

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikka

Tutkintotyö

Tuomo Sokero

**VALONLÄHTEET JA VALAISTUKSEN OHJAUS**

Työn valvoja  
Tampere 2007

Yliopettaja, tekn. lis. Pirkko Harsia

## TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Talotekniikka

Sokero, Tuomo

Tutkintotyö

Työn valvoja

Huhtikuu 2007

Hakusanat

Valonlähteet ja valaistuksen ohjaus

74 sivua + 12 liitesivua

Yliopettaja, tekn. lis. Pirkko Harsia

valo, valonlähteet, valaistus, ohjaus

## TIIVISTELMÄ

Nykyajan ihmisille jatkuva valaistus on itsestäänselvyys. Näin ei ole aina ollut. Tässä työssä pyritään selvittämään yleisesti valonlähteiden historiaa ja nykypäivää, sekä kertomaan erilaisista valaistuksenohjausmenetelmistä, joita nykymaailmassa on. Työssä tutustutaan myös näkökykyyn, sillä valosta puhuminen on turhaa, ellei sitä näe.

Ensiksi kerrotaan ihmisen näkökyvystä, sen merkityksestä ja toiminnasta. Tämän jälkeen tutustutaan ensimmäisiin valonlähteisiin, joita ihmiset ovat käyttäneet yrittäessään hahmottaa maailmaansa paremmin. Sähkövalon historiaa käsitellään erikseen, sen valtavan merkityksen vuoksi, jonka se maailmalle toi. Työssä tutustutaan ensimmäisiin sähkövalolähteisiin, joista osa on vielä nykyäänkin parannettuna käytössä. Sen jälkeen esitellään yleisimmät lampputyypit, joita nykyaikana käytetään.

Sen jälkeen kerrotaan valaistuksesta ja sen käytöstä nyky-yhteiskunnassa. On olemassa määräyksiä tarvittavan valon määrästä ja laadusta työtehtävissä, joihin tutustutaan yleisesti. Viimeisenä perehdytään valaistuksen ohjaukseen himmentimien ja valaistuksenohjausjärjestelmien muodossa.

**TAMPERE POLYTECHNIC**

Electrical Engineering

Building Services Engineering

Sokero, Tuomo

Light sources and Lighting control

Engineering Thesis

74 pages + 12 appendices

Thesis supervisor

Principal lecturer, Pirkko Harsia

April 2007

Keywords

light, light sources, lighting, lighting control

**ABSTRACT**

Lighting is a trivial thing for the people nowadays. It wasn't always like that. The meaning of this thesis is to give a general idea about history of lighting, lighting and lighting control. It also tells something about our ability to see, vision.

At first it explains basics about human vision, and its meaning for humans. After that chapter it introduces the first light sources human have used. Next subject is about first electrical light sources.

Then it explains generally about our modern light sources and physics behind the light and light sources. Last chapters are dedicated to lighting control. At first it explains the general idea about dimmers and after that the more complex lighting control systems are introduced.

## LYHENTEET JA YKSIKÖT

AMX	Analog MultipleXer, analoginen valaistuksenohjausjärjestelmä
CAN	Control Area Network, alun perin autoteollisuutta varten kehitetty tiedonsiirto-protokolla
DALI	Digital Adressable Light Interface, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä
DMX	Digital MultipleXer, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä
DSI	Digital Signal Interface, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä
EIB	European Installation Bus, Siemensin kehittämä väyläjärjestelmä
LON	Local Operating Network, Echelonin kehittämä väyläjärjestelmä
LUMINANSSI	Tunnus L, kuvaa pinnalta lähtevää valon voimakkuutta – ”pinnan kirkkautta”. Yksikkö [cd/m <sup>2</sup> ]
PWM	Pulse Width Modulation, pulssinleveyden modulointi, LEDeille hyvin sopiva valaistuksensäättömuoto
VALOVOIMA	Tunnus I, kuvaa valonlähteen intensiteettiä eli voimakkuutta. Yksikkö kandela [cd]
VALOTEHOKKUUS	Kuvaa käytetyn energian suhdetta verrattuna valovirran määrään. Yksikkö [lm/W]
VALOVIRTA	Tunnus $\Phi$ , kuvaa kuinka paljon valonlähde säteilee tiettyyn avaruuskulmaan. Yksikkö lumen, [lm]
VALAISTUSVOIMAKKUUS	Tunnus E, kuvaa tietylle pinta-alalle lankeavaa valovirran määrää. Yksikkö [lx]
VÄRILÄMPÖTILA	On valkoiseksi käsitetyn valon mitattava ominaisuus. Yksikkö [K]
VÄRINTOISTOINDEKSI	CRI (color rendering index); suure, jolla mitataan valonlähteen kykyä toistaa värejä verrattuna mustaan kappaleeseen.

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
LYHENTEET JA YKSIKÖT	
SISÄLLYSLUETTELO.....	5
1 JOHDANTO .....	7
2 NÄKEMINEN .....	8
2.1 SILMÄ .....	9
2.2 SILMÄN TOIMINTA.....	11
3 VALONTUOTON HISTORIAA.....	14
3.1 PALAVA PUU .....	14
3.2 ÖLJYLAMPPU.....	14
3.3 KYNTTILÄ .....	15
3.4 KAASUVALO.....	15
4 SÄHKÖVALON HISTORIAA .....	16
4.1 ENSIMMÄISET SÄHKÖVALOT .....	16
4.2 HEHKULAMPUN KEHITYS.....	17
4.3 KAARIPURKAUSLAMPUN KEHITYS .....	19
4.4 HOHTOPURKAUSLAMPUN KEHITYS .....	20
5 ERILAISET VALONLÄHTEET .....	22
5.1 VALONTUOTTO.....	22
5.1.1 TERMINEN SÄTEILY .....	23
5.1.2 LUMINESENSSISÄTEILY .....	24
5.2 HEHKULAMPPU .....	25
5.3 HALOGEENILAMPUT .....	27
5.4 LOISTELAMPUT .....	28
5.5 MUUT LAMPUT .....	31
5.5.1 ELOHOPEALAMPUT .....	31
5.5.2 SUURPAINENNATRIUMLAMPUT .....	32
5.5.3 MONIMETALLILAMPUT .....	33
5.5.4 PIENPAINENNATRIUMLAMPUT .....	34
5.5.5 SEKAVALOLAMPUT.....	35
5.5.6 INDUKTIOLAMPUT.....	37
5.5.7 LED.....	37
5.5.8 KSENONLAMPUT .....	38
5.5.9 HOHTOLAMPUT .....	39
5.6 YHTEENVETO LAMPUISTA .....	40
5.7 LIITÄNTÄLAITTEET .....	43
5.7.1 TAVANOMAISET LIITÄNTÄLAITTEET .....	44
5.7.2 ELEKTRONISET LIITÄNTÄLAITTEET.....	45
6 VALAISTUS JA SEN OHJAUS .....	46
6.1 VALAISTUKSEN TARKOITUS.....	46
6.2 SFS EN 12464-1 ” Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus” .....	47
6.2.1 VALAISTUKSEN VAATIMUKSET .....	47

6.2.2	TURVALLISUUS .....	47
6.2.3	HÄIKÄISY JA LUMINANSSITASAISUUS .....	48
6.2.4	POIKKEAMISMAHDOLLISUUDET .....	49
6.3	VALAISTUKSEN OHJAUS .....	50
6.3.1	PÄIVÄNVALON HYÖDYNTÄMINEN .....	50
6.3.2	LÄSNÄOLOTUNNISTIMEN KÄYTTÖ .....	51
6.3.3	AJASTIMEN KÄYTTÖ .....	52
6.3.4	YKSILÖLLINEN OHJAUS .....	52
7	HIMMENTIMET .....	53
7.1	HIMMENTIMISTÄ .....	53
7.2	EI-ELEKTRONISET HIMMENTIMET .....	54
7.2.1	MEKAANISET SULKIJAT .....	54
7.2.2	RESISTANSSIHIMMENTIMET .....	55
7.2.3	INDUKTIIVISET HIMMENTIMET .....	56
7.3	TYRISTORI- JA TRIACHIMMENTIMET .....	58
7.4	TRANSISTORIHIMMENTIMET .....	59
8	VALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄT .....	61
8.1	VALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMISTÄ .....	61
8.2	ANALOGISET OHJAUSJÄRJESTELMÄT .....	62
8.2.1	0-10 V .....	62
8.2.2	1-10 V .....	63
8.2.3	AMX .....	63
8.2.4	PWM .....	64
8.3	DIGITAALISET OHJAUSJÄRJESTELMÄT .....	64
8.3.1	KÄYTETTÄVÄT SIGNAALIT .....	64
8.3.2	DMX .....	65
8.3.3	DSI .....	67
8.3.4	DALI .....	67
8.4	MUUT JÄRJESTELMÄT .....	69
8.4.1	LON .....	69
8.4.2	CAN .....	70
8.4.3	MUUT PROTOKOLLAT .....	70
9	YHTEENVETO .....	71
	LÄHDELUETTELO .....	72
	LIITTEET	

