus tarkoittaa myös sitä, että näyttämön valaisuun täytyy käyttää enemmän sähkötehoa kuin jos valaisisi korkeamman valotehokkuuden omaavilla valonlähteillä. Mitä enemmän sähköä valaisuun käytetään, sitä enemmän sitä hukkaantuu lämpönä näyttämöä ympäröivään ilmaan ja sitä tukalampi olo on näyttelijöillä (Keller 1999). Lämpö vaikuttaa paitsi näyttelijöihin, myös laitteistoon ja esimerkiksi käytössä oleviin värikalvoihin. Lämpö pitää joissain tapauksissa saada siirrettyä teatteritilasta pois, ja tällöin teatterille tulee huomattavia kustannuksia ilmastoinnin järjestämisen suhteen.

Hehkulampun säteilemä spektri on jatkuva, mikä tarkoittaa että se toistaa hyvin näyttämöllä esiintyvät väriskaalat. Lisäksi hehkulampun himmentäminen on portaaton. Himmennettäessä hehkulamppua ns. punasiirtymä aiheuttaa sen, että valon punaiset aallonpituuden voimistuvat entisestään. Tästä syystä kylmiä / sinisiä sävyjä saadakseen on lampua käytettävä mahdollisimman suurella teholla.



MR16 35w

GE HPL 750w

GE T-3 50w

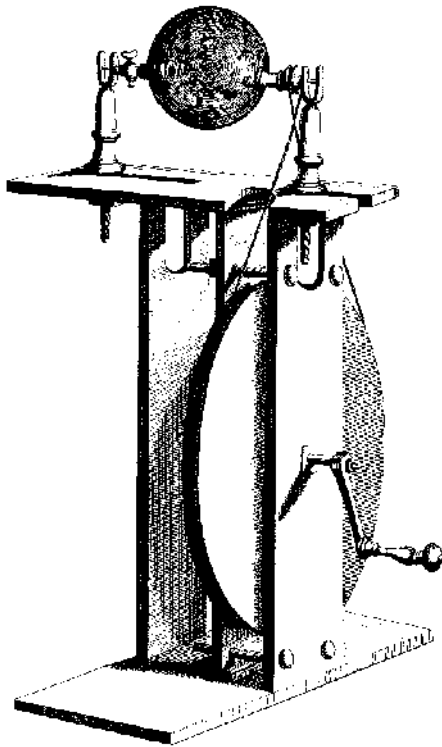
KUVA 10.
Erilaisia halogeenilamppuja
(Lähde: www.bulbman.com)

3.5.1 Purkauslampun kehityshistoria

Sähköisten valonlähteiden kehityksessä oli hehkulampun kehittämisen lisäksi otettu myös toinen suunta kaarilampun keksimisen myötä. Tässä suunnassa valon syntyminen perustuu sähköisen jännitteen purkautumiseen ja siitä syntyvään energian vapautumiseen. Tämän valontuottamisen muodon omaavia valonlähteitä kutsutaan purkauslampuiksi. Kaasupurkauslamput ovat siis toimintaperiaatteensa vuoksi tavallaan kaarilampun jälkeläisiä. (Lindell 1994).

Hauksbeen sähköpurkauslasi

Jo 1700-luvun alussa ranskalainen Francis Hauksbee oli todistanut kuinka sähköpurkaukseen perustuva valoilmiö saatiin aikaan hankaamalla osittain ilmasta tyhjennettyä lasipalloa. Tarpeeksi hangattuaan Hauksbee sai lasipallon hohtamaan valoa. Saksalainen Winkler täytti lasipallon elohopealla ja sai näin aikaan voimakkaamman hohtovalon vuonna 1742. (Lindell 1994).



KUVA 11.

Luonnos Hauksbeen kehittämästä laitteesta sähköpurkauksen aikaansaamiseksi
(Lähde: www.bem.fi)

Geisslerin hohtopurkausputki

Vuonna 1854 ranskalainen J.P. Gassiot keksi johtaa ohuella kaasulla täytetyn vesiastian läpi sähköä. Näin kahden elektrodin välille synnyttiin valoa hohtava alue. Käytössä olevasta kaasusta riippuen aikaansaatu valo loisti eri aallonpituuksilla. Saksalainen Heinrich Geissler valmisti vuonna 1855 Bonnissa tätä periaatetta käyttäen hohtopurkausputkia. Putkien heikkoutena oli huono tiivistys, joka päästi putkeen ilmaa ja tukahdutti valon. Lasinpuhaltaja Geisslerin ja fyysikko Julius Plucker käynnistivät näillä kokeillaan kuitenkin purkauslamppujen tutkimisen. Geisslerin putkiksi nimetyistä lamppuista ei ollut vielä kaupallisiksi valonlähteiksi. (Smithsonian Institute, 2009).

Mooren hohtopurkauslamppu

Amerikkalainen McFarlan Moore kehitti vuonna 1895 ensimmäisen kaupallisen hohtopurkauslamppun. Lamppuissa oli sisällä typen, hiilidioksidin ja ilman sekoitusta ja ne olivat jopa 120 metriä pitkiä. Putket tarvitsivat sähköä noin 500V metriä kohti ja valotehokkuutena oli noin 3-4 lm/W. (Lindell 1994). Mooren putkea tarvittiin useita kymmeniä metrejä huoneen valaisemiseen, ja koska putki oli vaikea asentaa ja huoltaa eikä sen valoteho ollut järin suuri, ei se menestynyt markkinoilla (Sudjic 1993).



Kuva 12.

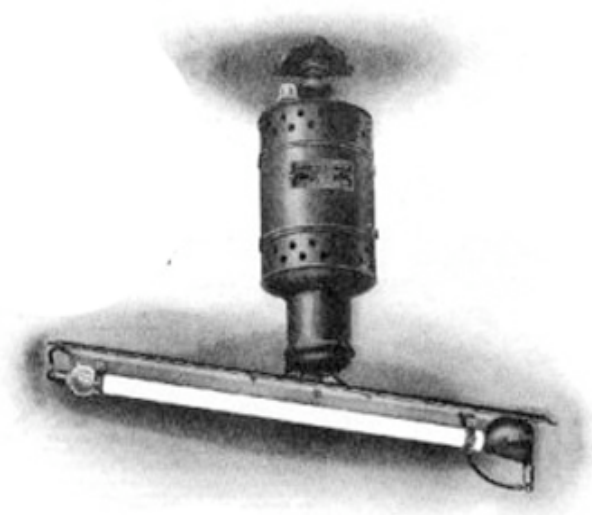
Kuva Mooren kehittämästä hohtopurkauslamppusta.

(Lähde: www.gutenberg.org)

Elohopeahöyrylamppu

Amerikkalainen Peter Cooper-Hewitt kehitti ensimmäisen prototyypin tämän päivän purkauslampusta. Hänen kehitti elohopealampun, jonka patentoi vuonna 1901. Andrews (2007) selittää lampun toimintaperiaatetta näin: lamppu koostui lasisäiliöstä, jonka sisällä oli lasista valmistettu polttimo. Polttimoon oli pumpattu tyhjiö ja sen toisessa päässä oli elohopeaa. Jotta valontuottamisprosessi käynnistyisi, lamppua oli käännettävä niin, että elohopea pääsi ottamaan kosketuksen polttimon kummankin pään elektrodin kanssa. Näin jännite pääsi kulkemaan polttimon sisässä. Kun lamppu kosketuksen jälkeen suoristettiin jatkui jännitteen kulkeminen höyrystyneessä elohopeassa. Jännitteen ansiosta elohopeahöyry alkoi loistaa kylmän sinertävää valoa. Lamppu kulutti sähköä noin 385 wattia ja antoi noin 18 lm/W valotehon. (Lamptech 2009).

Hewitt oli alkanut kehittää elohopealamppuja jo 1890-luvulla ja huomasi, että ne eivät olleet käytännöllisiä kotitalouksissa käytettäviksi valonlähteiksi: niiden antama valo oli sairaalloisen sinivihreää ja spektrissään erittäin niukkaa. Yhtenä pulmana oli myös valon välkkyminen: polttimon liian pieni paine ei pakottanut elohopeaa loistamaan tasaisesti ja lampun huonosti toimiva sähkömekaniikka pudottikin valotehon 14,2 lm/W. Lampusta lähtevä valoteho oli kuitenkin niin huomattava, että Hewitt aloitti sen valjastamisen muuhun valaistuskäyttöön. Jokaisessa lampussa oli noin 450 grammaa elohopeaa. (Smithsonian Institute 2009).



Kuva 13.

Hahmotelma Cooper-Hewitt lampusta (Lähde: www.shorpy.com)

Küchin & Retschinskyn lamppu

Vuonna 1906 Küch ja Retschinsky kehittivät elohopeahöyrylampun, joka toimi usean ilmakehän paineessa. He olivat ottaneet Cooper-Hewittin elohopeahöyrylampun lähtökohdakseen ja tehneet siitä pienemmän version, jossa polttimo oli valmistettu kvartsilasista. Kvartsilasi kesti usean ilmakehän paineen ja näin myös korkeamman käyttölämpötilan. Näin lampussa saavutettiin 50 lm/W tehokkuus. Lampun huomattava haittapuoli oli sen erittäin korkea UV-säteilyn määrä. Lamppua alettiin käyttää lähinnä lääketieteen ja tutkimuksen parissa, suurelta osin korkean UV-säteilynsä takia. (Lampotech 2009).

Cooper-Hewittin lamppu kehittyä

Cooper-Hewittin lamput eivät olleet kovin suosittuja ja ne syrjäytettiin myös ulkovalaistuskäytöstä, kun kaasutäytteiset volframihehkulamput tulivat markkinoille. 1930-luvulla Hewittin lamppu teki uuden tulemisensa, kun saksalaiset tutkijat Friederich Mayer, Edmund Germer and Hans Spanner olivat tekniikkaa kehittäneet. He olivat parantaneet lampun valollisia ominaisuuksia jo vuonna 1926 mm. lampun esilämmityksellä ja loisteainepinnoitteella. Tämän ansiosta lampulla oli enemmän valotehoa ja sitä pystyi käyttämään huomattavasti pienemmällä jännitteellä. Uusi keksintö oli käyttää elektrodeissa oksidipinnoitetta, joka mahdollisti käytettävän jännitteen pudottamisen. (Andrews 2007).

Osira-lamppu

Vuoteen 1932 asti elohopealamput olivat suhteellisen huono valinta valaisimeksi: niillä oli taakkana monimutkaiset valon voimakkuuden hallintajärjestelmät ja valon huono värintoistavuus. Tästä syystä niitä oli käytetty lähinnä paikoissa, joissa vaadittiin suurta valo määrää ilman valon laadullisia kriteereitä. Kesäkuussa vuonna 1932 Osram toi markkinoille uuden tuotteen, Osiran. Osira oli ensimmäinen kompakti elohopealamppu, jota voitiin markkinoida kuluttajille hehkulamput kanssa kilpailevana valonlähteenä. Sen valoteho oli 36 lm/W ja vaikka värintoisto oli yhä erittäin suppea, oltiin spektri-ajaksi saatu muokattua siten, että lamppua oli soveliasta käyttää esimerkiksi katuvalaistuksessa. Lamppu kulutti sähköä 400 wattia. Osira-lampusta tuli kohtuullinen menestys ja kuluttajat vaativat markkinoille lampusta eri tehokkuusversioita. Vuoteen 1939 mennessä markkinoille ilmestyi - useiden eri valmistajien valmistamina - 150 wattista 3000 wattisia lamppuja. Englannissa lampun kehityksessä keskityttiin nostamaan lampun

sisäistä painetta, jotta saatiin nostettua 2,5kW:sen lampun valoteho 52 lumeniin wattia kohti. Pienempitehoisissa lampuissa törmättiin jännitteen alenemisen aiheuttamiin ongelmiin: jännitteen kasvaessa kuristin ei enää toiminutkaan yhtä tehokkaasti. Pienempitehoiset elohopealamput tulivat markkinoille kehitystyön ansioista vasta muutamia vuosia myöhemmin. (Lamptech 2009).

KUVA 14. General Electricin Osira-lamppu (Lähde: www.lamptech.co.uk)

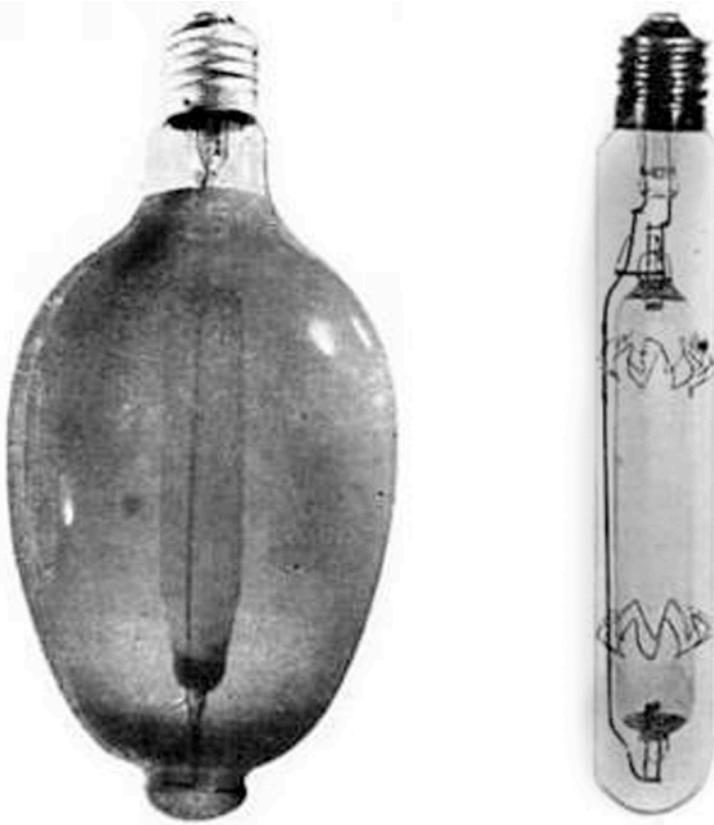
Värintoiston parannuksia

Elohopealamppujen värintoisto oli yksi osa-alue, jossa oli tapahduttava kehitystä, jotta lampua kannatti tuoda markkinoille. Jo hyvin varhain elohopealampun kehityksessä huomattiin, että suuri osa lampun käyttämästä energiasta menee valaisutarkoituksiin nähden hukkaan. Matalapaineiset elohopealamput säteilivät yli puolet tehostaan lyhyillä, ei näkyvillä ultravioleteilla aallonpituuksilla (253nm) ja korkeapaineiset elohopealamput säteilivät yli 10 % energiastaan pidemmällä ultravioleteilla ja huomattavasti myös lyhyemmällä aallonpituuksilla. (Lamptech 2009).

MAF-lampun loistepinnoite

General Electric Company oli elohopealampun kehittämisesään alusta alkaen halunnut parantaa lampun värintoisto-ominaisuuksia. GEC olikin tehnyt kokeiluja lisäämällä lampun kaasuihin eri metalleja (esim. kadmiumia ja sinkkiä) parantaakseen lampun punaisten aallonpituuksien toistavuutta. Tällä tavalla onnistuttiinkin nostamaan punaisen aallonpituuden esiintyvyyttä 1%:sta 2%:iin, tosin sillä kustannuksella, että lampun valotehokkuus putosi 15%. Tämä oli huono vaihtokauppa, joten GEC testasi loisteaineiden käyttöä lampuissa. Vuonna 1937 GEC toi markkinoille MAF-lampun, joka oli ensimmäinen lamppu sinkkikadmiumsulfidi-päällysteisellä loisteaineella ja se käytti kuparia valokaaren tuottamiseen. Ulomman lasikuvun sisäpintaan kiinnittyvä loisteaine nosti punaisen aallonpituuden säteilyä 1%:sta 4%:iin. Loisteaine oli suunniteltu niin, että se vähentäisi elohopeahöyryn sinisten aallonpituuksien säteilyä ja korostaisi punaisia sävyjä. Tuloksena oli, että lamppu säteili vahvasti vihreän sävyistä valoa. (Lamptech 2009).



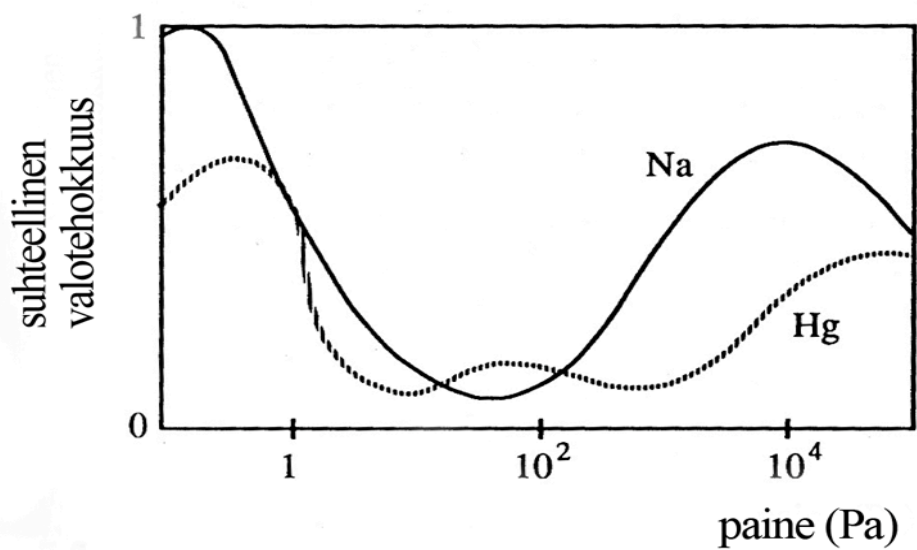


Kuva 15.

Kuvassa vasemmalla GEC:n MAF-lamppu ja oikealla MA-lamppu.

(Lähde: www.lamptech.co.uk)

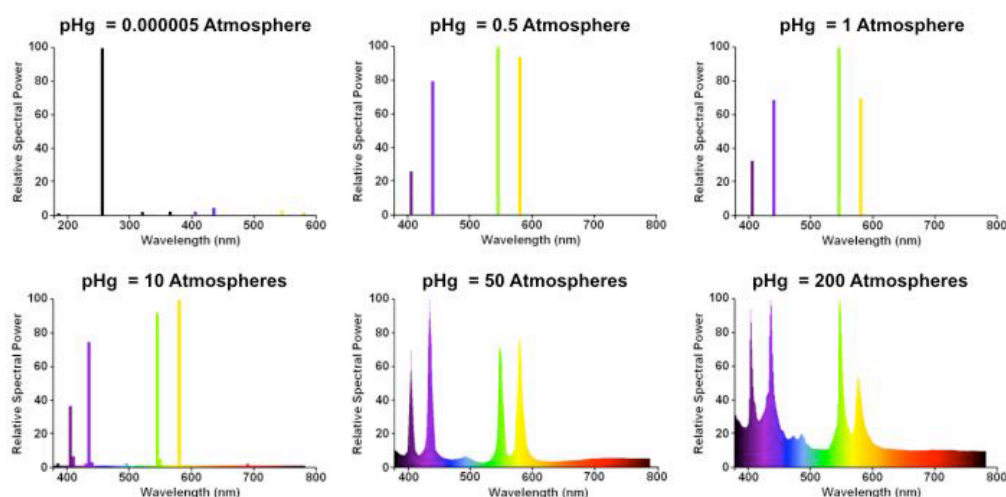
Elohopealamppujen värintoistoa parannettiin paitsi loisteaineiden ja käytettyjen kaasujen, myös lampun sisällä olevan paineen avulla. Seuraavan sivun taulukko näyttää paineen vaikutuksen lampun värintoistoon.



KUVA 16. Paineen vaikutus elohopea- ja natriumlamppujen valotehokkuuteen.

(Lähde: Halonen 1992, s.163)

Alhaisessa paineessa elohopealampun lähettämää valon spektrijakaumaa dominoi vahvasti ultraviolettisäteily. Paineen noustessa yhteen ilmankehään ihmisen näkemistä aallonpituuksista vihreät, keltaiset ja violetit aallonpituudet korostuvat. Vasta kymmenen ilmanpaineen kohdalla spektristä alkaa erottumaan jatkuvaa säteilyaluetta, jossa yhä edellä mainitut aallonpituudet ovat dominoivia. Ilmanpaineen noustessa kahteensataan ja yli, alkavat nämä dominoivat aallonpituudet menettää voimakkuuttaan ja valon spektri on jo selkeästi jatkuva ja emitoituva valon keskiarvo lähenee valkoista.



Kuva 17. Ilmanpaineen vaikutus elohopealampun värintoistoon (Lähde: www.lampteck.co.uk)

Purkauskaasu- kokeiluja

Vuonna 1932 Englannin GEC, Hollannin Philips ja Saksan Osram kehittivät yhteistyössä pienpainenaatriumlampun. Sen valotehokkuus oli alussa 40 lm/W, mutta kehityksen ansiosta kohosi 100 lm/W:iin 1960 luvulle tultaessa. Lampun antama valo oli voimakkaan keltaista eikä sopinut vajaan spektrinsä takia juurikaan muuhun kuin ulkova-laisuun. (Smithsonian Institute 2009). Käyttöön valittujen kaasujen ja loisteaineiden perusteella purkauslamput jakautuvat sekavalolamppuihin, monimetallilamppuihin sekä pien- ja suurpainenaatriumlamppuihin. (Lamput ja valaisimet 1999). Monimetallilampun kehitys lähti liikkeelle yrityksestä parantaa elohopealampun värintoisto-ominaisuuksia. Tämä tehtiin lisäämällä lampun purkausputkeen elohopean lisäksi metallien halogeeniyhdisteitä. Ensimmäiset monimetallilamput tuottivat valoa 1960-luvun alussa. (Halonen 1992).

Kuva 18
Neonkaasu purkauslamppu kuningattaren
kruunajaisiin vuodelta 1953
(lähde: www.lampsteck.co.uk)



Neonvalon kehitys

Ranskalainen Georges Claude havaitsi että kun inertillä kaasulla täytetyn lasiputken läpi kuljetettiin sähköä, alkoi kaasu loistaa valoa. Huomionsa jälkeen hän kokeili täyttää putki neonkaasulla ja sai näin putken loistamaan tulisen punaisena. Valonlähteen valotehokkuudeksi saatiin 10-15 lm/W.

Ensimmäinen neonvalomainos loisti vuonna 1910 Pariisiin autonäyttelyssä. (Lindell 1994). Vuonna 1923 Clauden perustama yhtiö Claude Neon valmisti amerikkalaiselle Packard-yhtiölle neonvaloputkista mainoksen, joka aloitti neonvalomainos buumin. Jopa päiväsaikaan ihmiset kokoontuivat katsomaan näitä ”nestemäiseksi tuleksi” nimitämiään valonlähteitä. (Bellis 2009).

Neonkaasu loistaa putken sisällä punaisena ja vaikka muita kaasuja (argon, elohopea, fosfori) käytetään muiden värien tuottamiseksi, kutsutaan kaikkia näitä neonvaloiksi. Elohopean vahvaa säteilyä ultravioletilla aallonpituudella käytetään hyväksi myös elohopeakaasutäytteisissä neonputkissa, jotka on päällystetty putken sisäpuolelta UV-säteilyn kanssa reagoivalla loisteaineella. Näillä menetelmillä saadaan aikaan tänä päivänä noin 150 eri väri vaihtoehtoa. (Bellis 2009). Neonvalon valoteho riippuu - kuin purkauslamppuilla muutenkin - putken sisässä olevasta kaasusta. Vihreä neonvalo, jonka kaasuna usein krypton, mutta jossa voidaan myös käyttää loisteaine-tekniikkaa, tuottaa noin 65 lumenia wattia kohti, kun taas valkoinen neonvalo noin 50 lm/W (Bellis 2009). Lampun pitkä käyttöikä (yli 10 000 tuntia) tekee siitä käytännöllisen valonlähteen. (Keller 1999).

Loisteputken tuleminen

Purkauslamput ja hehkulamput ovat kehittyneet etsiessään tehokkaampia materiaaleja valonlähteenä käytettäväksi. Kotitalouksiin purkauslamput eivät löytäneet tietänsä ennen loisteputken keksimistä. Jo vuonna 1857 oli ranskalainen fyysikko Alexandre Becquerel tutkinut fosforesenssia ja fluoresenssia - *fluoresenssi on loisteputkissa käytetty valontuottamisen muoto, fosforesenssissa on kyseessä samankaltainen tapahtuma, mutta se tapahtuu viiveellä, kuten esim pimeässä loistava UV-valo* (fi.wikipedia.org) - ja kehittänyt pitkälle niitä ominaisuuksia, joiden mukaan loisteputket tänäkin päivänä toimivat. (Bellis 2008).

Loisteputki nojasi fluoresenssin periaatteeseen, jossa UV-säteily muuttuu näkyväksi

valoksi loisteaineen välityksellä. Lampun lasikupu on päällystetty sisäpuolelta tällä loisteaineella. Loisteputket tutustutettiin amerikkalaisille kuluttajille vuonna 1938, ja vuoteen 1942 mennessä ne muodostivat merkittävän osuuden kotitalouksien käyttämistä valonlähteistä (Sudjic 1993). Toisen Maailmansodan jälkeen loisteputkien kehityksessä keskityttiin niiden värintoiston parantamiseen ja samalla kehitettiin standardeja mittojen ja sähköisten arvojen suhteen. Loisteputkien päälajeiksi tuli 38 mm halkaisijalla 590 mm pituinen 20 wattinen putki ja 1200 mm pituinen 40 wattinen putki.

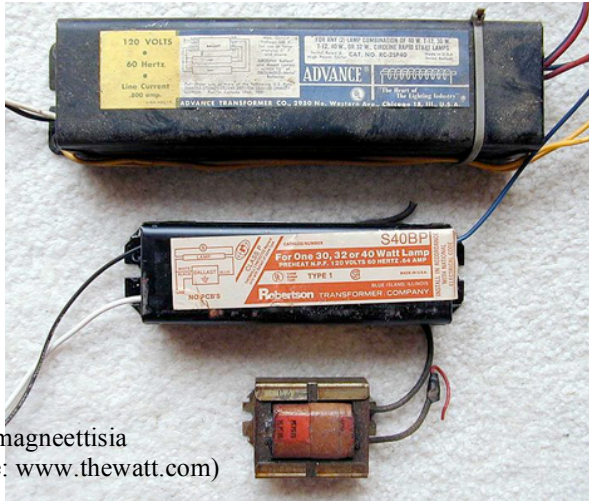
Loistelamppujen valoteho riippuu purkausputkessa vallitsevista ominaisuuksista, elohopeahöyryn paineesta, loisteaineen valontuottokyvystä ja katodihäviön osuudesta. Myös lamppua ympäröivä lämpötila vaikuttaa vahvasti sen antamaan valotehoon. Kun otetaan huomioon myös lampun mekaniikan ailahtelevaisuudet ja kuristinhäviöt, voidaan sanoa valkoista valoa tuottavien loistelamppujen valotehokkuuden kulkevan akselilla 15-90 lm/W. (Halonen 1992).

Loisteputken liitälaitteiden kehitys

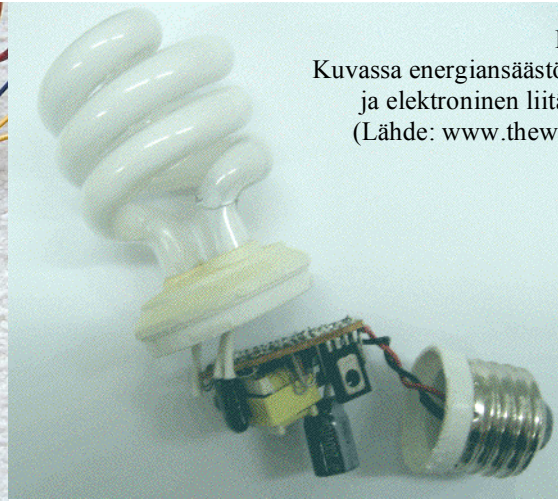
Loisteputki koostuu loistelampusta, sytyttimestä ja kuristimesta. Valaisimen mekaniikassa etenkin kuristimella on huomattava valotehokkuutta parantava vaikutus. Ennen vuotta 1970 ei loisteputken kuristimessa ollut juurikaan kehitystä tapahtunut. Tuota ennen rakennetut kuristimet olivat halpoja ja luotettavia, mutta nykystandardeista katsoen äänekäitä ja tehottomia. Juuri 70- ja 80-vuosikymmenillä purkauslamppujen valotehokkuuden parantaminen merkitsi kuristimen tehokkuuden parantamista. 1970-luvulla Amerikan sähköministeriö suosi sähköisten kuristimien kehittämistä magneettisten kuristimien korvaajiksi. Jo 1950-luvulla oltiin huomattu, että kun loisteputkia käytettiin korkeammilla sähkötaajuuksilla, niistä lähti enemmän valotehoa. Tätä ajatusta lähdettiin kehittämään Lawrence Berkeley National Laboratoriossa Kaliforniassa. Kehitetyt sähköiset kuristimet hukkasivat huomattavasti vähemmän energiaa ja ne olivat paremmin himmennettävissä. Huomattiin, että kun lampun käyttötaajuus nousee 10 kHz:iin, vähennee stroboskooppiseksi efektiksi kutsuttu häiritsevä vilkkuminen ja lamppu itse asiassa toimii 9 % tehokkaammin valon tuottamisessa. Tehokkuus nousee aina 20 kHz:in käyttötaajuuteen asti, jonka jälkeen ei selkeätä tehokkuuden paranemista enää tapahdu. Nykyään loisteputkissa voi olla käytössä digitaalinen HID- kuristin, joka säätelee putkessa kulkevan virran määrää. HID- kuristimelle ollaan laskettu ilmiömäinen 97% tehokkuus. HID- kuristimessa on monia lampun käyttöikänsä liittyviä parannuksia, esim lampun

Kuva 19
Kuvassa tyypillinen
loisteputki

ikäntyessä kuristin kompensoi valotehon alenemista käyttöjännitteen nostamisella niin, että valoteho laskee lampun eliniän aikana ainoastaan noin 5%. Digitaalista HID-kuristinta voi käyttää 39 - 2000 wattisten monimetallilamppujen, suurjännitenaatriumlamppujen ja keraamisten monimetallilamppujen kontrolloimiseen. (Smithsonian Institute 2001).