1-2	Otteita standardista SFS EN 12464-1
3	Glamoxin 1 -10 V – ohjausjärjestelmän tuoteluettelo
4-6	Glamoxin DSI – ohjausjärjestelmän tuoteluettelo
7	Glamoxin SwitchDIM – ohjausjärjestelmän tuoteluettelo
8-12	Glamoxin DALI – ohjausjärjestelmän tuoteluettelo

# 1 JOHDANTO

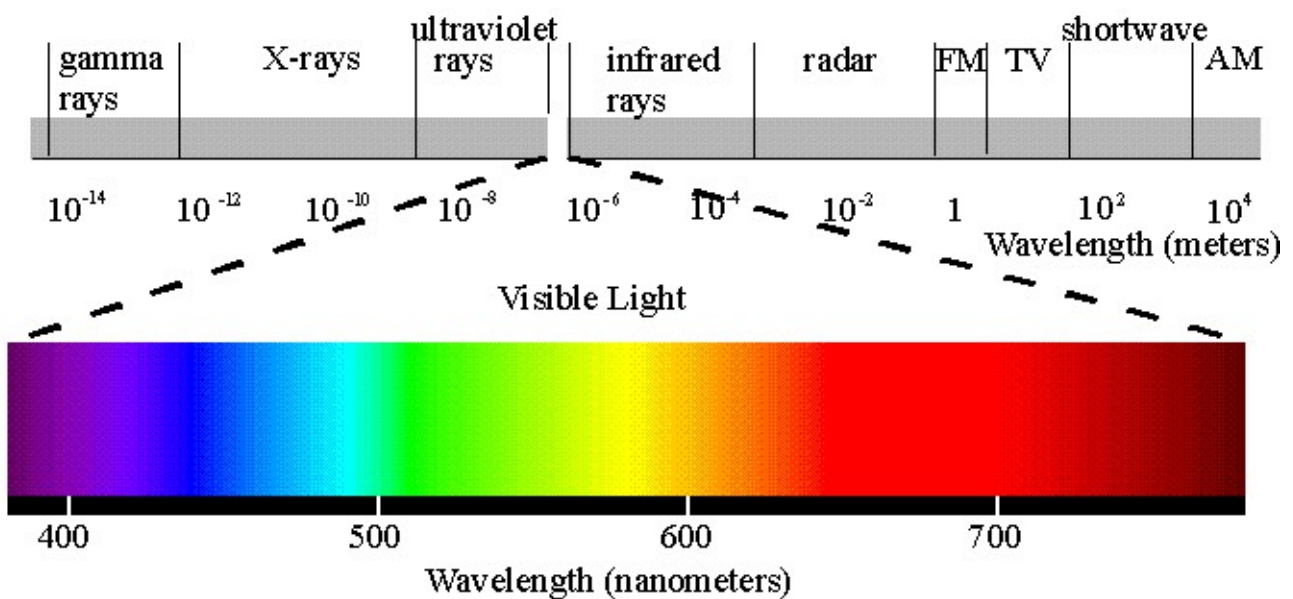
Tutkintotyön aihe syntyi tarpeesta saada lisää tietoa valaistuksesta, valonlähteistä ja niihin liittyvistä eri järjestelmistä. Tämän tutkintotyön tarkoituksena on pyrkiä antamaan yleisluontoinen kuva erilaisten valonlähteiden ja valaistuksenohjausjärjestelmien historiasta ja kehittymisestä. Työssä myös tutustutaan silmän toimintaan, sillä ilman näköä ei voida havaita valoa.

Valonlähteet ja valaistuksenohjausjärjestelmät kehittyvät jatkuvasti eteenpäin. Uudentyyppisiä valonlähteitä, jotka ovat energiatehokkaampia ja pitkäikäisempiä kehitetään tälläkin hetkellä. Myös järjestelmät valaistuksenohjaukseen ovat ottaneet aimo harppauksen alkuaikojen päälle-pois-tekniikasta. Työ on tarkoitettu oppimateriaalin tueksi valaistustekniikassa ja sitä voi myös käyttää hyvin tiivistettynä hakuteoksena aiheesta.

## 2 NÄKEMINEN

Näkö on ihmisen aisteista tärkein. Noin 70 - 80 % kaikesta informaatiosta, mitä koemme ympäristöstämme aistien avulla, saadaan näkemisen avulla. /2, s.85/

Ihmissilmä pystyy havaitsemaan sähkömagneettisen säteilyn, jonka aallonpituus on välillä 400 - 700 nm, tätä aluetta kutsutaan näkyvän valon alueeksi (kuva 2.1). Näkeminen ei ole mahdollista ilman valoa. Näkeminen on valon heijastumisen aistimista ympäröivästä maailmasta. Näkökentässä olevasta kohteesta tulevat valonsäteet taittuvat silmän optisten osien kautta silmän takaosassa sijaitsevalle verkkokalvolle. /2, s.85/



Kuva 2.1 Näkyvän valon spektrin osuus kaikesta säteilystä /p/

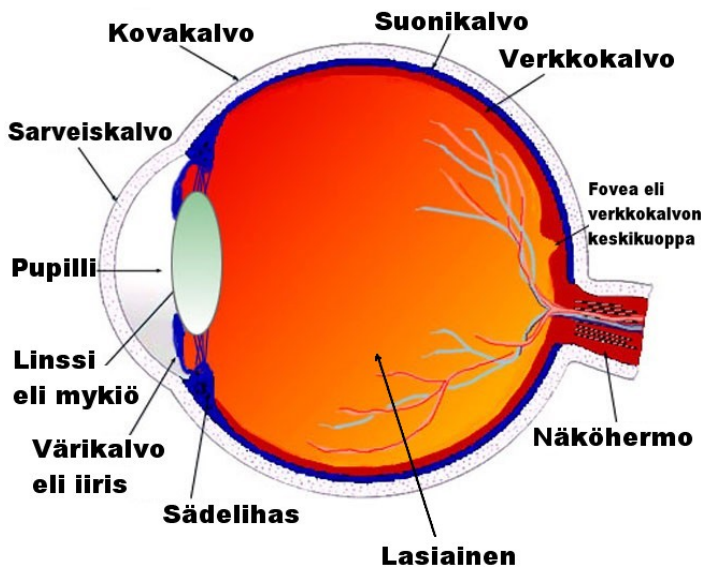
Ihmisen näköelin koostuu silmästä, näköhermosta ja tietyistä osista aivoja. Valo- ja värierot muuttuvat verkkokalvolla hermoimpulsseiksi, jotka siirtyvät sieltä näköhermoa pitkin aivoihin. Aivojen näkökeskus käsittelee saadun informaation ja muodostaa näköaistimuksen. Ihmisen ikääntyessä valontarve kasvaa, näköelinten heikkenemisen vuoksi. Tutkittaessa on todettu, että iän lisääntyessä 20:sta ikävuodesta 60:een on valon määrä ainakin kymmenkertaistettava, jotta näkökyky esimerkiksi luettaessa olisi yhtä hyvä. / 1, s.85; 4, s.22/

Koska näkeminen on ihmiselle niin tärkeä aisti, on myös tärkeää, että valaistuksen suunnitteluun kiinnitetään huomiota ihmisen ympäristössä. Ihminen kokee olonsa turvallisemmaksi ympäristössä, jossa hänen tärkein aistinsa toimii hyvin. Huono valaistus aiheuttaa levottomuutta ja vaikeuttaa toimintojen suorittamista.