Kuva 20
Kuvassa erilaisia magneettisia kuristimia (Lähde: www.thewatt.com)



Kuva 21
Kuvassa energiansäästölamppu ja elektroninen liitäntälaite (Lähde: www.thewatt.com)

Loistelampun purkausputken kummassakin päässä on suojarenkaan sisällä elektroneja emittoivalla aineella päällystetty volframilankaelektrodi eli katodi. Suojarenkaat vähentävät lampun päiden valon välkyntää. Normaalilla käyttöjännitteellä loistelamppu ei syty ilman katodien esihehkutusta. Esihehkutus tapahtuu lampussa sytyttimen tai erityisen hehkumuuntajan avulla. (Halonen 1992).

Loistelampun täytöskaasu ja valontuotto

Loistelampussa käytetty jalokaasu on tyypillisesti argonia tai kryptonaa. Jalokaasutäytös ei vaikuta lampun säteilyyn, vaan lukuisiin muihin toimintoihin. Yhtenä toimintona on syttymisen helpottuminen, sillä huoneen lämpötilassa elohopeahöyryn paine on liian alhainen (1.3 Pa) syttyäkseen omillaan. Toimintalämpötilan paineessa suurin osa elohopeahöyryn emittoimasta säteilystä tapahtuu lähinnä UV-alueen resonanssiivilla 253,7 nm. Vain 10 % purkauksen tuottamasta säteilystä tapahtuu näkyvän valon alueella. Ilman loisteainetta loistelampun valotehokkuus olisikin noin 6 lm/W. (Halonen 1992).

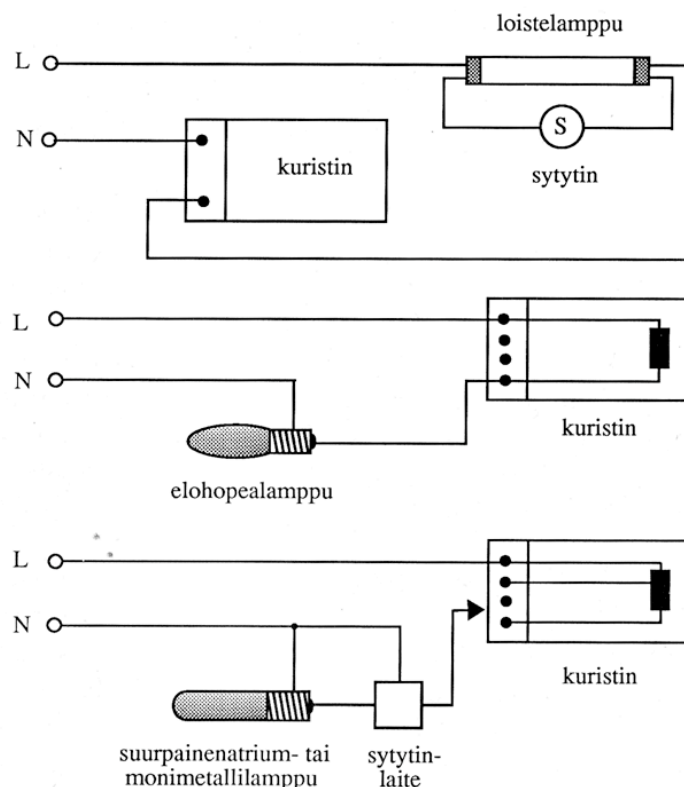
3.5.2 Purkauslampun toimintaperiaate

Purkauslampussa valosäteily tuotetaan kahden elektrodin läpi johdetun sähkövirran ja purkauslampussa olevan kaasun avulla. Sähkövirran vapaiden elektronien ja kaasuaatomien törmätessä kaasuaatomit virittyvät korkeammille energiatasoisille. Palatessaan luonnolliselle energiatasolle kaasuaatomit vapauttavat sitoutuneen energiansa, joka purkauksessaan synnyttää valosäteilyä. (Philips 2006). Purkauslamput ovat siis loistesäteilyä lähettäviä valonlähteitä ja näissä yleisimmin käytetyt valoa tuottavat aineet ovat elohopea (Hg) ja natrium (Na). Purkauslamput ovat riippuvainen purkausputkessa vallitsevasta paineesta. (Halonen 1992).

Purkauslampun syttyminen

Purkauslampua ei voi kytkeä suoraan verkkojännitteeseen, vaan ne tarvitsevat lampuvirtaa rajoittavan liitännälaitteen. Yleisesti liitännälaitteena käytetään kuristin, joka rajoittaa lampussa käytettävää virtaa. Muina virranrajoittimina voidaan käyttää esim. vastusta tai kondensaattoria tai näiden yhdistelmiä. Vastusta käytetään virranrajoittimena vain sekavalolampuissa, sillä sen suuritehohäviö ja lampuvirran muoto ei oikein sovi muihin lampuihin. Kuristimen lisäksi useimmat purkauslamput tarvitsevat syttyäksseen erityisen sytytinlaitteen. Sytytinlaite voi olla joko hohtosytytin, varmuussytytin tai elektroninen sytytin. (Halonen 1992).

Kuva 22
Purkauslampujen yleisimmät
kuristinkytännät
(Lähde: Halonen 1992)



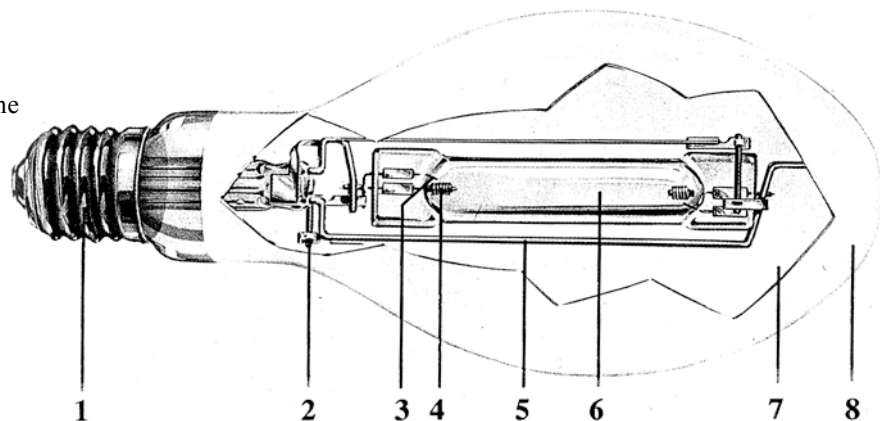
Purkauslampun syttyminen tapahtuu kahdessa vaiheessa: ensimmäisessä vaiheessa purkausputken kaasut saatetaan johtavaan tilaan ja toisessa vaiheessa purkaus stabiloituu. Kun purkausputken kaasut saatetaan niiden luontaisesta epäjohtavasta tilasta johtavaan tilaan, seuraa läpilyönti kaasussa. Purkaus käynnistyy ensin lamppuun liitetyn sähköisen sytyttimen antamalla syttymisjännitteellä. Tätä syttymistä voi helpottaa esim. elektrodien kuumentamisella, emissioaineiden käytöllä tai erilaisilla sytytinlaitteilla. Lämpenemisvaiheen aikana valoa tuottavia aineita höyrystyy putkessa enemmän, purkaus stabiloituu ja saavuttaa lopullisen tilansa. Tämä lämpenemisvaihe kestää tavallisesti useita minuutteja. (Halonen 1992).

Varsinaisen valoa tuottavan aineen lisäksi purkauslampun kaasu sisältää myös ns. puskurikaasuja, jotka estävät purkauksessa varautuvien elektronien ajautumista putken seinämille. Ne myös parantavat kaasun sähkönjohtavuutta ja helpottavat syttymisjännitteen antamista sekä vähentävät elektrodien höyrystymistä ja pienentävät loisteaineen kulumista. Tyypillisiä puskurikaasuja ovat helium, argon, neon ja krypton. (Halonen 1992).

Elohopealampun rakenne ja ominaisuudet

Elohopealamput ovat purkauslamppuista yksinkertaisimpia ja luotettavimpia. Valontuotto perustuu elohopeahöyryssä tapahtuvaan kaasupurkaukseen. Tyypillinen elohopealampun teho on esimerkiksi 125 W:n lamppussa noin 20 mg. Tämän lisäksi lampun purkausputkessa on pieni määrä jalokaasua, joka on olennaisessa asemassa syttymis- ja lämpenemisvaiheessa. Lampun ulkokuvun täytös on pienipaineista tyyppiä tai tyypin ja argonin seosta. Tämä täytöspaine vaikuttaa purkausputken lämpötilaan, joka vuorostaan vaikuttaa koko lampun tehokkuuteen.

Kuva 23
Tyypillinen elohopealampun rakenne
(Lähde: Halonen 1992)



Tyypillinen elohopealampun rakenne. 1) Kierrekanta 2) sytytysvastus 3) apu-elektrodi 4) pääelektrodi 5) tukilanka 6) purkausputki 7) loisteaine ja 8) ulko-kuori.

Jännitteen kytkeminen elohopealamppuun saa aikaan hohtopurkauksen pääkatodin ja sytytyskatodin välille. Elohopealamppu ei siis tarvitse erityistä sytytinlaitetta ja lampun jännite määräytyy lähinnä elohopeahöyryn paineen ja purkausputken mittojen perusteella. Lampussa on kuristin, joka toimii virranrajoittimena. Hohtopurkaus laajenee nopeasti sytyttyään pääelektrodien välille ilman esihehkutusta tai induktiivista jännitesykäystä (vrt. loistelamppu). Elektrodien lämmitessä niiden emissio kasvaa ja hohtopurkaus muuttuu kaaripurkaukseksi. Kestää kuitenkin muutaman minuutin, ennen kuin kaikki elohopea on höyrystynyt ja purkaus saavuttaa stabiilin tilan. (Halonen 1992).

Elohopealamppun valontuotto

Suurpaineisen elohopealamppun valontuotto keskittyy näkyvän valon spektriviivoihin 405, 546, 577 ja 579 nm. Tämän lisäksi noin viidennes lampun säteilytehosta tapahtuu UV-alueella, josta osa muutetaan loisteaineella näkyväksi valoksi. Säteilystä puuttuvat siis punaiset valon aallonpituudet lähes kokonaan, mutta lampussa käytettävät loisteaineet muuttavat UV-alueen säteilyä näkyväksi valoksi lähinnä juuri tälle spektrin punaiselle alueelle. Elohopealamppujen värilämpötila on normaalisti noin 3800-4000 K ja Ra-indeksi noin 40. (Halonen 1992).

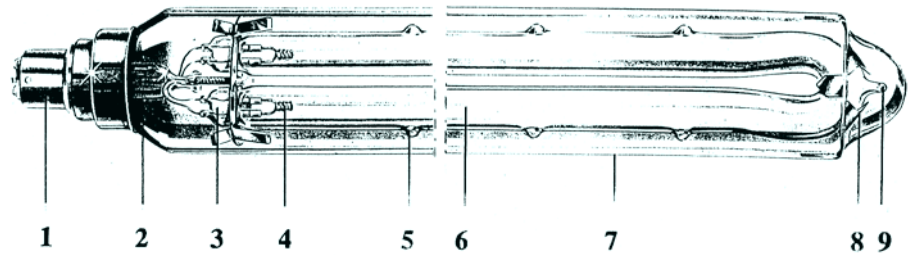
Pienpainenatriumlampun rakenne ja ominaisuudet

Pienpainenatriumpurkaus on periaatteessa samanlainen kuin pienpaine-elohopeapurkaus, mutta koska natriumin sulamispiste on korkeampi kuin elohopean, on natriumin purkausputken lämpötilakin korkeampi. Korkean käyttölämpötilan takia purkausputki on eristetty ympäristöstään tyhjiöputken sisään – tällä pyritään minimoimaan lämmön hävikin määrää. Natriumhöyryn purkaus on erittäin herkkä lämpötilan muutokselle ja spektrin säteilyn piikki onkin tehokkaimmillaan juuri 260 °C lämpötilassa. Lämpötilan vaihtelut aiheuttavat natriumlampuissa huomattavia valotehon alenemia. Natriumin tuottaman valon spektri on aallonpituudeltaan lähellä silmän spektriherkkyyssäyrän maksimia, ja pienpainenatriumlamppu onkin erittäin valotehokas lamppu. Säteilevä valo on hyvin monokromaattista, joten lampun käyttö rajoittuu sovelluksiin, jotka eivät vaadi hyvää värintoistoa. Natriumlampussa purkauksen käynnistävänä ja optimoivana jalokaasuna käytetään tavallisesti neonia. Kuten loistelampussa, myös tässäkin käytetään oksidipäällysteistä volfrاميةlektrodia, mutta suuremman virran vaatimuksen takia elektrodin kierukan rakenne on tukevampi. (Halonen 1992).

Kuva 24

Yksikantainen pienpainenatriumlamppu

(Lähde: Halonen 1992)



Yksikantainen pienpainenatriumlamppu

1) kanta 2) getteri 3) lasiholkit 4) elektrodi 5) syvennykset, johon natrium kerääntyy
6) purkausputki 7) ulkokuori 8) eristysjousi 9) valmistuksen aikainen kaasun täyttö- ja ilman poistoputki

Pienpainenatriumlampun purkausputken materiaalin on kestävä natriumin ja sen höyryn vaikutukset muuttumatta vaadituissa lämpötiloissa. Tämän vuoksi joudutaan käyttämään erityisiä kerroslasiputkia, joissa natriumia lähinnä oleva kerros on erityistä natriumia kestävä lasia. Lamput tarvitsevat toimiakseen liitännälaitteen, jona tavallisimmin käytetään hajakenttämuuntajaa tai kuristinta. (Halonen 1992).

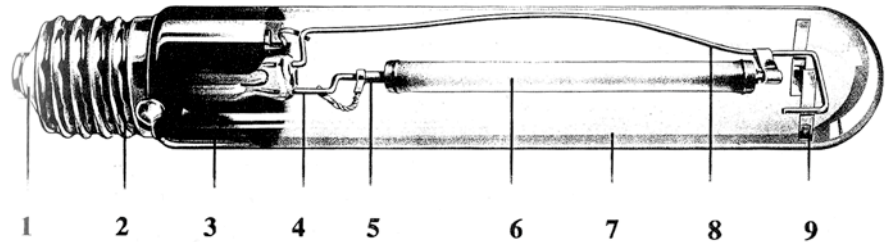
Suurpainenatriumlampun rakenne ja ominaisuudet

Jo 1930-luvulla tiedettiin, että kun natriumlampun purkausputken painetta nostetaan, parannetaan paitsi valotehoa, mutta myös lampun väriominaisuuksia. Kehityksen esteenä oli kuitenkin sopivan purkausputkimateriaalin puuttuminen. Suurpainenatriumlampun ominaisuudet määräytyvät ensisijaisesti purkausputken rakenteen, mittojen ja materiaalin perusteella. Purkausputken yleiset vaatimukset ovat hyvä valonläpäisykyky, kaastiiveys suuressa paineessa, vastustuskyky kuumen natriumhöyryn reagoitua vastaan, sähköinen resistiivisyys ja hyvä mekaaninen kestävyys voimakkaissa lämpötilan vaihteluissa. Suurpainenatriumlampun kaasu muodostuu natriumin lisäksi elohopeasta ja ksenonista. Juuri elohopean ansiosta purkausputken ei tarvitse olla suhteettoman pitkä tarpeeksi korkean käyttöpaineen luomiseksi. Natriumin ja elohopean muodostamasta seoksesta, amalgaamista, höyrystyy ainoastaan osa lampun toimiessa stabiilissa tilassa. Elohopean osuus suurpainenatriumin tuottamassa spektrissä on vähäinen ja pääasiallinen motivaatio onkin valotehokkuuden lisäämisessä – juuri korkean paineen luomisen vaikutuksena. (Halonen 1992).

Suurpainenatriumlampun kuristimelta vaaditaan huomattavaa tarkkuutta tehojännitteen vaihtelun säilyttämisessä: vaihtelu saa olla maksimissaan $\pm 10\%$. Suuremmat vaihtelut vaikuttavat heti lampun tehokkuuteen. Sytyttimen kannalta suurpainenatriumlamppuja

on useampaa lajia. Yleisin lamppulaji tarvitsee erillisen ulkoisen sytytinlaitteen, joka antaa lampulle muutaman kilovoltin jännitepiikin. Jotkut pienitehoiset lamput on varustettu sisäisellä sytytinlaitteella. Lampuille on myös elektronisia liitäntälaitteita, jotka myös antavat lampulle suuritaajuuden jännitteen.

Kuva 25
Tyypillinen suurpainenatriumlampun rakenne
(Lähde: Halonen 1992)



Tyypillinen suurpainenatriumlampun rakenne. 1) Posliininen eristyslevy 2) kierrekanta 3) getteri 4) sisäänvientijohdin 5) laajenemisyksikkö 6) purkausputki 7) ulkokupu 8) tuki ja 9) tukijouset

Suurpainenatriumlampun valontuotto

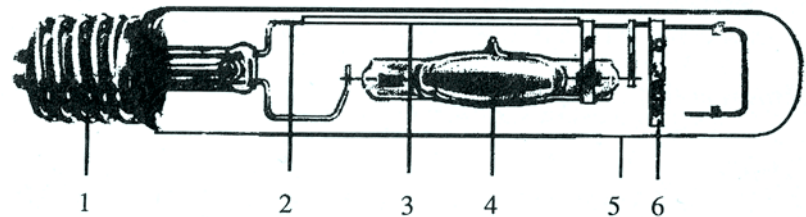
Tavallisen suurpainenatriumlampun värintoisto on heikkoa, Ra- indeksi on 20 luokkaa. Lampulla on kuitenkin hyvä valotehokkuus, lampun tehosta riippuen 60-120 lm/W. Lampusta on värintoistollisesti parannettuja versioita, joissa Ra- indeksi on noin 65 ja valotehokkuus 10-15 % pienempi kuin värintoistollisesti heikommilla lampuilla. Suurpainenatriumlampun valotehokkuus ja värintoisto riippuvatkin lähinnä natriumhöyryn paineesta, purkausputken mitoista ja käytetystä materiaalista sekä lampun ulkokuvun rakenteesta. Sivun 26 taulukossa nähdäänkin paineen vaikutus natriumlampun valotehokkuuteen. Kun pienpainenatriumlampun säteilystä noin 85 % on peräisin natriumin resonanssi- ja lähilinjasta (aallonpituudet 589,0 ja 589,6 nm.), laajenee suurpainenatriumlampussa spektriviivat olennaiselle osalle näkyvän valon aluetta juuri korkeamman paineen vaikutuksesta. Korkeammassa paineessa elohopea tuottaa valoa myös spektrin punaisella alueella, kellanvihreän alueen säteily on peräisin ksenonista. Muu valon aallonpituuksien säteilyn tuottaa natrium. (Halonen 1992).

Monimetallilamppujen rakenne ja ominaisuudet

Monimetallilamppujen valotekniset ominaisuudet eroavat huomattavastikin toisistaan käytössä olevien eri metallien purkaukselle antamien ominaisuuksien johdosta. Tämän ansiosta monimetallilamppujen käyttöaluekin on hyvin laaja: ulkoalue- ja julkisivuvalaistuksesta teatterivalaistukseen. Monimetallilampun purkausputkessa käytetty materi-

aali on kvartsilasia. Lampun palaessa kaikki täytösaine ei ole höyrystyneenä, vaan osa on tiivistyneenä purkausputken alhaisimman lämpötilan alueella kylmäpisteen lähellä. Kylmäpisteen lämpötila määrittää aineiden höyrinpaineen ja sitä kautta lampun valotekniset ominaisuudet. Koska lampun käyttöasento muuttaa kylmäpisteen paikkaa ja lämpötilaa, ilmoittavat lampun valmistajat sallitun polttoasennon ja alueen, jolla polttoasento saa vaihdella lampun valoteknisten ominaisuuksien muuttumatta. (Halonen 1992).

Kuva 26
Monimetallilampun rakenne
(Lähde: Halonen 1992)



Monimetallilampun rakenne. 1) Kierrekanta 2) sisäänvientijohdin/kannatin 3) kannattimen suojajyhlysy 4) purkausputki 5) ulkokupu ja 6) getterirengas.

Monimetallilamput tarvitsevat myös virranrajoittimen ja sytyttimen. Asennuspaikan verkkojännitetaso määrittää, millaista ulosottoa lampun kuristin käyttää. Kuristimena voidaan käyttää paitsi konventionaalista kuristinta, mutta myös elektronista liitäntälaitetta, jolloin lamppu toimii verkkotaajuutta korkeammalla toimintataajuudella. Monimetallilamppujen sytytinlaitteet ovat tavallisimmin ulkoisia sytyttimiä. Purkausputken korkean höyrinpaineen takia lamppuille on ominaista tietty jälleen sytyttämisaika ennen kuin lamput syttyvät uudelleen heti sammuttamisen jälkeen. Poikkeuksena tästä on ns. pikasytytyslaitteet, jotka antavat useiden kymmenien kilovolttien sytytysjännitteen, jolla syttyy myös kuuma lamppu. Pikasytytyslaitteet eivät kuitenkaan sovi kaikille monimetallilamppuille, lampun rakenteesta riippuen.

Monimetallilampun purkausputken täytös koostuu elohopeasta, eri metallien halogeeniyhdisteistä ja pienestä määrästä jalokaasua. Jalokaasuina käytetään tavallisimmin argonia tai argonin ja neonin seosta. (Halonen 1992).

Monimetallilamppujen valontuotto

Käytössä olevien metallien ominaisuuksien mukaan lamppujen värilämpötilat jakautuvat arvoille 3000 – 6000 K ja Ra- indeksi arvoille 65- 90. Valotehokkuus löytyy väliltä 75-125 lm/W. (Halonen 1992).

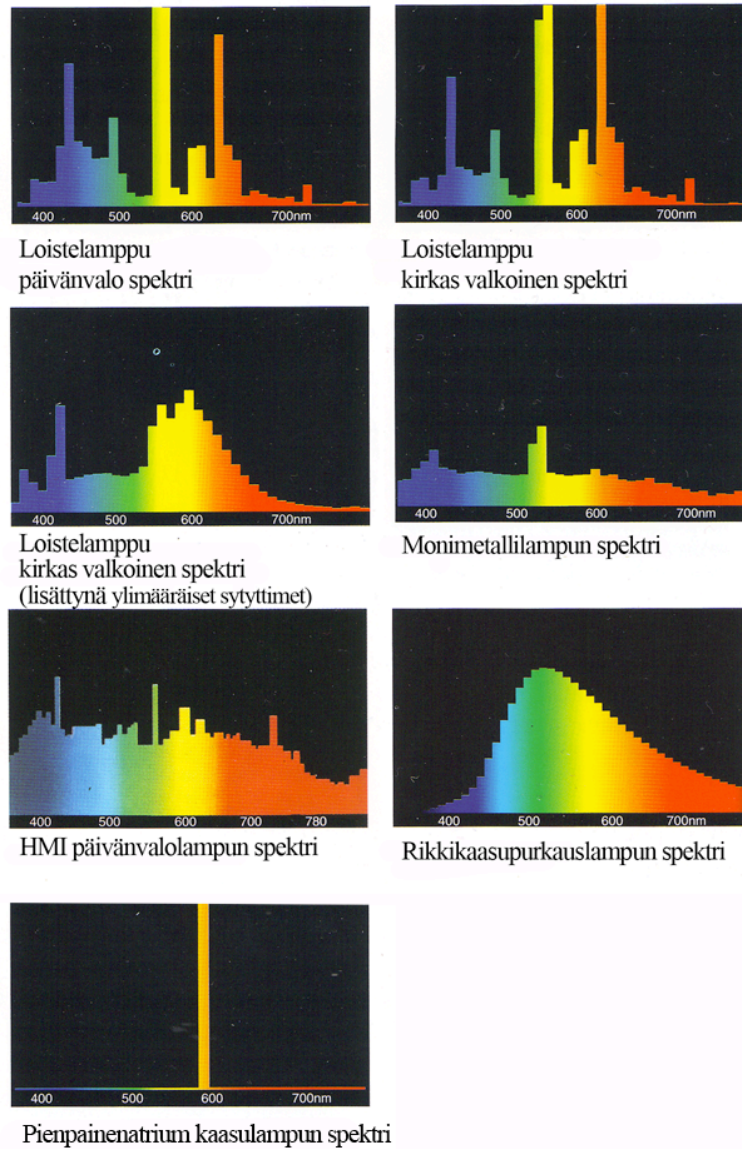
3.5.3 Purkauslamput näyttämötaiteissa

Purkauslampun kontrollointi on hyvin erilaista kuin hehkulampun kontrolloiminen. Purkauslamppuun kuuluu sytytin, joka antaa purkausputkessa valontuottamisen aloittamiseen tarvittavan korkean sähköjännite purkauksen. Tämä purkaus ionisoi kaasun. Kun purkaus on saatu alulle, pystytään tuotettavaa valonmäärää kontrolloimaan kuristimella, joka säätää putkessa kulkevaa jännitettä. (Bellman 2002). Yksi näyttämölläkin käytetty purkauslamppu on loisteputki, joka tasaisen valonjakonsa, suuren valotehokkuuden ja vähäisen lämmöntuotonsa ansiosta on hyvä esimerkiksi laajojen pintojen pesemiseen lähietäisyydeltä. Loisteputken käytössä on huomioitava, että kaikkia malleja ei pysty himmentämään tasaisesti lampun mekaniikasta johtuvista syistä. (Keller 1999).

Kuten kappaleessa 3.2.13 todettiin, on hyödyllistä pystyä tuottamaan eri väriämpötilan omaavaa valkoiseksi havaittavaa valoa. Esimerkiksi loisteputkia valmistetaan useilla eri väriämpötiloilla, jolloin eri väriämpötilojen sekoittaminen mahdollistuu helposti. Purkauslamput tuottavat huomattavasti korkeamman väriämpötilan omaavaa valoa, ja näiden lamppujen parempi valotehokkuus tarkoittaa, että ne lämmittävät ympäröivää ilmaa huomattavasti vähemmän.

Joidenkin purkauslamppujen heikkoa värintoistokykyä voi myös käyttää hyväkseen näyttämöllä: pienpainenatriumlampun huomattavan monokromaattinen spektri tappaa näyttämöllä esiintyvät värisävyt hyvin pitkälti kokonaan (punainen ruusu näyttää mustalta ja vihreä nurmikko muuttuu harmaaksi – elävästä tulee elotonta). Tätä ominaisuutta voi käyttää ilmaisukeinona näyttämöllä. Pienpainenatriumlamppua ei voi himmentää, joten sen käyttäminen näyttämöllä pitää olla tarkoin mietittyä. Lisäksi on huomioitava, että kun lampusta on virta katkaistu, tarvitsee lampun mallista riippuen odottaa useita minutteja, jotta lamppu on viilentynyt tarpeeksi käynnistyäkseen uudelleen. Sama ongelma on vastassa käyttäessä monimetallilamppuja. Monimetallilamppujen suuri valoteho ja niiden tuottama värispektri tuottaa valoa, joka yhdistetään käyttöhistoriansa mukaan helposti kylmään varastomaiseen tilaan (Keller 1999). Jälleen valossa on vahva konnotaatio, jota voidaan käyttää luomaan yleisölle mielikuva jostain muusta tilasta. Monimetallilamppuja käytetään paljon myös liikkuvissa heittimissä, jolloin niiden himmentäminen tapahtuu mekaanisten sulkimien avulla.

Neonvaloputket eivät ole tehokkaita valonlähteitä, mutta niiden käyttäminen antaa näyttämölle vahvan visuaalisen ilmeen. Neonputkesta voi tehdä juuri halutun mallisen ja pituisen, joten suunnittelijalle se on hyvä työkalu. Neonvalot eivät vilku, kuten loistelampit, joten niiden käyttö on suhteellisen varmaa. (Keller 1999).



Kuva 27. Eri purkauslampujen spektrijakoja
(Lähde: Keller 1999)

3.6.1 Valodiodin kehitys ja historia

Led-tekniologian katsotaan olevan energiatehokkuudeltaan lupaavin teknologia ja sitä kehitetäänkin monella eri taholla. Ledien kehityksessä suurimpana ongelmana oli pitkään pieni valoteho ja ledin lähes monokromaattinen värinvalinta, mutta näitä ongelmia on ratkottu ja huomattavaa edistystä on tapahtunut.

Elektroluminenssin löytäminen

Ensimmäiset kaupalliset led-tekniikkaa käyttävät valonlähteet kehitettiin 1960-luvulla Amerikasta, mutta ledeillä on takanaan huomattavasti pidempi historia, joka tosin helposti sivuutetaan. Vuonna 1907 englantilainen tutkija H.J. Round teki onnistuneita kokeiluja hohtodiodilla. Kokeiluissaan hän sai aikaan *“mielenkiintoisen hohtavan valoilmion”* johtamalla 10 voltin sähkövirran kahden pisteen välille pii-kiteessä. Round toimi italialaisen Marconin assistenttina ja raportoi löydöksestään raportissaan *“A note on Cardorundum”* (Matthews 2001). Tämä on ensimmäinen säilynyt dokumentti ledien kehityksessä.

Ledin kehittäminen

Samalla metodilla löysi myös venäläinen Oleg Vladimirovich Losev valoa lähettävän diodin 1920-luvulla, täysin tietämättä Roundin kokeiluista. Losev havaitsi radioissa käytettävien sinkkioksidista ja piikiteestä valmistettujen tasasuuntaajien lähettävän valoa, kun niihin johdettiin sähköinen jännite (Zheludev, 2007). Nämä vuosisadan alun kokeilut jäivät kuitenkin hämärään, sillä mitään kaupallisia vaikutuksia tai valmiuksia niillä ei ollut.

Vuonna 1955 amerikkalainen Rubin Braunstein havaitsi työskennellessään Radio Corporation of Americassa puolijohdekomponenttien lähettävän infrapunasäteilyä. Hänen tutkimustulostensa mukaan nämä infrapunasäteilyä hohtavat puolijohdekomponentit oli valmistettu galliumarsenidista (GaAs), galliumantimonidista (GaSb), indiumfosfidista tai piin ja germaniumin seoksesta. Vuonna 1961 Texas Instrumentsissa työskennelleet tutkijat Bob Biard ja Gary Pittman tulivat Braunsteinin tulosten kanssa samoihin johtopäätöksiin galliumarsenidin osalta, ja jollain keinolla voittivat prioriteetti-kiistan Braunsteinia vastaan ja patentoivat keksinnön. Tässä kohtaa ledit eivät vielä juurikaan vaikuttaneet ihmisen näkemiseen vaikuttavilla aallonpituuksilla.