## 2.1 SILMÄ

Silmä on elin, joka sijaitsee luisen silmäkuopan etuosassa ja sitä ympäröi rasva, joka pitää sen paikallaan kuopassa. Rakenteeltaan silmä on kuin ohutseinäinen pallo, jonka etuosa on täynnä kirkasta vesimäistä nestettä ja takaosa, jonka täyttää lasiainen, on täynnä hyytelömäistä lasiaisnestettä. Kuvassa 2.2 on esitettyä silmän rakenne. /1,c/



Kuva 2.2 Silmän rakenne /b/

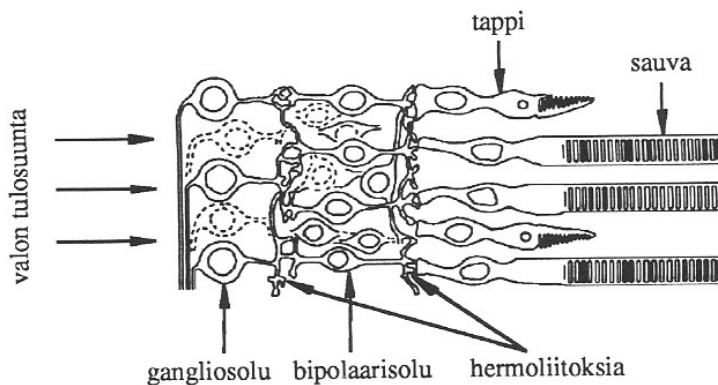
Silmän ulointa kerrosta sanotaan **kovakalvoksi**. Se on nimensä mukaisesti kova ja sitkeä kalvo. Sen väri on valkoinen muualta paitsi etuosastaan, jossa se muuttuu läpinäkyväksi. Tästä osasta käytetään nimeä **sarveiskalvo** ja sen päätehtävä on päästää valonsäteet läpi ja taittaa niitä. Kovakalvo ja sarveiskalvo ovat sidekudosta ja ne muodostavat suojaavan kerroksen silmän sisäosille. Sidekalvo on ohut läpinäkyvä limakalvo, joka alkaa silmäluomen reunasta ja ulottuu silmän pohjukkaan saakka. Se jatkuu silmämunan päälle sarveiskalvon reunaan saakka. /1,c/

Silmän etuosassa on **värikalvo eli iiris**. Sen tehtävänä on säädellä silmään tulevan valon määrää. Kun valoa on paljon tarjolla, iiris pienentää silmän mustuaisaukkoa eli **pupillia** ja kun valoa on vähän, se laajentaa sitä. Iiriksen avulla silmä mukautuu erilaisiin valaistusolosuhteisiin. /1,c/

Silmän **linssi**, eli **mykiö** on heti iiriksen takana. Mykiö on kiinnittyneenä päistään kannatinsäikeillä sädelihasten alueelle. Mykiö on täysin läpinäkyvä verisuoneton elin, joka on etu- ja takapinnaltaan kupera. Kuperuus on suurempi mykiön takapinnalla. Mykiön tehtävä on taittaa silmään tulevat valonsäteet ja siten säätää silmän taittovoima sellaiseksi, että kuva on mahdollisimman terävänä verkkokalvolla. Taittovoiman säätely tapahtuu sädelihasten säädellä linssin paksuutta. Kauas katsottaessa lihakset kiristyvät ja linssin taittovoima on pienimmillään. Lähelle katsottaessa lihakset löystyvät ja mykiö on paksumpana. Mykiö kasvaa koko ihmisen eliniän ajan ja siinä muodostuu koko ajan uusia säikeitä mykiömassaan. Vanhat säikeet työntyvät koko ajan tiiviimmin mykiön keskikohtaa päin ja mykiö menettää kimmoisuuttaan. Se heikentää mykiön mukautumiskykyä ja näin ollen myös näöntarkkuutta. /1,c/

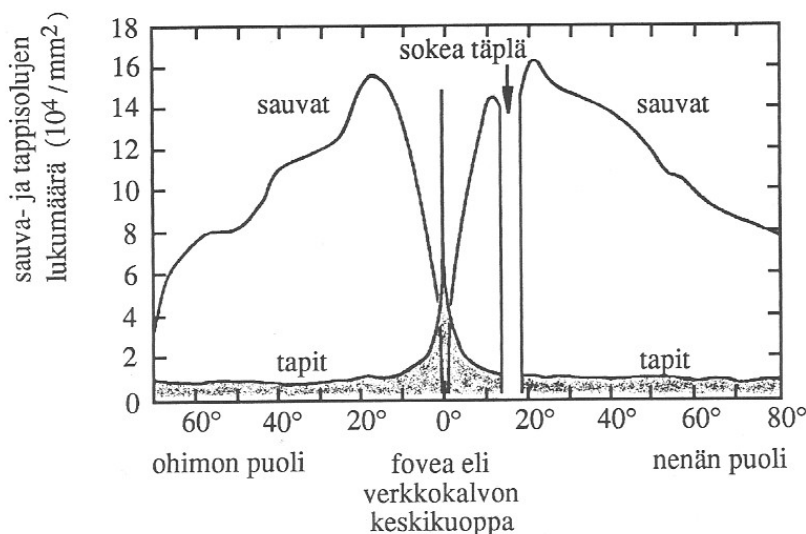
**Lasiainen** on silmän takaosan lähes kokonaan täyttävä hyytelömäinen läpinäkyvä massa. Se on kiinni hennoilla kiinnikkeillä värikalvon takana verkkokalvon äärireunassa ja näköhermon reunoissa. Se toimii täytemassana silmälle. /1,c/

**Verkkokalvo** on silmän seinämän sisin kerros lasiaisen ja suonikalvon välissä. Verkkokalvo vastaanottaa valo- ja värierot ja muuttaa ne hermoärsykeiksi, jotka kulkevat sieltä näköhermon kautta aivoihin. Valo kulkee verkkokalvon solukerroksen läpi **tappi-** ja **sauvasoluihin**, jotka muodostavat näkemiseen tarvittavat sähköiset ärsykkeet. Kuvassa 2.3 näkyy verkkokalvon solujen rakenne.



Kuva 2.3 Verkkokalvon solurakenne /2, s.88/

Sauva- ja tappisolut sisältävät valoa absorboivaa näköpigmenttiä. Molemmissa soluissa näköpigmentti on rakenteeltaan erilaista. Sauvasolut toimivat hämärässä ja valoisassa. Sitä kutsutaan skotooppiseksi näöksi. Tappisolut taas toimivat vain valoisassa ja sitä kutsutaan fotooppiseksi näöksi. Valoa aistivia soluja verkkokalvolla on yhteensä noin 130 miljoonaa, joista noin 7 miljoonaa on tappisoluja ja loput sauvasoluja. Verkkokalvon herkintä kohtaa kutsutaan **keltatäpläksi** ja sen halkaisija on yhdestä kolmeen millimetriä. Keltatäplän keskellä on silmän tarkan näön keskus eli **fovea**. Foveassa on melkein pelkästään tappisoluja. Näköhermon tulokohdassa on alue, jossa ei ole lainkaan sauva- tai tappisoluja. Tätä kohtaa kutsutaan **sokeaksi pisteeksi**. Kuvassa 2.4 on esitetty silmän näkösolujen jakautuminen verkkokalvolla. /1,c/



Kuva 2.4 Solujen jakautuminen silmässä /2, s.89/

## 2.2 SILMÄN TOIMINTA

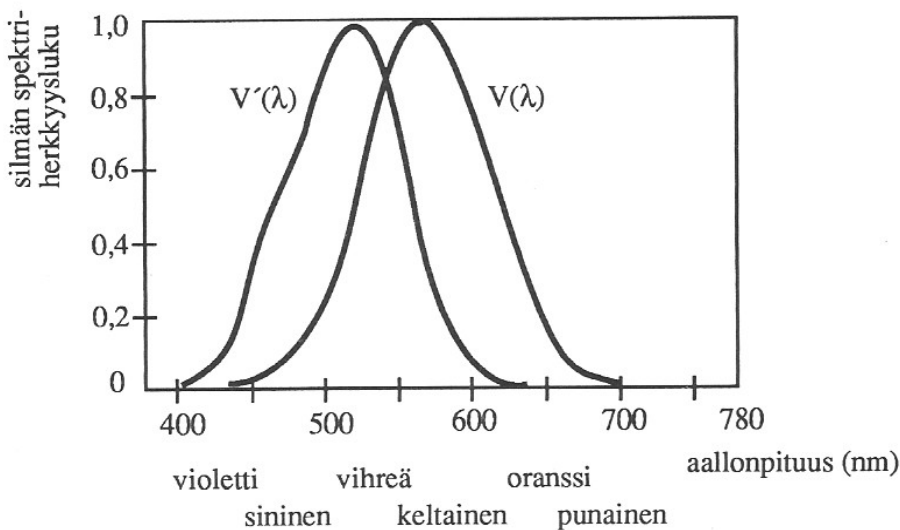
Näkeminen on monimutkainen prosessi, jossa on paljon eri osatekijöitä. Keskeisimpiä osatekijöitä näkemisessä ovat:

- keskeinen näöntarkkuus
- näkökenttä
- värinäkö
- kontrastiherkkyys ja kontrastinäkö
- sopeutuminen eli adaptoituminen
- mukautuminen eli akkomodoituminen
- yhteisnäkö ja syvyysnäkö
- silmien liikkeet ja johtava silmä

**Keskeinen näöntarkkuus** on silmän kykyä erottaa lähellä toisiaan olevia yksityiskohtia erillisinä. Näöntarkkuutta mitataan erilaisilla näkötauluilla, joissa on erilaisia merkkejä. Kaukonäkö testataan yleensä 5 metrin etäisyydeltä ja lähinäkö 40 cm etäisyydeltä. Näöntarkkuus on suurimmillaan foveassa eli tarkan näön pisteessä. Näön tarkkuuteen vaikuttaa myös ympäristön luminanssitaso, luminanssin jakautuminen näkökentässä ja valon väri. /2, s.92/

**Näkökenttä** on alue, joka ihmiselle näkyy silmien kautta. Näön tarkkuus vaihtelee eri kohdissa näkökenttää. Näkökentän äärialue toimii lähinnä liikkeiden havainnointiin ja keskialue on tarkan näön alue. Tarkka näkeminen ei ole mahdollista hämärässä, sillä tarkan näön alueella ei ole lainkaan hämärässä aistivia sauvasoluja. /2, s.95/

On arvioitu, että ihminen pystyy erottamaan noin 160 erilaista väriä erillään, mutta vierekkäin aseteltuna värejä on mahdollista erottaa n. 10-12 miljoonaa. **Värinäöstä** huolehtii verkkokalvon tappisolut, jotka jakaantuvat sini-, viher-, ja punaherkkiin soluihin absorbtioherkkyiden mukaan. Absorbtiohuiput ovat punaherkillä soluilla 577 nm viherherkillä 540 nm ja siniherkillä 447 nm. Solut aiheuttavat ärsykkeen sen mukaan minkä aallonpituista säteilyä silmään tulee. Voimakkaassa valossa näkeminen tapahtuu lähes kokonaan tappisolulla. Silmä on herkimmillään tappinäkemisessä 555 nm alueella. Herkkyys pienenee sekä punaiseen, että siniseen päin mennessä. Heikossa valossa silmän herkkyysmaksimi siirtyy sinistä kohden ja on suurimmillaan 507 nm kohdalla. Valaistuksen heiketessä värinäkökin heikkenee. Puhtaan sauvanäön alueella ei synny lainkaan väriaistimuksia. Myös näkökentän reuna-alueilla ei ole lainkaan värinäköä. Kuvasta 2.5 selviää silmän spektriherkkyys eri valaistuksissa. /2, s.96; 6, s.508/



Kuva 2.5 Silmän spektriherkkyys /2, s.97/

Näkeminen on luminanssi- ja kontrastierojen havaitsemista. Tärkein kohteiden näkyvyyttä säätelevä tekijä on niiden luminanssikontrasti, jonka määritelmä on:

$$\text{kontrasti} = \frac{\text{taustan luminanssi} - \text{kohteen luminanssi}}{\text{taustan luminanssi}}$$

Silmän **kontrastiherkkyydellä** tarkoitetaan pienimmän havaittavissa olevan kontrastin käänteisarvoa. Silmä ei pysty hyvin arvioimaan absoluuttista luminanssia, mutta luminanssierot se havaitsee helposti. Kontrastiherkkyys heikkenee näkökentän rajoilla. Määriteltäessä kontrastiherkkyyttä tutkitaan, kuinka suuri vaaleiden ja tummien pintojen luminanssiero tarvitaan, jotta pinnat voidaan vielä tulkita erillisiksi. Kontrastiherkkyytteen vaikuttavat kohteen koko, valaistustasot, varjonmuodostus ja värit. /2, s.97/

Silmä kykenee hyvin sopeutumaan erilaisiin valaistusolosuhteisiin, tätä kutsutaan **adaptaatioksi**. Ihmissilmä voittaa havainnointilaitteena monet tekniset laitteet, sillä näköaistimukseen riittää yksi ainoa sauvasoluun osunut fotoni ja silti vielä biljoona kertaa suurempikin määrä voidaan havaita valona. Kirkkaasta valosta hämärään siirtyessä ei aluksi näe mitään, mutta se paranee pian.

**Hämäräadaptaation** eli hämärään sopeutumisen vaikutuksesta näkö kuitenkin paranee nopeasti. Nopeinta se on 10 ensimmäisen minuutin aikana ja täydellinen adaptaatio tapahtuu noin 30 minuutissa. Hämärään mennessä pupilli laajenee päästäten enemmän valoa sisään ja samalla verkkokalvo muodostaa näköpigmentejä lisää. Tappien väriaine muuttuu täydellisesti jo 5 – 10 minuutissa. Sen lisäksi neuroniyhteydet järjestyvät uudelleen siten, että silmä kerää impulssit suuremmasta sauvajoukosta parantaen valoherkkyyttä, mutta heikentäen erottelukykä.

**Valoadaptaatio** tapahtuu huomattavasti nopeammin, jo muutamassa kymmenessä sekunnissa ihminen näkee lähes täydellisesti tultuaan pimeästä valoisaan. Pupillit supistuvat nopeasti estäen liian valon pääsyn silmään ja verkkokalvolle pääsevä valo hajottaa ylimääräiset näköpigmentit nopeasti, joka aiheuttaa ärsytystä ja häikäisyä silmässä. /6, s.505/

Silmä mukautuu eli **akkomodoituu** eri katseluetäisyyksille muuttamalla linssin taittovoimaa. Valo taittuu silmässä pääosin sarveiskalvon etupinnalla ja mykiössä. Silmän optinen taittovoima ilmoitetaan dioptrioina, joka määritellään linssin polttovälin käänteisarvona:

$$D = \frac{1}{f}, \text{ jossa}$$

D = taittovoimakkuus ja  
f = linssin polttoväli

Sarveiskalvon taittovoima on noin 40 dioptriaa (43 d) ja mykiö noin 18 d. Sarveiskalvon arvo on vakio, mutta mykiö pystyy muuttamaan taittovoimaa kimmoisuutensa ansiosta. Sädelihaksilla supistetaan ja palautetaan mykiön muotoa. Nuori henkilö pystyy muuttamaan taittovoimaa ehkä noin 14 d:n verran. Ikä vaikuttaa tähän ratkaisevasti, sillä ikääntyneiden ihmisten mykiö ei ole samalla tavalla kimmoisa. /6, s.500/

**Yhteisnäkö l. kolmiulotteinen näkö** eli **syvyysnäkö** perustuu suurelta osin siihen, että aivot analysoivat oikean ja vasemman silmän näkökentät ja vertaavat eroja niissä. Näin on mahdollista arvioida etäisyyksiä ja etäisyyseroja. Myös yhdellä silmällä on mahdollista arvioida etäisyyksiä, mutta se ei toimi yhtä helposti. Yhteisnäkö parantaa hieman näöntarkkuutta./6, s.513; 2, s.104/

Näkeminen on muutakin kuin sitä, että valo vaikuttaa verkkokalvoon. Katsellessaan ihminen etsii aktiivisesti tietoa ympäristöstä. Tämän merkinä hänen silmät liikkuvat vilkkaasti. Näkemiseen siis liittyvät olennaisesti **silmien liikkeet**. Kun ihminen katsoo jotain, hänen silmiensä optiset akselit kohdistuvat eli fiksoituvat tähän pisteeseen. Pistettä kutsutaan kohdistuspisteeksi eli fiksaatiopisteeksi. Tästä muodostuu kuva molemmissa silmissä juuri tarkan näön pisteessä eli foveassa. Silmien lihakset ottavat liikkueessaan huomioon myös pään liikkeet. Toinen tärkeä tyyppi silmien liikkeessä on ns. **sakkadiliikkeet**. Ne ovat nopeita silmän liikkeitä, joilla kohdistetaan fovea näkökentän eri kohteisiin. Se on ainoa mahdollinen liiketyppi silmille, kun kohde tai pää ei liiku. Sakkadihyppyjen aikana ihminen ei näe yhtään mitään. /6, s.510/

**Johtava silmä** toimii samalla tavalla, kuin oikea- tai vasenkätisyys, toinen silmä on toista voimakkaampi kohdistettaessa katsetta. Johtava silmä käyttää suuremman kapasiteetin aivoista kuin toinen. /2, s.105/

### 3 VALONTUOTON HISTORIAA

Koska näköaisti on ihmisen tärkein aisti, on ihminen aikojen alusta saakka pyrkinyt luomaan omia valonlähteitä saadakseen olosuhteet, joissa toimia optimaalisesti.