Ensimmäiset näkyvää valoa emittoivat ledit

Ensimmäisen käyttöön soveltuvan näkyvää valoa lähettävän diodin kehitti General Electric Companyssa työskennellyt Nick Holonyak vuonna 1962. Ensimmäinen ledi lähetti näkemiseen tarvittavassa spektrissä vahvasti infrapunan puolella olevaa aallonpituutta, eikä se ollut ympäristöön valaisemiseen millään tapaa sovellettavissa. Nämä ensimmäiset ledit olivat valmistettu galliumista, arsenikista ja fosforista (GaAsP) ja ne lähettivät 655nm aallonpituutta (Marktech 2009). Tästä oli vielä pitkä matka ledien käyttöön ympäristönvalaisussa, sillä valoteho näillä oli n.0.15 lm/W. Seuraavan vuosikymmenen aikana valoteho saatiin nostettua yhteen wattiin lumenia kohti ja näin ledejä oli mahdollista käyttää esim. taskulaskimissa. (Matthews 2001).

Ledien värien tuottaminen kehittyi

1970-luvulla ledien valoteho ei oleellisesti kehittynyt, mutta edistysaskelia otettiin toistettavien valon aallonpituuksien ja käytettävien värien kehittämisessä. Vuonna 1972 George Craford kehitti keltaisen ledin ja kymmenen kertaa aikaisempaa kirkkaamman punaisen sekä oranssin ledin (Tuominen 2007). Löydettiin oikeat yhdisteseokset, joilla pystyttiin toistamaan valon eri aallonpituuksia: vihreää ja punaista galliumfosforilla, keltaista, oranssia ja korkean valotehon omaavaa punaista gallium-arsenikkifosforilla. Nämä samat yhdisteet ovat käytössä tänäkin päivänä. Koska ledeillä oli alusta alkaen hyvä käyttövarmuus, alettiin niitä käyttää eri sovelluksissa - etenkin mittareissa ja näyttöissä. (Marktech 2009).

Tehokkaampi yhdisteseos – punainen ledi

1980-luvulla kehitettiin uusi ja valotehokkuudeltaan parempi yhdisteseos - galliumalumiiniarsenidi (GaAIAs). Tämä uusi seos teki ledeistä sekä valotehollisesti että energiataloudellisesti yli kymmenkertaisesti tehokkaampia, sillä nyt niissä voitiin käyttää huomattavasti pienempää jännitettä. Uudessa tehokkaassa seoksessa oli muutamia haittapuolia: sen avulla voitiin tuottaa vain 660nm valon aallonpituutta (siis punaista valoa) eikä sen kestävyys ollut yhtä hyvä kuin aiempien ledien. Toisaalta tätä uutta käyttöateriaalia varten kehitetyt kokoonpanotekniikat mahdollistivat ledien valmistamisen pienemmiksi ja samalla niiden käyttövarmuus kasvoi. Koska haluttiin pitää kiinni uudesta saavutetusta tehokkuudesta, ja haluttiin myös ledien olevat yhtä kestäviä kuin ennenkin, käännyttiin kehittämissä laser-diodien puoleen. Laserdiodeja oltiin jo käytetty näkyvän aallonpituuden puolella esim. barcode-lukijoissa (Marktech 2009). Tämä kehitystyö

uuden tekniikan kanssa kulminoitui allengap-ledien kehittämiseen. Hewlett Packard ja Toshiba kehittävät tämän aluminium-indium-gallium-fosfaatti-yhdisteen - mistä nimikin tulee - vuonna 1990. Uusi yhdiste paransi ledien valotehoa ja teki niiden spektristä huomattavasti laajemman, toistolaajuus laajeni välille 560-645nm. Oranssi allengap-led pystyi tuottamaan jopa 100 lm/W valotehon. (Matthews 2001).

Vihreät ja siniset ledit

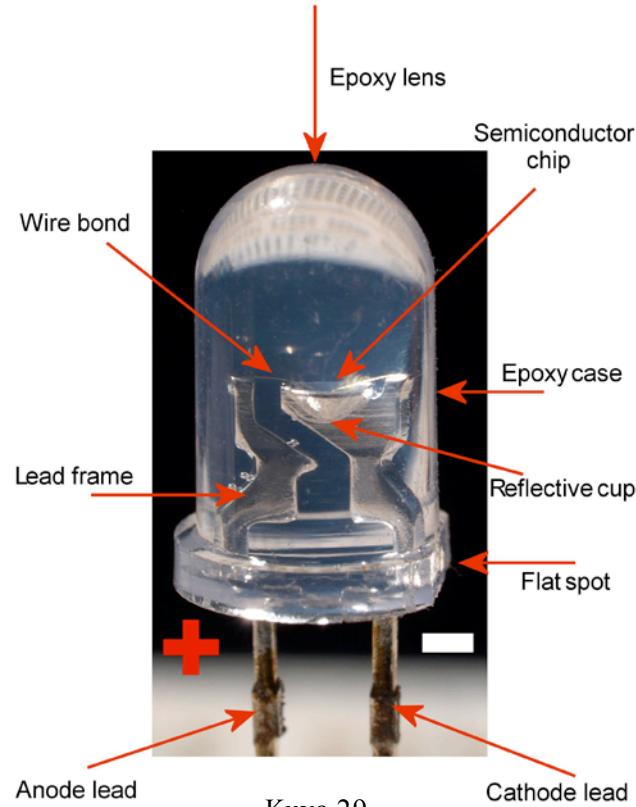


Kuva 28
Kuvassa vihreä led
(Lähde wikiedia)

Vihreät ja siniset ledit olivat valotehokkuudessaan huomattavasti jäljessä tässä vaiheessa. Niillä valotehokkuus pysyi alle yhdessä lumenissa wattia kohti. Vasta kun japanilainen Shuji Nakamura keksi käyttää gallium-nitraatti-seosta, pääsi vihreiden ja sinisten ledien kehitys käyntiin. Nakamura työskenteli tuolloin Nichia Chemical -yhtiön palveluksessa ja Nichia päästi vuonna 1993 markkinoille ensimmäiset tehokkaat siniset ledit. (Matthews 2001). Tehokkaiden sinisten ledien keksiminen mahdollisti kaikkien päävärien käytön ledeissä ja näin myös teoreettisen valkoisen valon toistamisen. Kehitettiin myös toinenkin tapa tuottaa valkoista valoa. Myös tämän metodin kivijalkana oli sininen ledi: aallonpituudet 450-470nm toistavaan siniseen galliumnitraatti-lediin (GaN) yhdistettiin ytrium-alumiini-graniitti (YAG) loisteainetta. YAG-loisteaine loistaa valkoisena Ga- nitraatin tuottamien sinisten valon aallonpituuksien takia (Marktech 2009). Tänä päivänä ledien valoteho vastaa loisteputkien valotehoa, mutta ledien tekniset ominaisuudet osoittavat, että kehitys ei ole lähelläkään tiensä päätä. Tuominen (2007) kertookin, että uusimmat LED-tekniikan tutkimukset, Meijo Yliopistossa Japanissa, ovat johtaneet jopa 130 lm/W ledien kehittämiseen. Näin valovoimaisissa teholedeissä tulee jälleen vastaan ongelmia niiden tuottaman lämmön suhteen. Jos lämpöä ei pystytä johtamaan valaisimesta pois, ei siitä tule kovinkaan pitkäikäistä.

3.6.2 Ledien toimintaperiaate

LED-lampuissa toimintaperiaate on sama kuin purkauslamppuissa, paitsi että purkaus tapahtuu kiinteässä aineessa: kun virittyneet elektronit törmäävät liitosalueen tuntumassa negatiiviseen ”koloon” ne siirtyvät matalammalle energiatasolle ja purkavat vapautuneen energian fotonina. Purkautuvan valon aallonpituus riippuu siitä, mistä materiaalista tämä positiivisen ja negatiivisen puolijohteen liitoskohta muodostuu.



Kuva 29

Ledin rakenne (Lähde: wikipedia)

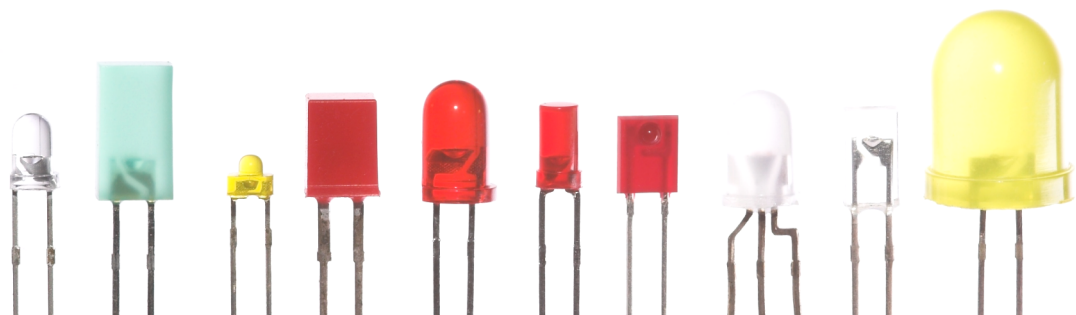
3.6.3 Ledien käyttö näyttämötaiteissa

Näyttämötaiteissa ledien hyvinä puolina on vähäinen sähkönkulutus ja lämmöntuotto. Lämmöntuotto tulee toisaalta myös ongelmaksi ledin valotehon kasvaessa, joten varsinaisesti lämmöntuoton vähäisyys ei ole ominaisuus, joka tulisi laskea ledin vahvuudeksi – vielä. Pienen kokonsa ja hyvän värien tuottamiskykynsä ansiosta ledit ovat tänä päivänä hyvä ja monipuolinen valonlähde – tiettyihin kohteisiin. Ledien tuottamat värit tosin ovat spektrissään toistaiseksi markkinoilla olevilla ledivalaisimilla toteutettuna hyvin monokromaattisia: ledivalaisimen spektrikäyrä sisältää suuria voimakkuus eroja ja tästä syystä se saattaa vääristää yksittäisiä väre-

jä vaikka värintoistoindeksi ilmoitettaisiin korkeaksi. Ledien käyttö muuta kuin näyttämön tai siinä olevien elementtien värittämiseen on siitä syystä vielä toistaiseksi hankalaa. Kehitys on kuitenkin ottanut huomattavia askeleita ledien käyttämiseen esimerkiksi profiiliheittimen valonlähteenä. Aiemmin kompastuskivenä oli ledin heikko valoteho, mutta sen ongelman ratkettua alettiin miettimään optiikan ongelmaa: kun valo muodostuu useasta pienestä lähteestä, on kiilasta mahdoton saada tarkkarajaista ja keskitettyä. Nyt markkinoille on tulossa profiiliheitin, jossa on ratkaistu useita optiikan ongelmia terävän valon muodostamisen suhteen. Optiikka onkin yksi osa-alue, jossa on tapahtunut ja tulee tapahtumaan kehitystä, jotta ledeistä saadaan monipuolisempia valonlähteitä.

Teknisen kehityksen myötä ledejä on nyt mahdollista saada eri värilämpötiloissa, jolloin niiden käyttäminen antaa suunnittelijalle enemmän mahdollisuuksia. Punaisen, vihreän ja sinisen ledin rinnalle on led-valaisimeen otettu amber-led (oranssi led), joka mahdollistaa lämpimien ja murrettujen sävyjen toistamisen. Lisäksi ledien ongelmana ollut himmennettävyyden on parantunut huomattavasti, etenkin uudemmissa valaisimissa. ADB:n ALC4 cyclorama-heitin on hyvä esimerkki sekä spektrin toiston että himmennettävyyden kehityksestä.

Kuva 30

Erilaisia ledejä
(Lähde: wikipedia)

4 ENERGIATEHOKKUUS- JA YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISYYSVAATIMUKSET

Kuten johdannossa todettiin, energian käytön lisääntyminen on pakottanut yhteiskunnan säätämään asetuksia ja pakotteita, joilla pyritään rajoittamaan energian kulutusta. Euroopassa Euroopan Unioni (EU) on se elin, joka näitä direktiivejä asettaa. Direktiivien lähtökohtana on sekä energiankulutuksen hillitseminen että kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Valaisimiin ja valotehokkuuteen selvimminkin vaikuttavat direktiivit ovat RoHS- ja EuP- direktiivit. Esittäviin taiteisiin ei direktiiveillä vielä ole suoria vaikutuksia - paitsi että perinteinen hehkulamppu on kohta vaikeampi löytää näyttämöä koristamaan – mutta välillisesti ne tulevat vaikuttamaan lamppujen ja laitteiden valmistajien kehittäessä tarjoamiaan tuotteita.

RoHS-direktiivi ja sen vaikutukset

RoHS-direktiivi (Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment) on Euroopan Unionin asettama lainsäädäntö (direktiivi 2002/95/E), joka asettaa rajoituksia seuraaville haitallisille aineille sähkö- ja elektroniikkatuotteissa: lyijy, elohopea, kadmium, kuudenarvoinen kromi ja bromattu palonestoaine (sekä PBDE että PBB) (Teknologiaateollisuus 2009). Ainekiellot astuivat voimaan 1.7.2006, joka tarkoittaa, että em. aineiden pitoisuusrajat ylittäviä tuotteita ei saa EU-alueen markkinoille tuoda.

Tämän direktiivin tarkoituksena on

”.. sähkö- ja elektroniikkalaitteista peräisin olevien jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen”, ”..ihmisten terveyden suojele”,

”..edistää sähkö- ja elektroniikkalaiteromun hyödyntämistä ja käsittelyä ympäristöä säästävällä tavalla”. (Tukes 2009).

“RoHS-direktiivin mukainen sähkö- ja elektroniikkalaite on:

- sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta annetun valtioneuvoston asetuksen (852/2004) liitteessä 1 mainittuihin laiteryhmiin 1-7, 10 kuuluva laite tai hehkulampunlamppu ja
- tarvitsee sähkövirtaa tai sähkömagneettista kenttää toimiakseen asianmukaisesti tai joka on tarkoitettu tällaisen virran tai kentän synnyttämiseen, siirtämiseen tai mittaamiseen ja
- joka on suunniteltu käytettäväksi enintään 1000 V AC tai 1500 V DC jännitteellä.”. (Tukes 2009)

EuP-direktiivi ja sen vaikutukset

”Direktiivi energiaa käyttävien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista (2005/32/EY) annettiin 6.7.2005. Direktiiviä kutsutaan yleisesti EuP-direktiiviksi (EuP= Energy-using Products), mutta joskus myös Eco-Design -direktiiviksi”. (TEM 2009).

EuP-direktiivi luo siis puitteet ekologisille vaatimuksille energiaa käyttävien tuotteiden suunnittelussa ja tuotekehittämissä. Tavoitteena on ympäristönäkökohtien ja elinkaariajattelun integrointi alkaen jo tuotteiden tuotesuunnitteluvaiheesta. Direktiivin asettamat asetukset kattavat tuotteen koko elinkaaren valmistuksesta kierrätykseen ja jätteiden käsittelyyn. EuP on ns. puitedirektiivi, jonka kansallisesta voimaansaattamisesta ei välittömästi seuraa energiavaikutuksia, vaan vaikutuksia syntyy vasta täytäntöönpanotoimenpiteiden selkiytyttyä EU-tasolla (TEM 2009). Direktiivi ei kohdistu mihinkään energiaa käyttävään laitteeseen tai lampputyyppiin suoraan, vaan määrittää energiatehokkuusarvoja, joita sähkö- ja elektroniikkatuotteet eivät saa ylittää.