#### 3.1 PALAVA PUU

Tulen keksiminen on ollut todennäköisimmin ensimmäinen keinovalo, jonka ihminen on itselleen hankkinut. Ihminen on saanut tulesta lämpöä, valoa ja turvaa. Palavilla kepeillä on voitu viedä tuli ja valo sinne missä sitä muuten ei ole saatavilla. Vasta paljon myöhemmin, keskiajalla, kun rautaa opittiin työstämään, kyettiin tekemään valaisimia, joissa tulta pystyi helposti siirtämään ja ripustamaan. Ne olivat yksinkertaisia rautaisia patoja, joissa oli palavia puita.

Palava soihtu on ollut ihmisen ensimmäinen kannettava valaisin. Amerikan intiaanit käyttivät puunoksia soihtuina, siirtomaiden asukkaat kuivasivat olkia ja kastoivat ne ihraan tai rasvaan, ja polttivat niitä.

Palava puu ei kuitenkaan ole riittänyt ihmisen valontarpeelle, joten ihmiset ovat kehittäneet muita perusvalonlähteitä. Historiassa tunnetaan neljä muuta perusvalonlähdettä. Aikajärjestyksessä ne ovat öljylamppu, kynttilä, kaasuväli ja sähkövalo. /2, s.15/



Kuva 3.1 Palava soihtu /i/

#### 3.2 ÖLJYLAMPPU

Öljylamppu on jo vanha keksintö, öljysäiliöllä varustettu lamppu kehitettiin jo noin 3000 vuotta sitten. Tämän jälkeen rakenne ja polttoaineet ovat kehittyneet öljylampun käytössä. Aluksi polttonesteinä käytettiin oliivi- tai pähkinäöljyä Kreikan ja Rooman alueilla, Norjan rantaseuduilla valaanrasvaa, Intian alueella eläinten rasvaa ja muinaisessa Persiassa raaka-öljyä, jota tihkui maasta. /5, s.266; d; k/

Öljylampun viimeisenä suurena kehitysaskeleena pidetään kapteeni Draken 1858 keksimää kerosiinia, valopetrolia. Sen avulla öljylampuista tuli huomattavasti turvallisempia käyttää, antoivat enemmän valoa ja olivat vielä halvempiäkin, kuin aikaisemmat lamput. /2, s.15/



Kuva 3.2 Bysanttilaismallinen öljylamppu /j/

### 3.3 KYNTTILÄ

Kynttilän kehitys liittyy voimakkaasti kirkkojen ja kristinuskon kehitykseen noin 400 jKr. Kynttilöitä olikin käytössä pääasiassa vain kirkkoissa aina 1300-luvulle saakka. Kynttilät valmistettiin mehiläisvahasta, koska mehiläistä pidettiin puhtauden symbolina. Tavallisille ihmisille oli käytössä talikynttilöitä, jotka haisivat pahalle ja savuttivat, mutta olivat huomattavasti halvempia. Teollinen kehitys paransi myös kynttilöiden laatua. Valaanpäärasva, joka on läpikuultavaa, osittain kiteistä ja helposti höyrystyvää, osoittautui ylivoimaiseksi muihin materiaaleihin verrattuna. Myöhemmin 1850-luvulla huomattiin, että kynttilöistä saa savuttomia ja hajuttomia poistamalla eläinrasvasta glyseriini. Tuloksena oli steariinikynttilä. Samaan aikaan keksittiin myös parafiini, josta parhaimmat ja kalleimmat kynttilät nykyään tehdään. /2, s.15/



Kuva 3.3 Nykyaikainen koristekynttilä

### 3.4 KAASUVALO

Uskotaan, että kiinalaiset ovat ensimmäisiä kaasuvalon käyttäjiä. Kaasu johdettiin suoraan suolakaivoksista bambuputkia pitkin sinne, missä valoa tarvittiin. 1800-luvun alussa opittiin hiilestä tislamaan maakaasua ja se lisäsi kaasuvalon käyttöä valtavasti. Kaasunjakelun myötä kaasun käyttö lämmityksessä ja valaistuksessa laajeni sekä teollisuudessa, että kotitalouksissa. Aluksi kaasuvalo oli vain palavan kaasun palamisliekin valo. Valotehon parantamiseksi pyrittiin kehittämään materiaaleja, joita hehkuttamalla saisi suuremman valontuoton. Vuonna 1886 C. A. von Welsbach kehitti hehkuvaipalla varustetun kaasulampun. Hehkuvaippa oli valmistettu kudotusta puuvillakankaasta. Kuumennettaessa hehkuvaippaa ensimmäisen kerran, se paloi ja muodosti ohuen tuhkaverkon. Palavalla kaasulla hehkuverkkoa kuumennettaessa, se tuotti hehkusäteilyä. Tämä antoi noin kolme kertaa voimakkaamman valovirran aikaisempiin kaasuvaihtoihin verrattuna. Vielä nykyäänkin tällä periaatteella toimivia kannettavia lyhtyjä on käytössä./2, s.16/

## 4 SÄHKÖVALON HISTORIAA

Sähkövalon tultua tarpeeksi käyttökelpoiseksi, kaikki muut valonlähteenä käytetyt välineet jäivät lähinnä erikoiskäyttöön tai tunnelman luontiin, sillä sähkövalo oli riittävän voimakasta ja halpaa.

### 4.1 ENSIMMÄISET SÄHKÖVALOT

Ensimmäisenä sähkövalon kehittäjänä pidetään saksalaista tiedemiestä nimeltä Otto von Guericke. Hän kehitti vuonna 1650 laitteen, joka koostui pyörivästä rikki-pallosta, johon oli kiinnitetty ketju. Kun palloa kosketettiin kädellä, ketjusta hyppäsi kipinöitä.

Englantilainen Sir Francis Hauksbee tuotti vuonna 1710 purkaussäteilyä lasipallossa, josta oli pumpattu ilma pois ja johon oli lisätty elohopeaa. Hän kutsui tätä säteilyä nimellä sähkövalo. Hän myös väitti kokeensa todistavan, että sähköä avulla oli mahdollista tuottaa valoa.

Benjamin Franklin antoi sähkövalosta lisätodisteita vuonna 1752, kun hän kokeessaan keräsi ukonilmalla pilvistä sähköä Leydenin pulloon ja tuotti sillä kipinöitä. Leydenin pullon rakenne on kuvassa 4.1. Se on eräänlainen kondensaattori, johon voi varata sähköä. /2, s.16/



Kuva 4.1 Leydenin pullo /e/

Sähkövalon kehitys jakautui 1800-luvun alussa kolmeen eri suuntaan: hehku-, kaaripurkaus- ja purkauslamppuun. Englantilainen tiedemies Sir Humphrey Davy osoitti vuonna 1802, että jos ohutta metallilankaa kuumentaa tarpeeksi, se alkaa säteillä valoa. Myöhemmin tämä havainto johti hehkulampun keksimiseen ja kehitykseen.

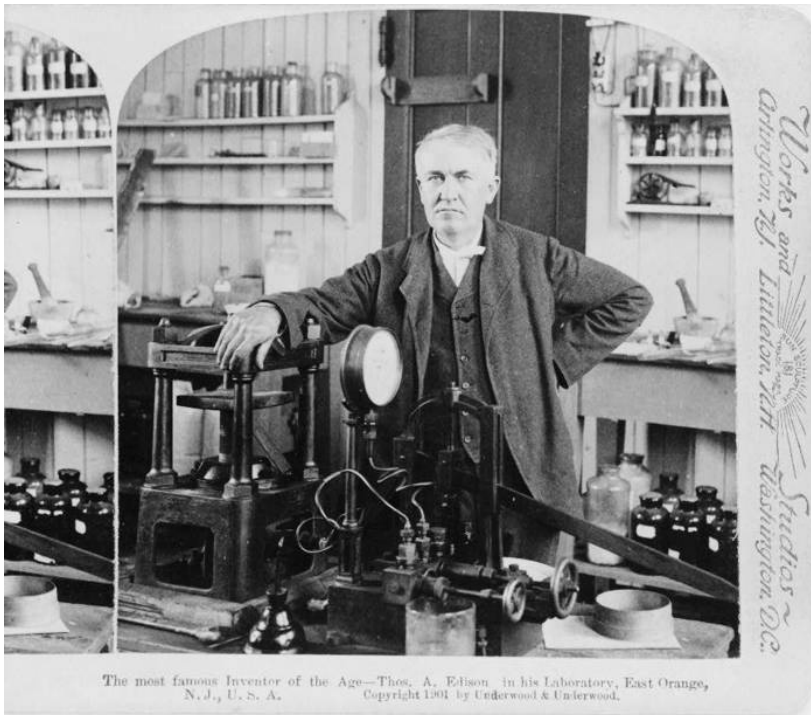
Vuonna 1808 Davy esitteli ensimmäisen hiilikaaripurkauskokeensa. Tämä johti ulkovalaistuksessa suosiota saavuttaneen hiilikaarilampun syntyyn.

Saksalainen tiedemies Herman Geissler aloitti purkauslamppujen kehityksen. Hän havaitsi vuonna 1856, että hieman ilmaa sisältävä putki tuotti hehkusäteilyä, kun putken päiden välille kytkettiin suuri jännite. /2, s.17/



## 4.2 HEHKULAMPUN KEHITYS

Ensimmäisen teolliseen valmistukseen soveltuvan hehkulampun kehitti amerikkalainen Thomas Alva Edison 21.10.1879 (kuva 4.2). Hänellä oli tavoitteena jo vuonna 1877 korvata kaarilamput helpommin käyttöön sopivalla lampulla. Hän tiesi, että hehkulampun menestymiseen tarvittaisiin toimiva ja tehokas kaupallinen sähkönenergian jakelu.



Kuva 4.2 Thomas Alva Edison /f/

Tärkein vaihe koko hehkulampun kehityksessä oli oikeanlaisen hehkulangan valinta. Monet kehittäjät käyttivät hehkulankakokeissaan pieniresistanssista lankaa ja kytkivät paljon näitä lamppeja sarjaan valaistuskokeiluissaan.

Edisonin mielestä suuriresistanssinen lanka tarjosi paljon etuja pieniresistanssiseen verrattuna. Esimerkiksi pienissä kohteissa pystyttiin kytkemään halutut lamput yksitellen palamaan. Sopivan hehkulangan valmistus ja kiinnittäminen lamppuun oli kehitystyön vaikein osa. Kerran hän keksi kokeilla ompelulangan hiillyttämistä ja sen käyttöä lankana ja tämä oli suuri menestys. Hän oli ratkaissut hehkulangan valmistamisen ongelman. Myöhemmin huomattiin, että bambukuitu toimi vielä paremmin kuin pumpulilanka ja näistä bambukuitulangoista tulikin hänen ensimmäisten tuotantolamppujen hehkulanka.

Edison kokeili myös erilaisia metalleja lankavaihtoehtoina. Hän totesi, että alipaineisessa tilassa langan lämpötilaa pystyttiin nostamaan huomattavasti ja tämä lisäsi valon tuottoa merkittävästi. Huono tyhjäteknikka ja lasin läpiviennit aiheuttivat kuitenkin ongelmia, sillä metalli hapettui sellaisissa olosuhteissa nopeasti. Hän kehitti myös tyhjöpumppujärjestelmiä paremmaksi lampunkehittelyn ohella. Myös lasinkäsittelyä ja läpivientekniikkaa kehitettiin. Kierrekanta, jota nykyisetkin hehkulamput käyttävät, haki muotoaan jo vuonna 1881. Hän jatkoi kierrekannan kehittelyä edelleen vielä vuosina 1888-89. /2, s.18/



Englannissa, Sir Joseph Swan (kuva 4.3) oli kehittänyt toimivan hehkulampun jo vuonna 1878. Hän myös esitti Newcastlella 3.2.1879 toimivan hiilihehkulampun todistaakseen aikaisemman onnistumisensa. Hänen koelampussa oli paksu hiililanka. Hän siis kehitti toimivan lampun Edisona aiemmin, mutta se ei ollut kaupallisesti valmis tuolloin. Vuonna 1881 Englantiin perustettiin yhtiö valmistamaan ja myymään Swanin hiililankalamppuja. /2, s.22/

Kuva 4.3 Joseph Swan /1/

Hiililankalamppujen lankoja valmistettiin tavallisesti paperista, puuvillasta ja bambukuidusta. Sen jälkeen metalliset langat korvasivat hiililangan kokonaan. Eri metalleina langoissa kokeiltiin platinaa, osmiumia ja tantaalia./2, s.22/

Vuonna 1904 monessa eri paikassa todettiin, että volframilanka olisi hehkulankana hyvä vaihtoehto sen lämmönkestävyyden vuoksi. Volframinyöstäminen oli tosin hyvin vaikeaa.

Vuonna 1909 amerikkalainen tutkija William David Coolidge (kuva 4.4) kehitti menetelmän, jolla pystyttiin tuottamaan hienoa lankaa volframista. Volframilankaisia lamppuja alettiin myydä vuonna 1910 ja vielä tänäkin päivänä hehkulamppujen lankana on volframilanka./a/



Kuva 4.4 William D. Coolidge /a/

Vuosina 1912-13 aloitettiin eri tehtaissa kaasutäytteisten lamppujen valmistus. Kaasutäytös hidastaa hehkulangan höyrystymistä, mikä pidentää lampun elinikää, pienentää valovirran alenemaa ja parantaa valotehokkuutta. Hehkulanka opittiin myös kiertämään yksöiskierukalle, mikä lisäsi valotehoa. Myöhemmin vuosina 1935-37 opittiin kiertämään lanka kaksoiskierukalle. Vaikka nykyään on monenlaisia erilaisia hehkulamppumalleja, yleishehkulamput ovat volframilankaisia kaasutäytteisiä kaksoiskierukkalamppuja. Nykyään ne ovat kehittyneet halvemmiksi ja varmemmiksi käytössä. Taulukosta 4.1 selviää hehkulampun eliniän kehittyminen. /2, s.22/

Taulukko 4.1 Hehkulampun eliniän kehittyminen /2, s.22/

Valmistuksen aloitusvuosi	Lamppulaji	Valotehokkuus (lm/W)	Polttoikä (h)
1878-80	hiililankalamppu	3	600
1897	Nernst-lamppu	5	400
1905	osmiumlamppu	6	1000
1905	tantaalilamppu	6	700
1910	volframilamppu (tyhjä)	9-10	1000
1912	volframilamppu (kaasutäytös)	10-12	1000
1935-37	volframilamppu (kaksoiskierretty)	11-15	1000-2000

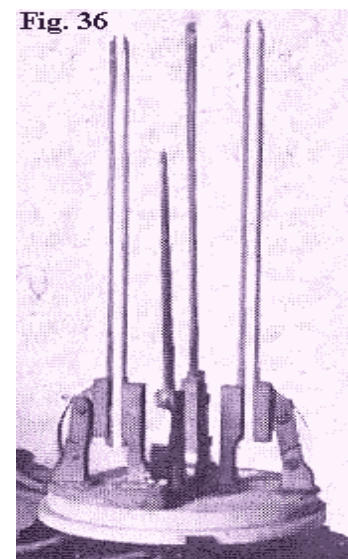
### 4.3 KAARIPURKAUSLAMPUN KEHITYS

Englantilainen fyysikko ja kemisti Humprey Davy oli 2000-elementtisellä galvaanisella paristolla saanut aikaan valokaaren vuonna 1808. Laitteessa johdettiin sähkö lähekkäin oleviin hiilikärkiin ja tämä aiheutti valokaaren niiden väliin. Kun kärkiä loitonnettiin toisistaan noin 10 cm etäisyydelle, niiden väliin syntyi kirkasta valoa säteilevä alue. Se koostui sähkövirralla höyrystyneestä hiilestä, joka oli ionisoitunut ja jonka resistanssi oli suuri. Ionisoitu hiilikaasu kuumeni virran vaikutuksesta ja lämmitti elektrodien kärjet hehkuvan kuumiksi. Lopulta hiilikärjet olivat höyrystymislämpötilassa, joka on noin 3500 C astetta ja paineilmassa jopa 6000 C. Valo joka syntyi tästä prosessista, oli monen tuhannen kynttilän veroinen.