Vanhentunutta valaistustekniikkaa

Valaistukseen kannattaakin suunnata suunnittelu- ja kehitysvaroja, sillä valaistuksen päivittämisellä voidaan saada aikaan huomattavia energiasäästöjä. Valoteknisen Seuran ja Teknologia Teollisuuden yhteistyönä tehdyn selvityksen mukaan Euroopassa yli 60% valaistuksesta tehdään vanhalla energiasyöpöllä tekniikalla, ja sekä katu- että toimistovalaistuksessa valaisimien uudistumistahti on hyvin hidasta: katuvalaistuksessa uudistumisvauhti on 3% vuodessa, toimistovalaistuksessa 7% vuodessa (TEM 2009).

Selvityksessä ei käsitellä esiintymistilojen (teatterit yms.) sähkön kulutusta tai niissä käytettäviä laitteistoja, mutta yleinen toimintaperiaate esimerkiksi vanhemmissa teatteritaloissa omien kokemusten mukaan tuntuu olevan se, että vanhaa tekniikka käytetään niin kauan kuin se kestää. Vasta hajoamisen jälkeen saatetaan miettiä korvaavia valonlähteitä. Vanhoissa teatteritaloissa on tosin muutakin peruskorjattavaa, joka pitää hoitaa kuntoon ennen valokaluston päivittämistä. Suomen teatterit Ry:n tekemän kyselyn mukaan 21:stä teatterista 18 ilmoitti rakennuskantansa tarvitsevan korjausta. Etenkin sähkötöiden tarve on näissä laitoksissa suuri (Suomen Rakennuslehti 2009). Modernimmat tilat ovat tässä kohtaa paremmassa asemassa, sillä ne ovat paremmin valmistautuneita uudistamaan laitekantaansa ja muuttamaan rakenteitaan toimivammiksi.

4.2 Hehkulamppujen poistuminen markkinoilta

Hehkulamppujen markkinoilta poistuminen johtuu siis EU:n asettamasta EuP-direktiivistä, joka koskee energiaa käyttävien tuotteiden energiatehokkuusvaatimuksia. Hehkulamppujen energiatehokkuushan on 5-10 %, joten aikamoisia harppauksia niiden kehityksessä olisi tehtävä, jotta energiatehokkuusvaatimus täytettäisiin. Hehkulamput poistuvat markkinoilta pikku hiljaa seuraavan Motivan (2009) sivuilta löytyvän aikataulun mukaisesti:

- syyskuu 2009 kaikki mattapintaiset hehkulamput poistuvat
 - syyskuu 2009 kirkkaat 100 W ja sitä suurempitehoiset hehkulamput poistuvat
 - syyskuu 2010 kirkkaat 75 W hehkulamput poistuvat
 - syyskuu 2011 kirkkaat 60 W hehkulamput poistuvat
 - syyskuu 2012 loputkin hehkulamput poistuvat (pois lukien merkkivalot)
- (Motiva 2009).

Tämä aikataulu kertoo vapaasti säteilevien lamppujen poistamista markkinoilta. Koska halogeenilamput ovat hehkulamppuja energiatehokkaampia, eivät ne kohtaa energiatehokkuuden kiristyviä vaatimuksia aivan yhtä nopeasti kun hehkulamput. Tässä vaiheessa direktiivien tarkentumista kohdelamppuja koskevat säännökset päätetään vuoden 2010 aikana, eikä direktiivit myöskään kosketa esimerkiksi jääkaappien ja uunien lamppuja. Myös tietyt erityiskantaiset lamput saavat helpotuksia direktiivien asetuksiin nähden. Markkinoilta poistuminen tarkoittaa tässä sitä, että jälleenmyyjät voivat myydä kielletyt tuotteet loppuun varastoistaan, mutta tuotteiden valmistaminen tai uusien tuotteiden tuominen EU:n alueelle on kielletty. (Airam 2009).

Hehkulamppua korvaamaan

Suosituimmat haastajat hehkulampan kotitalouksiin jättämää paikkaa täyttämään ovat pienloistelamput eli energiansäästölamput, halogeenilamput tai LED-lamput. Pienloistelamput kestävät noin 10 kertaa hehkulamppuja pidempään ja kuluttavat 75-80 % vähemmän sähköä kuin hehkulamput. Halogeenilamput ovat noin 30% hehkulamppuja tehokkaampia. Ne muistuttavat hyvin paljon hehkulamppua ja niiden hyvät ja huonot puolet ovat pitkälti samankaltaiset. LED-lamput kestävät jopa 50 kertaa hehkulamppuja pidempään ja ovat energiatehokkuudeltaan huomattavasti parempi valonlähde. (Motiva 2009). Tosin led-valaisimia käyttäessä on tarkkaan mietittävä kohde, mitä valaistaan.

Led-valaisimet sopivat kohdevalaisuun, mutta yleisvalon antajaksi led-teknologia on vasta kehitymässä.

Hehkulampun teho	Halogeenilampun teho	Energiansäästölamppun teho
25 W	18 W	5 W
35 W/40 W	28 W	7 W
60 W	42 W	11 W
75 W	52 W	15 W
100 W	70 W	20 W
150 W	105 W	30 W

Taulukko valotehokkuuksien vastaavuuksista. Lähde: www.osram.fi

4.3 Energiansäästölamppu hehkulamppua korvaamaan

Energiansäästölamppu on loisteputkilamppu, jossa on sisäänrakennettuna liitännälaitte, joka mahdollistaa niiden kiertämisen tavallisiin hehkulamppupidikkeisiin. Lampussa on sisällä sytytin, joka käynnistää kaasupurkauksen. Syttymisen jälkeen kestää jonkin aikaa, ennen kuin lamppu antaa täyden valontuotonsa. EuP- direktiivi on vaikuttanut myös energiansäästölamppun kehittämiseen karsimalla asetusten ulkopuolelle jäävät B- ja C-luokan lamput pois juuri niiden valotehottomuuden takia. Nyt markkinoilla olevien A-luokan energiansäästölamppujen valotehokkuus on mallista ja tehosta riippuen välillä 40-70 lm/W. (Airam 2009).

Kuva 31. Yksi malli energiansäästölamppuista (Lähde: www.galilei.fi)

Energiansäästölamput, kuten kaikki loistelamput sisältävät pieniä määriä elohopeaa. Siksi ne tulee palauttaa sähkö- ja elektroniikkaromun (SER) keräykseen tai tietyillä paikkakunnilla ongelmajätekeräykseen. Lainsäädännön vaatimukset täyttävä energiansäästölamppu sisältää elohopeaa 1-5 mg ja loisteputkilamppu 8-10 mg. Energiansäästölamppujen (tai kaikkien elohopeaa sisältävien lamppujen) hajotessa on annettu ohje poistua tilasta, jossa lamppu on hajonnut, viideksitoista minuutiksi ja tämän jälkeen rikkoutunut lamppu ja sen sirpaleet pitäisi kerätä talteen kokonaisuudessa (käyttäen apuna esim. märkää rättiä tms.) ja kaikki nämä osat tulisi toimittaa vaarallisten aineiden keräyspisteeseen. Näitä keräyspisteitä ei vielä ole kovin lähellä asutuskeskittymiä ja tämä saattaa koitua ongelmalliseksi energiansäästölamppun kotitalouksiin tulon kannalta (Lampputieto 2009).



Hehkulamppu vs. energiansäästölamppu

Vaikka direktiivien antamat asetukset ovat siirtämässä energiatehottomat hehkulamput pois markkinoilta, käy silti keskustelu paremmuudesta hehkulamppujen ja energiansäästölamppujen välillä kiivaana. Hehkulamppujen suurin kompastuskivi on niiden energiatehottomuus. Vaikka energiansäästölamppun valmistamiseen kuluu huomattavasti enemmän sähköä (3-4 kWh) kuin hehkulamppun valmistamiseen (0,8kWh), on hehkulamppun elinkaaren sähkönkulutus moninkertainen energiansäästölamppuun verrattuna. Tämä johtuu siitä, että yksi energiansäästölamppu kestää 8-15 hehkulamppun iän. (Airam 2009).

Ympäristön elohopeakuormitus lampun elinkaaren aikana

Hehkulamppun elohopeapäästöt elinkaaren aikana ovat siis suuremman sähkönkulutuksen vuoksi suuremmat kuin energiansäästölamppuilla, koska sähköntuotannossa vapautuu elohopeaa (Gydesen ja Maimann 2009). Jos kaikki Suomessa käytössä olevat noin 25 miljoonaa hehkulamppua korvattaisiin 8 000 tuntia kestäväillä energiansäästölamppuilla, olisi niiden sisältämä elohopeamäärä yhteensä noin 75 kg. Suomen elohopeapäästöjen arvioidaan olevan vuosittain tällä hetkellä noin 600 kg. (Lampputieto 2009).

Energiansäästölamppun puutteet

Energiansäästölamppun vioiksi on laskettu kaikkea niiden tuottaman valon laadusta niiden sisältämään elohopeaan. Iso-Britannian terveysviranomaisten tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että jotkin energiansäästölamput välkkyvät sadan hertsin taajuudella, mikä voi aiheuttaa joillekin ihmisille päänsärkyä. Lisäksi lampun säteilemä ultraviolettia saattaa joissain tapauksissa ylittää kansainväliset ohjearvot. Tässä tapauksessa kysymyksessä on kuitenkin sama määrä UV-säteilyä, jonka ihminen saa kesäisenä auringonpaisteisena päivänä (MediLexicon 2009). Ja näissä tutkimuksissahan on kyse suuresta määrästä löytyvistä poikkeavuuksista, joita ei pidä yleistää kaikkia energiansäästölamppuja koskeviksi.

Loisteputkilamppujen himmennettävyys on ongelma, johon kuluttajat saattavat myös törmätä. Energiansäästölamppuja on tosin kehitetty niin, että himmennettäviä lamppuja löytyy. Megaman Oy valmisti ensimmäisen tavallisella hehkulamppuhimmentimellä toimivan energiansäästölamppusarjan (Dimmerable-sarja), jossa valaistuksen voimak-

kuutta voidaan säätää portaattomasti 10-100%. Megaman on tuonut markkinoille myös DorS- himmennysteknologiaan perustuvan lampun, jota voi himmentää tavallisella valonkatkaisijalla. Lampun valovoimakkuutta himmennetään käyttämällä valonkatkaisijaa alle kolmen sekunnin jaksoissa. Lampun tarjoamia valovoimakkuus tasoja on 100%, 66% 33% ja 5%. Molemmille lamputyypeille on ilmoitettu käyttöiäksi 10 000 tuntia. (Airam 2009).

Hehkulamppujen kehittelystä

Uhka siirtää hehkulamput historiaan on antanut piristysruiskeen sen kehittämislle. Esimerkiksi Amerikassa on kehitteillä uusi hehkulamppu-sukupolvi, joka käyttää erikoisia heijastavia pinnoitteita. Pinnoite heijastaa hukkasäteilyä takaisin hehkulankaan ja palaava energia tuottaa langassa jälleen lämpöä ja näin ollaan saatu hehkulampusta noin 30 % energiatehokkaampi. Kehityksen suhteen ollaan yhä optimistisia (New York Times 2009). Esimerkiksi Deposition Sciences inc. on kehittänyt erityistä EcoWhite™ Silver -kalvoa juuri tähän tarkoitukseen (DSI 2009).

4.4 Direktiivien vaikutukset esittävisä taiteissa

EuP- direktiivi vaikuttaa tällä hetkellä eniten tievalaisussa ja arkkitehtuurisessa valosuunnittelussa – ja kotitalouksissa hehkulamppujen poistumisella. Esittävisä taiteissa direktiivien vaikutukset eivät näy vielä kovinkaan vahvasti, mutta yleiset linjaukset osoittavat tulevaisuuden tuovan mukanaan asiaa koskevia säädöksiä - ainakin näyttämölle hehkulampun saaminen praktiksi hieman vaikeutuu. Laite- ja lamppuvalmistajat ottavat luonnollisesti huomioon energiatehokkuuden uutta teknologiaa keksiessään ja vanhaa kehittäessään, ja tämä kehitys näkyy tietenkin ajan kuluttua käytössä olevassa laitteistossa.

5 VALOSUUNNITTELIJA JA ENERGIATEHOKKAAT SUUNNITTELUT

Lähestyin useaa ansioitunutta lampun valmistajaa ja suomalaista valosuunnittelijaa kyselyllä, jossa kysyin heidän suhtautumistaan energiatehokkaisiin valonlähteisiin ja energiatehokkaisiin suunnitelmiin. Kyselyn kysymykset jakautuivat kahteen kategoriaan: A) energiatehokkuus teknisessä mielessä ja B) energiatehokkuuden huomioiminen sisällöllisessä mielessä. Käytän tekstissä lainauksia seuraavilta henkilöiltä saamistani vastauksista:

Henri Juslèn, kehitysjohtaja, Philips Oy

Juha Setälä, markkinointijohtaja, Airam Oy

Jussi Kamunen, valojärjestäjä, Tampere-talo

Ari ”Valo” Virtanen, valosuunnittelija

Tiiti Hynninen, valosuunnittelija, TeM

Matti Jyväskylä, valosuunnittelija, TeM

Valonlähteiden energiatehokkuuden kehitys

Saadut vastaukset painottivat yksinomaan positiivista asennetta energiatehokkaiden valonlähteiden kehittelyä ja markkinoille tulemistä kohtaan. Lampunvalmistajilta tuli tosin sellaista huomiota, että ”*sekä halogeenitekniikkaa että monimetalli-tekniikkaa kehitetään edelleen voimakkaasti. Ominaisuuksista tärkein on energiatehokkuuden parantaminen edelleen*”, kuten Philipsin Suomen asioista vastaava Henri Juslèn vastasi kyselyyni. Ei siis kannata vielä jättää kehityksessä halogeenipolttimollisia tai monimetallilamppuja käyttäviä valonlähteitä huomioimatta – kuten myöskään jälleen kehitteillä olevaa hehkulamppua. GE Electric julkaisi jo vuonna 2007 tiedotteen, jossa kerrottiin uusia materiaaleja käyttävästä hehkulamppusta, jonka valotehokkuus on nostettu energiansäästölamppun tasolle, mutta joka on toimii täysin hehkulamppun periaatteella. Tiedotteessa GE vielä toteaa, että tätä periaatetta voi soveltaa myös muidenkin hehkulangallisten valonlähteiden kehittämiseen.