Kaarilampun suurena haittana oli hiilikärkien kuluminen, joka vaati joko jatkuvaa käsisäättöä tai toimivan mekanismin, joka syöttäisi uutta hiiltä kuluvan tilalle. Siihen kehitettiin monenlaisia laitteita säätämään kärkiä oikein, mutta sitä ei saatu toimimaan siten, että siitä olisi tullut helposti yleistyvä valontuottoväline. Kehiteltiin laitteita, joissa kellokoneisto toi kärkiä pikkuhiljaa toisiaan kohti, kuparin lämpölaajenemiseen perustuvia menetelmiä, sähkömagneetilla toimivia kärkien lähentäjiä ja maan vetovoimaan perustuvia järjestelmiä. Toimivan säädön puuttuminen ei ollut ainoa ongelma valon yleistymisessä. Puuttui myös hyvin toimiva ja halpa sähkölähde. Kaarivalon kirkkaus oli myös syy miksi se ei ollut millään lailla käytännöllinen kotivalaistukseksi, vaan sitä käytettiin lähinnä majakoissa ja projektoreissa.

Vuonna 1876 entinen venäjän armeijan lennätininsinööri Pavel Jablochhoff kehitti Pariisissa asuessaan erittäin käyttökelpoisen kaarilampun, joka ei vaatinut huolenpitoa, eikä ollut liian kirkas. Kotikäytössä lampun valo koettiin vieläkin turhan kirkkaaksi.

Hänen kehittämänsä lamppu muistutti kynttilää. Siinä kaksi hiilielektrodia oli vierekkäin toisistaan eristettynä, jolloin kipinä syntyi hiilisauvojen päihin. Sauvat lyhenivät yhtä aikaa, joten siinä ei tarvittu säätölaitetta. Tasavirralla positiivisen hiilielektrodin oli oltava kaksi kertaa niin paksu kuin negatiivisen, sillä se kului kaksi kertaa nopeampaa. Järjestelmää pystyi käyttämään myös vaihtovirralla ja silloin tankojen tuli olla yhtä paksut. Lamppua kutsuttiin Jablochhoffin kynttiläksi (kuva 4.5).



Kuva 4.5 Jablochhoffin kynttilä /h/

Vaihtovirtakäyttöön tarkoitettussa Jablochhoffin kynttilässä oli kaksi yhdensuuntaista 30 cm pituista ja 4 mm paksuista hiilisauvaa, joiden välissä oli 2 mm paksu kipsieristys. Kaarivalon syttyessä hiilikärkien väliin, kipsi mureni pikkuhiljaa pois tieltä kun valokaari eteni ja kärjet kuluivat. Yhden kynttilän käyttöaika oli noin puolitoista tuntia. Tavallisesti yhdessä valaisimessa oli neljä tai kuusi kynttilää, jotka kytkeytyivät automaattisesti, kun edellinen oli palanut loppuun. Yhden kynttilän valoteho oli noin 100 - 700 normaalikynttilää. Pariisissa kynttilä sai suuren suosion ja sitä käytettiin joissakin tavarataloissa. Lamppu ei kuitenkaan ollut taloudellinen, sillä kynttilät olivat kohtalaisen lyhytikäisiä ja niitä tarvittiin paljon. Pian hiilikaarilampun jälkeen tuli hehkulamppu, joka lopullisesti poisti Jablochhoffin kynttilän markkinoilta paremman käytettävyytensä vuoksi.

Vaikka kaarilamppu poistui käytöstä, siitä jäi muistoksi vielä nykyäänkin käytettävät jännitestandardit. Käytettävä jännitestandardi syntyi siitä, että valokaaren tarvitsema jännite oli 40 volttia. Lisäksi kynttilä tarvitsi sarjaan vastuksen, joka yli vaikutti 30 volttia. Useimmiten lamppuja käytettiin kahta sarjassa, oli tarvittava jännite  $2 \times 40 \text{ V} + 30 \text{ V} = 110 \text{ V}$ . Tämä yleistyi jännitestandardiksi (USA:ssa käytössä edelleen) ja myöhemmin se kaksinkertaistettiin 220 V:ksi. /5, s.272/

#### 4.4 HOHTOPURKAUSLAMPUN KEHITYS

Hohtopurkauslampun toiminta perustuu siihen, että lampun kaasun molekyylien energiatila nostetaan normaalia korkeammaksi, jolloin normaalitilaan palava molekyyli luovuttaa osan energiastaan näkyvän valon alueella. Eri kaasut hohtavat spektrin eri alueilla, eli niiden valon väri on erilainen.

Ensimmäinen tällä periaatteella toimiva valo oli Sir Francis Hauksbeen sähkövalo 1710. Saksalainen Winkler sai voimakkaamman valon aikaiseksi elohopeakaasulla täytetystä lasipallosta vuonna 1742. Vuonna 1854 ranskalainen Gassiot havaitsi, että kun ohuella kaasulla täytetyn lasiastian läpi johdetaan sähköä, elektrodien välinen kaasu alkaa hohtaa valoa, jonka spektri riippuu käytetystä kaasusta. Saksalainen Herman Geissler tuotti vuonna 1856 valoa samalla menetelmällä ohuissa erimuotoisissa lasiputkissa. Kuitenkaan Geisslerin putkista ei onnistuttu kehittämään kaupallisesti sopivaa käytännöllistä lamppua.

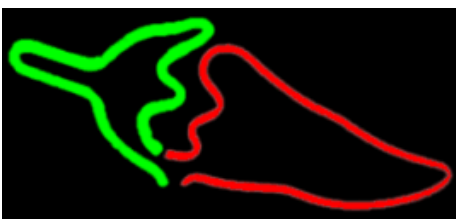


Vasta vuonna 1895 amerikkalainen McFarlane Moore onnistui kehittämään kaupallisen hohtopurkauslampun. Lamppu oli pitkän putken muotoinen ja se tarvitsi jännitettä 500 V metriä kohden. Tarvittava jännite tuotettiin muuntamalla verkosta otettua vaihtovirtaa. Täytekaasuna käytettiin joko typpeä, hiilidioksidia tai ilmaa.

Aluksi ongelmana oli kaasun absorboituminen putken seiniin, joka aiheutti lampun lepattamisen ja himmenemisen. Tämä ratkaistiin vuonna 1904, kun Moore kehitti venttiilin, joka piti putken paineen vakiona. Putken valoteho ei ollut kovin suuri, noin 500 lumenia metriä kohden, sen vuoksi putki oli tehtävä hyvin pitkäksi. Esimerkiksi toimistotilaa saatettiin valaista Mooren putkella, joka oli 120 metriä pitkä. Tehokkuus oli noin 3 - 4 lm/W (kuva 4.6).

Kuva 4.6 Mooren putki /m/

Vuonna 1902 ranskalainen Georges Claude keksi neonputken, joka tuotti punaista valoa. Sen teho oli noin 10 - 15 lm/W. Pariisin autonäyttelyssä nähtiin ensimmäisen kerran neonvalomainos vuonna 1910. Nykyään neonvaloja tehdään useissa eri väreissä ja muodoissa ja niitä on mainoksina lähes kaikkialla (kuva 4.7). /5, s.287/



Kuva 4.7 Neonvalomainos /n/

Jo 1930-luvulla erittäin tehokkaat kuumakatotiset elohopea- ja natriumhöyrylamput tuottivat yli 50 lm/W ja myöhemmin valaistustehokkuudeksi saatiin jopa 80 lm/W. Molempia lampputyyppejä käytetään nykyään teiden valaisuun niiden voimakkaan valotehon vuoksi (kuva 4.8).