Mielestäni EU:n asettamat direktiivit ovat antaneet hyvän piristysruiskeen valonlähteiden kehitykselle ja monia asioita ei luultavasti oltaisi kokeiltu, jollei tällaisia pakotteita olisi ilmennyt. Lampunvalmistajat ovat myös itse asettaneet tuotteilleen tavoitearvoja ja kriteerejä, jotta kehitystä tapahtuisi. Henri Juslèn kertoi Philipsin itselleen asettamista tehokkuustavoitteista: ”*Philipsin omat kriteerit ja tavoitteet on asetettu direktiiviä tiu-*

kemmaksi, joten direktiivi itsessään ei ole tuotekehitysmielessä oleellinen. Toki se sulkee joitain vaihtoehtoja ulos.” Mielestäni on erittäin järkevää lampunvalmistajilta asettaa itselleen EU direktiivejä kireämpiä tavoitteita. Tällä tavoin he eivät ole valonlähteidensä kehittämissä selkeä direktiivien asettamaa seinää vasten. Tosin EU:n asettamat direktiivit tiukkenevat koko ajan ja kuten Airamin Suomen haaran teknisen valaisun vastaava Juha Setälä asian näkee: *”halogeeneissa tuskin tapahtuu oleellista kehitystä. Niiden valotehokkuus paranee, mutta ne tuskin ovat enää direktiivien mukaisia 2016 jälkeen.”* Energiatehokkuusvaatimukset valonlähteille on siis asetettu siinä mielentilassa, että valonlähteiden kehityksessä on otettavissa ja otettava vielä useita askeleita tehokkaampiin ja ympäristöä vähemmän kuormittaviin lampuihin.

Valonlähteiden kehityksessä etenkin ledeille valonlähteiden valmistajat povasivat yhä valoisampaa tulevaisuutta. Philipsin Juslèn esitti oman näkemyksensä, jonka mukaan : *”ledit tulevat yleistymään eri ratkaisussa sitä mukaa kun niiden energiatehokkuus paranee perinteisemmän tekniikan tasolle ja ohi. Aikataulusta ja muutoksen nopeudesta en esitä arvausta.”* Tämä on todennäköisesti totta niin arkkitehtuurisessa valaisussa kuin näyttämölläkin. Tämän vuoden (2009) Plasa –messuilla Lontoossa esiteltiin profiiliheitin, joka käyttää valonlähteenä ledejä. Osallistuin Helsingissä lokakuussa 2009 järjestettyihin valo- ja av-messuille ja kyselin jälleenmyyjien mielipiteitä kyseisestä heittäimestä. Yleinen mielipide heidän keskuudessaan oli, että heitin oli yllättävänkin toimiva (valkoinen valo ei muodostunut selkeästi punaisen, vihreän ja sinisen yhdistelmänä, vaan optiikan kehitys oli mahdollistanut ”yhtenäisen” valkoisen valon). Mielipiteissä korostui kuitenkin myös varauksellisuus heitintä kohtaan: useat mielipiteensä antaneet painottivat, että menee vielä useita vuosia ennen kuin heittäimestä on kilpailijaksi perinteiselle halogeenipolttimolliselle profiilille. Myös valosuunnittelijoilta saadut vastaukset kertoivat, että he uskovat tekniikan kehittyvän niin, että näistä ”uuden sukupolven” valonlähteistä (led- ja plasmavalaisimista) kehittyvät valonlaadullisilta ominaisuuksiltaan vielä parempia valaisimia.

Energiatehokkaat valonlähteet toteutuksissa

Millä tavoin suunnittelijat sitten ottavat nämä energiatehokkaammat valonlähteet huomioon toteutuksissaan? Kyselyssä kävi ilmi, että harvoin energiatehokkaan valonlähteen valitseminen juuri energiatehokkuudellisista syistä on suunnittelijasta itsestään lähtöisin oleva valinta. Jos valonlähteen valinta on tehty energiatehokkuutta silmällä pitäen, on

toive tullut asiakkaalta itseltään. Kuten RMC yhtiön palveluksessa työskentelevä valosuunnittelija Antti Puurula asian ilmaisi: ”*Kyse ei ole ollut niinkään kustannussyistä tai sähkön saatavuudesta, vaan asiakas on kokenut saavansa imagovoiton voidessaan käyttää ympäristöarvoja markkinoimisessa. Uskon että tämän kaltaiset tilaukset tulevat lisääntymään.*” Energiatehokkuus ja sen vaikutus ympäristölle on siis asia, joka tulee herättämään keskustelua suunnittelijan ja asiakkaan välillä varmasti, vahvemmin vielä tulevaisuudessa. Energiatehokkaampien valonlähteiden muokkautumisesta esittävien taiteiden vakituiseksi kalustoksi Tampere-talon valojärjestäjä Jussi Kamunen ennustaa: ”*Uskon silti esityskäytössä säilyvän kaiken nykyisenkin kaluston ja energiataloudelliset laitteet tulevat vaihtoehtoiksi.*” Vasta valonlähteiden kehitys ja se, että kuluttajat ottavat nämä valonlähteet käyttöönsä voi vakiinnuttaa niiden tulevaisuuden esittävien taiteiden parissa. Tähän mennessä tapahtunutta kehitystä tarkastellessa jonkinasteinen vakiintuminen tuntuu hyvinkin todennäköiseltä.

”Laadullinen kehitys on vihdoin alkanut mahdollistaa uuden teknologian todellisen hyödyntämisen ja uskon sen hiljalleen valtaavan myös esittävän taiteen alaa. Tulevien vuosien aikana uskon teknologian tason saavuttavan pisteen, jolloin energiategokkaila valaisimilla on realistisesti mahdollista korvata esim. konventionaalisia valaisimia” (Tiiti Hynninen (TeM)).

Teatterirakennusten päivittäminen nykypäivään avaa samalla ovet energiategokkaampien valonlähteiden tulolle vanhempiinkin teatteritaloihin. Kun kalustoa päivitetään useita vuosikymmeniä vanhoista valonlähteistä lähemmäs nykyaikaa, saadaan näyttämölle enemmän valotehoa vähemmällä sähkömäärällä. Valosuunnittelija Tiiti Hynninen (TeM) on mukana Hämeenlinnan kaupunginteatterin uuden päänäyttämön suunnittelu-projektissa. Projektissa on pyritty ottamaan energiategokkuus yhdeksi näkökulmaksi kalustosuunnitteluun. Harkinnan alla olevista kalustovaihtoehtoista hän kertoo, että ”*konventionaalisisissa valaisimissa lähes kaikki profilivalaisimet toteutetaan 750W valaisimilla 1200W sijaan. Purkauslampuilla toimivien liikkuvien valaisimien kohdalla osa 1200W valaisimista on korvattu 700W valaisimilla ja 575W valaisimia 350W valaisimilla*”. Vaihtokaupassa sähkönkulutus vähenee valonmäärästä ja –laadusta tinkimättä. Samanlaista päivittämistä tapahtuu myös muualla. ”*Tampere-talon etuvalosetin uusinnassa sähkönkulutus oli yksi osatekijä. Vaihdoimme 2000w halogeenit 750w HPL-halogeeneihin. Tässäkin hankinnassa tosin sähkönkulutus ei ollut tärkein kriteeri vaan valon laatu nousi tärkeämmäksi*”, Tampere-talon valojärjestäjä Jussi Kamunen kertoo

kiertelemättä. Hän tiivistää hyvin kehityksen tuoman edun energiatehokkuudessa ja suunnittelijalle avautuvissa mahdollisuuksissa: ”*Muuten hankinnoissa on merkittävästi tärkeämmäksi noussut valon laatu / tavoiteltu visuaalinen lopputulos kuin sähkönkulutus. Toisaalta jos ajatellaan viimeisen 10-15 vuoden aikajänteellä asioita on tapahtunut merkittäviä sähkönkulutukseen vaikuttavia asioita. Massiiviset par / fresu-setit ovat korvaantuneet merkittävästi vähemmän sähköä vieviin liikkuviin.*” Havaintoesimerkin valokaluston päivittämisen mukanaan tuomista säästöistä saa suunnittelusta, jossa ympäri vuoden auki olevan yökerhon valokalusto uudistettiin ja samalla valokaluston käyttöä eri vuorokauden ajoille järjeistettiin. Suunnittelussa konsulttina oli pitkän linjan valoalan ammattilainen Valo Virtanen. Päivityksestä ja käytön järjeistämistä saadut säästöt vuotuisella tasolla: vanhalla kalustolla vuotuinen kulutus oli 254 554 kWh ja päivittämisen jälkeen kulutus oli 57 192 kWh (ks. Liite 2). Karkeasti voi siis sanoa sähkönkulutuksen tippuneen neljännekseen. Uudet valonlähteet tuovat usein myös mukanaan monipuolisemmat käyttömahdollisuudet.

Energiatehokkuuden yhdistäminen sisällölliseen suunnitteluun

Energiatehokkaampien valonlähteiden sisällyttäminen valosuunnitteluihin on tällä hetkellä huomattavasti helpompaa esimerkiksi arkkitehtuuri- tai messuvalaisun parissa kuin näyttämötaiteissa. RMC:n valosuunnittelija Antti Puurula valaisee tällä hetkellä messuvalaisussa vallalla olevaa valaisutyylä: ”*messutilanteissa olemme siirtyneet lähes täysin käyttämään purkausheittimiä. Olen muutokseen tyytyväinen, kuten ovat olleet asiakkaammekin. Myös tunnelmavalaisuksen luominen seinäpintoja valaisemalla (pääsääntöisesti pienissä yritystapahtumissa) toteutetaan nykyään LED- tai purkausheitinkalustolla entisten Par64:n sijaan.*” Näyttämötaiteissa energiatehokkaat valonlähteet häviävät usein valonlaadussa ja värintoistossa hehkulanka- tai halogeenipolttimollisille vastineilleen niin selvästi, ettei niiden käyttö ole järkevää. Tai kuten valosuunnittelija Matti Jyväskylä (TeM) asian ilmaisee: ”*lähtökohtaisesti ajattelen asiaa niin, etteivät energiatalkoot oikein istu esittävien taiteiden valosuunnittelun pariin. Välineen valinta on sisällöllinen valinta. Mikäli teos käsittelee energiakysymyksiä tulee välineen valinta energiataloudellisin perustein keskiöön ja jopa pakolliseksi.*” Itse yhdyin tähän Jyväskylän esittämään mielipiteeseen. Esittävien taiteiden valosuunnittelussa valon laatu on kysymys, johon tulisi vastata täysin sisällöllisistä lähtökohdista. Tiiti Hynninen (Tem) esittää saman mielipiteensä: ”*Suunnittelun lähtökohtana on poikkeuksetta teoksen estetiikan mukaiset valinnat, tosin teknisen toteutuksen ratkaisuja pystyy monesti mukauttamaan*

energiatehokkaasti... ..kokemuksieni mukaan uusi teknologia antaa mahdollisuuksia kasvattaa sisällöllistä runsautta. Mistään oikotiestä onneen ei todellakaan ole vielä kysymys, lähinnä mausteiden määrä on vaan laajentunut. Avara näkökulma teknologiaan antaa valosuunnittelijalle laajemman paletin käsitellä valoilmaisuutta.”

Jos EuP- direktiivin asettamat energiataloudelliset tavoitteet siirtyvät sisällöltään samankaltaisina (mutta kiristetyin vaatimuksin) esittäviä taiteita rajoittaviksi tekijöiksi ja jos suunnittelijaa painostetaan asettumaan tähän karsinaan, ollaan mielestäni hukattu taiteen määrittelystä jotain olennaista. Matti Jyväskylä asettaa saman mielipiteen jo suunnittelijan omia lähtökohtia koskevaksi: ”*mikäli suunnittelija nostaa energiankulutuksen suunnittelutyönsä lähtökohdaksi... ..voi hän karkeasti sanottuna jäädä kotiin. Itse asiassa koko työryhmän kannattaa siirtyä päivänvalossa esitettävän katuteatterin pariin. Se kun kuluttaa vielä vähemmän sähköä kuin mikään valaistu teos.*” Nämä hieman jyrkät sanankäänteet sisältävät ajatusmaailman, jonka mukaan (teatteri)taide pitäisi arvottaa ympäristöystävällisyys- ja energiatehokkuusvaatimuksia korkeammalle ja niistä riippumattomiksi. Taiteen tehtävänähän on kyseenalaistaa ja määrittää todellisuutemme – siis myös yhteiskunnan - rajoja, ja jotta se olisi soveltuva tähän tehtävään, on sen oltava riippumaton ulkoisista tekijöistä, kuten energiatehokkuusvaatimuksista. Tämä arvottamissuhde nostaa varmasti mielipiteitä puolesta ja vastaan.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työni aikaisemmat luvut ovat käsitelleet valonlähteiden kehitystä niin energiatehokkuuden kuin valonlaadunkin suhteen. Tarkastelun alla on ollut myös valonlähteiden energiatehokkuuteen tänä päivänä vaikuttavat säädökset ja direktiivit, sekä niiden vaikutukset esittäviin taiteisiin. Valosuunnittelijoille ja lampun valmistajille lähetetyn kyselyn avaamisen oli tarkoitus valottaa näiden henkilöiden ja instanssien suhtautumista energiatehokkuusvaatimuksiin ja energiatehokkaisiin valonlähteisiin. Tavoitteena on ollut vetää valonlähteiden kehityksen historian läpi nähtäviä linjoja, jotka pystyisi suhteuttamaan nyt läpikäytävään valonlähteiden murrokseen. Mielenkiintoista on ollut myös kuulla valosuunnittelijoiden suhtautumista ja perusteluita energiatehokkuuden huomioimiseen valosuunnittelussa.

Työstäni läpituleva johtopäätös puoltaa energiatehokkuuden ajatusta, mutta ei istuta sitä esittävien taiteiden sisällöllis-esteettisiin ratkaisuihin perustuviin suunnitelmiin. Valosuunnittelua työkseen tekevien ammattilaisten antamista vastauksista näkyy tarve erottaa toisistaan ”sisällöllinen” ja ”valaiseva” valosuunnittelu. ”Sisällöllisellä” valosuunnittelulla tarkoitan tässä juurikin esittävien taiteiden valosuunnittelu, jossa valonlaadulle annetaan huomattava painoarvo. ”Valaisevassa” valosuunnittelussa painoarvon voi nähdä olevan enemmänkin siinä, että kohteet tulevat valaistuksi. Olisi väärin väittää, että ”valaisevalla” valosuunnittelulla ei olisi mitään tekemistä esteettisyyden tai valonlaadullisten ominaisuuksien kanssa, mutta se eroaa silti huomattavasti ”sisällöllisestä” valosuunnittelusta. Esimerkkeinä näistä voidaan pitää vaikka teatterivalosuunnittelua ja messutilaisuuksiin tehtävää valosuunnittelua. Esittävien taiteiden valosuunnittelu voidaan erottaa entertainment-tyylisestä valosuunnittelusta, jossa esteettisyydellä on enemmän painoarvoa kuin edellä kuvaamallani ”sisällöllisellä” valosuunnittelulla. Tiiti Hynninen (TeM) suhteuttaa entertainment – valaisussa nähtävää hanakkuutta uusien laitteiden käyttöönotossa näin: ”Show- valaisussa uudet tekniikat on monipuolisemmin jo nyt hyödynnetty, mutta monesti efektiivisyytensä vuoksi, eikä suinkaan laadullisista syistä.” Esimerkiksi klubeissa käyvät ihmiset ovat jossain määrin tietoisempia siinä ympäristössä käytetystä tekniikasta - niin uudesta kuin vanhasta - ja valosuunnittelijat ja valollisia toteutuksia tekevät ihmiset haluavat tietenkin olla teknisen kehityksen eturintamassa. Joskus uuden tekniikan käyttöönotolle ei ole muuta syytä kuin tämä ”efektiivisyys.”

Lampun valmistajien taholta tulee positiivisia uutisia energiatehokkaampien valonlähteiden kehittämistä, ja tässä kehityksessä parasta on se, että suunnittelijan ei tarvitse tinkiä valon laadullisista ominaisuuksista. Valmistajat näkevät itse energiatehokkaamman valonlähteen tulevaisuuden kirkkaana, ja ovat varma kehityksen jatkumisesta. Jo nyt nähtävä kehitys valonlähteissä antaa huomattavasti positiivisemmän kuvan tulevaisuudesta.

EU:n asettamat direktiivit ovat poistamassa hehkulamput kauppojen hyllyiltä muutaman tulevan vuoden sisään. Lampun valmistajilta tulee kuitenkin sellaisia tutkimustuloksia, jotka osoittavat, että saattaa olla liian aikaista kuopata hehkulamppuvalaisimet liian syväälle. Energiansäästölamppujen antama valo on monen mielestä erittäin epätyytyttävää ja jopa suorastaan ärsyttävää. Kuten Matti Jyväskylä (TeM) asian ilmaisi vastauksessaan: *”energiansäästölamppu on vanha keksintö. Sen tutumpi nimi on loisteputki. Se että loisteputki kiinnitetään E27 kantaan ei muuta sitä tosiasiaa, että se on yhä loisteputki. Sen valo on huonolaatuista, särisevää valoa, joka heikentää aiemmin hehkulamppuja käyttäneiden ihmisten elämän laatua ja jopa laukaisee useille ihmisille migreenin.”* Kuten kappaleessa 4.3 esitettiin, tästä asiasta on tehty tutkimuskin, joka vahvistaa Jyväskylän mielipiteen. Energiansäästölamppun ja hehkulamppun välinen kiista ei ylety näyttämölle asti, sillä teatterissa käytettäviin valonlähteisiin EU:n säätämät EuP- direktiivit eivät vielä ulotu. Mutta nykyisiä suuntauksia myötäillen tulevaisuus saattaa tuoda mukanaan esittävien taiteiden valonlähteisiin vaikuttavia säädöksiä.

7 LOPUKSI

Esittäessäni kysymyksen energiataloudellisesta valosuunnittelusta itselleni, siis ennen kuin olin edes aloittanut varsinaisen työn tekemistä, vastaukseni puolsi energiataloudellisen valosuunnittelun mahdottomuutta. Vastustin sisällöllistä suunnittelua, johon sisällön ulkopuolinen voima pystyisi vaikuttamaan niin voimakkaasti. Mielenpiteeni kiteytti Matti Jykylän kommentti: ”mikäli suunnittelija nostaa energiankulutuksen suunnittelutyönsä lähtökohdaksi... ..voi hän karkeasti sanottuna jäädä kotiin.” Toisaalta syy, miksi alunperin otin energiatehokkuuden opinnäytetyöni keskeiseksi teemaksi, oli juuri valosuunnittelussa käytettävä huomattava määrä hukkaan menevää energiaa.

Tekemäni tutkimuksen (ja työn auki kirjoittamisen) jälkeen en voi sanoa asettuvani varsinaisesti energiatehokkaiden valosuunnitelmien puolelle enkä niitä vastaan. Olen energiatehokkuuden ja kehityksen puolella, mutta taiteille asetettavia vaatimuksia vastaan. Toivottavasti tulevaisuudessa nämä asiat eivät ole toisiansa poissulkevia, vaan valonlähteiden energiatehokkuudellisen ja valonlaadullisen kehityksen mukana ne siirtyvät lähemmäksi toisiaan.

LÄHTEET

I KIRJALLISUUS

Liisa Halonen, Jorma Lehtovaara:

valaistustekniikka; Gummerus 1992 ISBN 952-9756-24-0

Ismo Lindell:

sähkötekniikan historia s.274; Otatieto Oy, 1994 ISBN 951-672-188-5

Deyan Sudjic:

The Lightin Book; Mitchell Beazley International LTD, 1993 ISBN 1-857-32-085-0

Lance Day:

Dictionary of the history of technology; Routledge 1996 ISBN 0-415-06042-7

E.J. Covington:

The Electric Incandescent Lamp, NELA Press, 1998

Max Keller:

Light Fantastic Prestel Verlag 1999 ISBN 3-7913-2162-5

II MUUT LÄHTEET

Philips - perustietoa valaistuksesta (katalogi) 2006

III ELEKTRONISET LÄHTEET

Frank Andrews 2007 (luettu 15.9.2009)

www.debook.com/Bulbs/LB09other.htm luettu

Jim Hutchison 2009 (luettu 12.10.2009)

www.jimonlight.com

Siemens AG (luettu 14.9.2009)

w1.siemens.com

Smithsonian Institute

<http://americanhistory.si.edu/lighting/> (luettu 14.9.2009)

americanhistory.si.edu/lightproject/commercial/com_c.htm (luettu 30.10.2009)

Lamptech (luettu 14.9.2009)

<http://www.lamptech.co.uk/>

Mary Bellis 2009 (luettu 14.10.2009)

inventors.about.com/od/qstartinventions/a/neon.htm

Laurel M. Sheppard 2008 (luettu 19.10.2009)

www.madehow.com/Volume-6/Halogen-Lamp.html

Landscape Communications (luettu 14.9.2009)

<http://www.landscapeonline.com/research/article/6657>

Nikolai Zheludev 2007 (luettu 14.9.2009)

www.nanophotonics.org.uk/niz/publications/zheludev-2007-ltl.pdf

Stephen Matthews 2001 (luettu 14.9.2009)

http://www.laserfocusworld.com/display_article/97989/12/none/none/Feat/New-light-from-old-sources

Marktech 2009 (luettu 1.10.2009)

www.marktechopto.com/Engineering-Services/history-of-leds-and-led-technology.cfm

Aulis Tuominen 2007 (luettu 24.9.2009)

www.led1.fi/led_teknologia.html

Teknologiategollisuus2009 (luettu 1.10.2009)

www.teknologiategollisuus.fi/fi/a/rohs-direktiivi.html

Tukes 2009 (luettu 1.10.2009)

www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/ROHS-direktiivi/

Nevison 2009 (luettu 1.10.2009)

www.electronicweekly.com/blogs/electronics-legislation/2008/01/rohs-progress-in-australia.html

NMO (National Measurement Office) (luettu 1.10.2009)

www.rohs.gov.uk/

Valosto 2009 (luettu 1.10.2009)

www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiategollisuus_V4.pdf

Motiva Oy 2009 (luettu 1.10.2009)

www.lamputieto.fi

Motiva Oy 2009 (luettu 19.10.2009)

www.tem.fi/files/20621/EuP_direktiivin_Energiavaikutukset_loppuraportti_070309.pdf

New York Times 2009 (luettu 1.10.2009)

www.nytimes.com/2009/07/06/business/energy-environment/06bulbs.html?_r=3&partner=rss&emc=rss&pagewanted=all

Deposition Sciences (DSI) 2009 (luettu 1.10.2009)

www.depsci.com/Documents/SubHeading/DSIannouncesEcoWhiteFINAL.pdf

Airam 2009 (luettu 19.10.2009)

www.airam.fi/tuotesivut%20html/lamput/halogenilamput/halogenilamput.html

Työ- ja Elinkeinoministeriö (TEM) 2006 (luettu 19.10.2009)
www.tem.fi/index.phtml?96107_m=92779&s=3407

Lampputieto 2009 (luettu 19.10.2009)
www.lampputieto.fi/faktaa-energiansaastolampuista/

Anette Gydesen ja Dorte Maimann, Technical University of Denmark (2009)
www.iaeel.org/iaeel/Archive/Right_Light_Proceedings/roceedings_Body/BOK1/200/1411.PDF (luettu 19.10.2009)

MediLexicon International Ltd 2009 (luettu 19.10.2009)
www.medicalnewstoday.com/articles/125006.php

Wilard F. Bellman: Lighting the Stage: Art and Practice (luettu 19.10.2009)
www.broadwaypress.com/PDFs/LTSpdfs/LTSchpt06.pdf

GE Electric 2007 – julkaisu hehkulampun uudellaan tulemisesta (luettu 19.10.2009)
www.businesswire.com/news/ge/20070223005120/en

Suomen Rakennuslehti 2009 (luettu 17.10.2009)
www.rakennuslehti.fi/uutiset/kiinteistot/17959.html

Anthony Borges 2009 (luettu 17.10.2009)
hiddigitalballasthidaccendo.blog.ca/2009/10/13/dhid-digital-ballast-powered-hid-vs-led-myths-and-facts-7163630/

Olen Tampereen ammattikorkeakoulussa valoilmaisuuden linjalla opintojani lopetteleva opiskelija ja kirjoitan opinnäytetyötäni aiheesta: "energiatehokkuus esittävien taiteiden valosuunnittelussa" (otsikko vielä hieman työn alla..).

Yhtenä osiona opinnäytetyöni kirjallisessa osassa on tuo edellä mainittu energiataloudellisuus valosuunnittelussa. Tämän osion koostan sekä valosuunnittelijoiden että lampunvalmistajien haastatteluista saamistani vastauksista. Haastatteluissa yritän kartoittaa kuinka suunnittelijoita on koskettanut tämä aikaamme leimaava "energiakriisi", ja kuinka (jos ollenkaan) he pystyvät suunnitelmissaan ottamaan huomioon sähkön kulutukseen liittyviä seikkoja - tai ovat edes suunnanneet ajatuksiaan tähän suuntaan. Opinnäytetyöni aihepiiri pyörii lähinnä tanssi- ja teatterivalon ympyröissä, mutta ajatukset entertainment-sektorilta kuuluvat myös asiaan.

Hieman pohjustusta ajatuskuluistani:

Jotta valosuunnittelija voisi tehdä suunnittelussaan "sähköä säästäviä" valintoja, olisi koko työryhmän oltava tietoisia valintoihin vaikuttavista tekijöistä. Tämä siitä syystä, että suunnittelijan "sähköä säästävät" ratkaisut tarkoittavat usein vähemmän liikettä ja välkettä lavalla (tosin nyt ledejä käyttävien valonlähteiden kehityessä asia ei olekaan niin yksioikoinen) ja tällaiset visuaaliset ratkaisut aiheuttavat luultavasti ihmetystä ohjaaja- / tuottaja-akselilla - etenkin esityksissä, jotka ovat show-painotteisia. Ja yleisökin on tottunut näkemään tietynlaisia visuaalisia ratkaisuja, jotka arvottavat nähtävää esitystä.

Tulevaisuudessa energiataloudelliset kysymykset tulevat olemaan keskeisemmässä asemassa esityksen visuaalisessa suunnittelussa. Tämä myös siitä syystä, että energiätehokkaammat valonlähteet kehittyvät ja saavuttavat esim purkauslamppujen värinvalon ja tehokkuuden eikä siis ole enää niin perusteltua käyttää enemmän sähköä syöviä valonlähteitä (esimerkkinä Variliten VLX pesuri).

Toki useissa teatteritaloissa käytettävän kaluston päivittäminen tällaisiin uusiin ja vähemmän sähköä käyttäviin laitteisiin on erittäin hidasta ja vaatii huomattavia taloudellisia panostuksia. Freelancereina / yrittäjinä toimivien valosuunnittelijoiden olisi toisaalta kannattavampi sijoittaa näihin uudempiin laitteisiin, koska ne ovat monikäyttöisempiä ja pitkällä tähtäimellä myös parempi sijoitus.

Teiltä toivoisin suunnittelijan / toteuttajan asemassa vastaavan seuraavanlaisiin kysymyksiin:

- Ovatko sähkönkulutukselliset seikat vaikuttaneet instrumenttien valintaan jossain projektissa (paitsi että olet joutunut rajoittamaan heitinten käyttöä sähkön riittämättömyyden takia)? Ja jos ovat, olitko tyytyväinen valitsemiesi valonlähteiden toimivuuteen (jos ne olivat korvaamassa jotain ensisijaista valintaa)?

- Kuinka valosuunnittelijan tulisi suhtautua sähkönkulutuksellisiin asioihin suunnitteluissaan?

- Jos olet tehnyt laitteistohankintoja, onko laitteiden käyttämä sähkönmäärä ollut tekijä hankintapäätöstä tehdessä?

- Oletko seurannut nimenomaan energiataloudellisempien valonlähteiden kehittelyä ja markkinoille tuloa? Mielipiteesi kehityksen laatuun ja siihen onko niistä korvaaviksi valonlähteiksi?

- Onko "villitys" energiataloudellisempien valonlähteiden tutkimiseen ja kehittämiseen vaikuttanut omiin suunnitteluihisi/toteutuksiin millään muulla tavalla?

- Henkilökohtainen mielipiteesi tästä "villityksestä" ja sen vaikutuksesta tulevaisuudessa?

Yökerhon sähkönkulutus vanhalla ja uudistetulla tekniikalla

Suunnittelija Valo Virtanen

Nimi	Valaisintyyppi	Teho	Lampputyyppi	Määrä	Käyttö/vuorokausi	Yhteensä	Käyttö/vuosi	Kulutus kWh
JTE 4-lite	Molefay	2800W	Halogeeni	4	1	4	1420	3692
Sylvania	Työmaa tasuri	150W	Halogeeni	12	5	60	21300	3195
Sylvania	Työmaa tasuri	500W	Halogeeni	4	1	4	1420	710
DeSisti	Fresnel	500W	Halogeeni	14	10	140	49700	24850
ETC	PAR	575W	Halogeeni	59	11	649	230395	132477
Martin CX-10	Efektivalo	360W	Purkaus	8	11	88	31240	11246
Robe DJ-Scan	Liikkuva valo	400W	Purkaus	20	12	240	85200	34080
GLP YPOC Spot	Liikkuva valo	500W	Purkaus	8	12	96	34080	17040
GLP YPOC Wash	Liikkuva valo	700W	Purkaus	8	12	96	34080	23856
Botex strobo	Efektivalo	1500W	Purkaus	4	1	4	1420	2130
Botex PAR	Väri vaihtovalaisin	30W	LED	12	10	120	42600	1278

254554

Nimi	Valaisintyyppi	Teho	Lampputyyppi	Määrä	Käyttö/vuorokausi	Yhteensä	Käyttö/vuosi	Kulutus kWh
LDR Rima A-500	Tasotus valo	500W	Halogeeni	14	4	56	19880	9940
DeSisti Magis	Fresnel	500W	Halogeeni	14	4	56	19880	9940
ETC	PAR	575W	Halogeeni	8	1	8	2840	1633
Sistemi Luce BabyMoor	Efektivalo	100W	Halogeeni	12	6	72	25560	2556
Robe DJ-Scan	Liikkuva valo	400W	Purkaus	32	9	288	31240	12496
GLP YPOC Spot	Liikkuva valo	500W	Purkaus	4	2	8	2840	1420
GLP YPOC Wash	Liikkuva valo	700W	Purkaus	3	2	6	2130	1491
A-Com LED Par 64	Pesuheitin	60W	LED	24	5	120	42600	2556
A-Com LED Par 24x1W	Pesuheitin	24W	LED	24	3	72	25560	613
Varytec Colorboard 12	Pesuheitin	12W	LED	10	4	40	14200	170
SGM Palco 5	Pesuheitin	300W	LED	23	5	115	40825	12247
Botex strobo	Efektivalo	1500W	Purkaus	4	1	4	1420	2130

57192

Liite 2. Yökerhon sähkönkulutus.

Vasemmalla kulutus ennen päivitystä, oikealla uudet sähkönkulutus arvot.

Sähkötekninen konsultti: Valo Virtanen (2008)