Kuva 4.8 Moottoritienvalaistus suurpainenatriumlampulla /o/

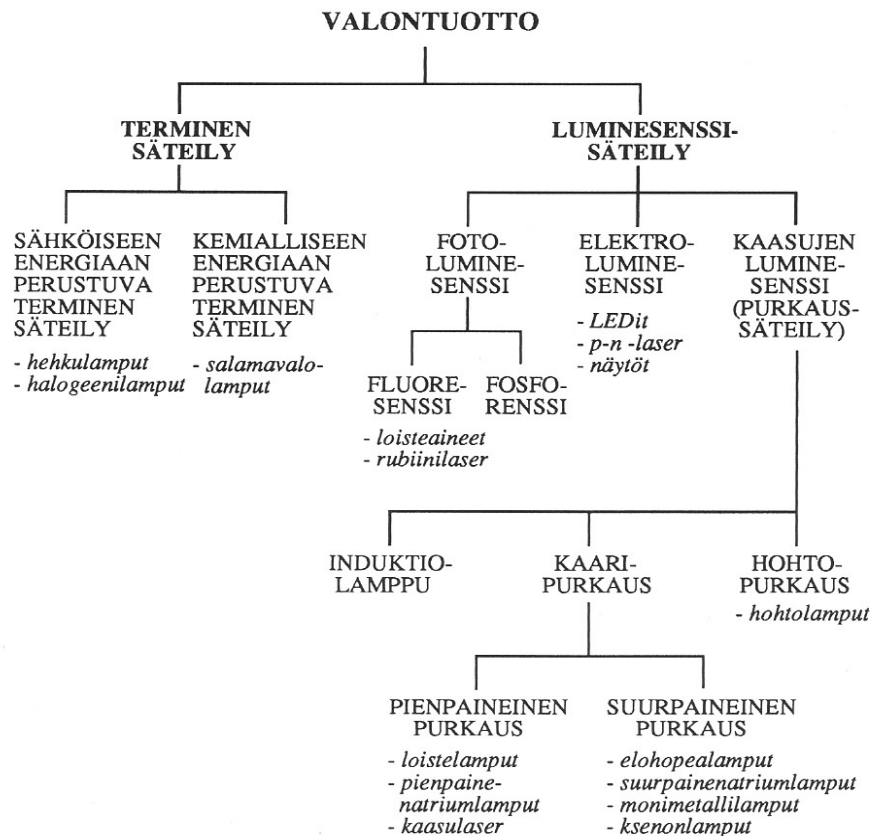
General Electric esitteli vuonna 1938 kylmäkatodisen fluoresenssiputken, joka ei vaadi suurjännitettä. Siinä elohopeakaasun ja argonin säteilemä ultraviolettivalo muutetaan näkyväksi putken sisäpinnalla olevan fosforipinnoitteen avulla. Loisteputkesta tuli hehkulampan paras kilpailija paremman valotehokkuutensa ansiosta. Silti hehkulamppu on pitänyt ykkössijan kotitalouksissa vielä näihin päiviin asti. Vuonna 1960 esiteltiin seuraava hieno keksintö, halogeenikaasulla täytetty volframilankalamppu. Sen valotehokkuus oli 20 lm/W ja elinikä hehkulamppuun verrattuna kaksikertainen. Kierrekannalla varustettu pienoisloistelamppu tuli markkinoille vuonna 1979 Philipsin toimesta. /5, s.287/

## 5 ERILAISET VALONLÄHTEET

Valo on sähkömagneettista säteilyä. Valontuotossa säteily on peräisin aineesta. Aineena voi olla kuuma hehkulanka tai loisteputken loisteaine. Luonnossa valo syntyy monella eri tavalla, kuten auringonvalo, revontulet, salamointi sekä eläinten ja kasvien bioluminesenssit. Monissa tapauksissa valontuotto perustuu ultraviolettialueella tapahtuvaan säteilyyn, joka loisteaineiden avulla muutetaan näkyväksi valoksi. Valonlähteet, jotka säteilevät näkyvää valoa, säteilevät myös lähes poikkeuksetta sekä infrapuna- että ultraviolettisäteilyä. /2, s.157/

### 5.1 VALONTUOTTO

Keinovalon tuotto voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään, termiseen säteilyyn ja luminesenssisäteilyyn. Termisessä säteilyssä säteilyenergia on peräisin aineen osasten lämpöliikkeestä. Aineen osasilla tarkoitetaan atomeja ja ioneja sekä molekyyliä. Termisessä säteilyssä lämpöliike saa värähtelyä aikaan kaikilla mahdollisilla aallonpituuksilla ja se tekee termisen säteilyn spektristä jatkuvan. Luminesenssisäteilyssä taas säteily tapahtuu vain tietyillä aallonpituuksilla tai spektrin osilla. Luminesenssisäteily on voimakkaampaa kuin aineen saman lämpötilan mukainen terminen säteily. Kun luminesenssia tapahtuu kiinteässä aineessa, sitä sanotaan loistesäteilyksi. Kiinteän aineen luminesenssisäteilyn aallonpituus on tällöin eri kuin aineeseen absorboituvan säteilyn aallonpituus. Sähkökenttä saa kaasussa aikaan vastaavanlaisen luminesenssi-ilmiön. Yleensä säteilyä emittoituu vain tietyillä aallonpituuksilla.



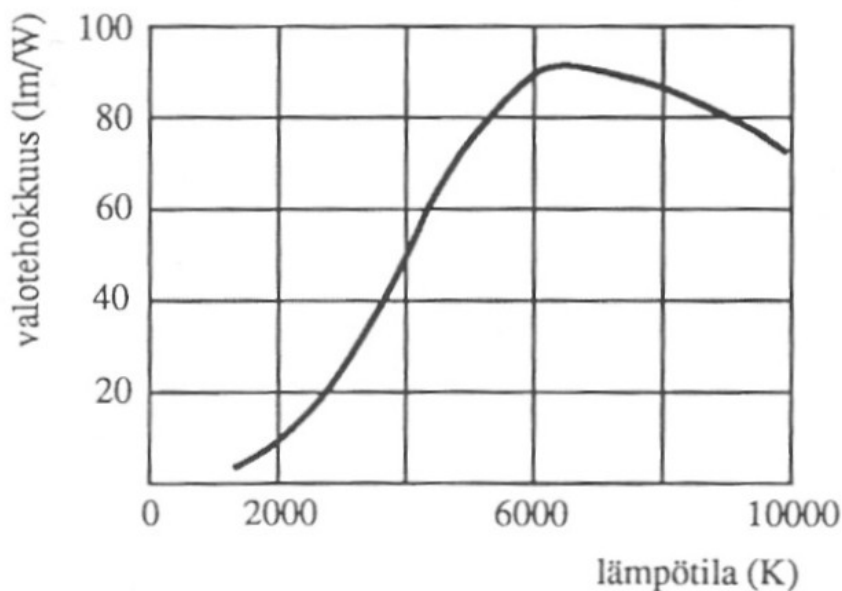
Kuva 5.1 Valontuoton päälajit /2, s.158/

Vaikka kuvassa 5.1 on jaettuna eri valonlähteet eri paikkoihin, tapahtuu valontuotto kuitenkin monissa lampuissa useammalla eri tavalla. Purkauslamput valo on pääasiassa lähtöisin kaasujen luminesenssistä, mutta niissä tapahtuu myös termistä säteilyä. Sekavalolampussa valo tuotetaan kolmella eri tavalla; sähköpurkauksella, loisteaineella ja termisellä säteilyllä. /2, s.158/

### 5.1.1 TERMINEN SÄTEILY

Terminen säteily eli lämpösäteily on emissioprosessi, jossa säteilyenergia on peräsin hiukkasten lämpöliikkeestä. Kun kappaletta kuumennetaan, aineen atomit virittyvät lukuisten vuorovaikutusten seurauksena. Aineen lämmittäminen tapahtuu, joko sähköllä tai kemiallisesti palamalla. Kun lämpötilaa on nostettu riittävästi, eli yli 1000 kelvinin, alkaa sähkömagneettinen säteily siirtyä näkyvän valon alueelle. Kun lämpötilaa nostetaan lisää, säteilyn intensiteetti kasvaa ja valo muuttuu valkoisemmaksi. Säteilyn spektri on jatkuva, mikä johtuu energiatasojen leventymisestä ja yhteensulautumisesta.

Teoreettisesti suurin mahdollinen valotehokkuus termiselle säteilijälle on noin 90 lm/W. Se voidaan saavuttaa noin 6500 kelvinin lämpötilassa mustalla kappaleella (Kuva 5.2). Käytännössä tämä ei ole mahdollista, koska mikään aine ei kestä tuhoutumatta tätä lämpötilaa. Myöskään ideaalista mustaa kappaletta ei ole olemassa. Se on teoreettinen kappale, jonka emissio- ja absorptiokerroin, eli emissiviteetti on yksi. Emissiviteetti kertoo, miten hyvin kappale säteilee energiaa verrattuna mustaan kappaleeseen. Kaikilla todellisilla aineilla kertoimet jäävät alle yhden. Lämpötilan lisäksi aineiden emissiviteetti riippuu säteilyn aallonpituudesta. /2, s.159/



Kuva 5.2 Absoluuttisen mustan kappaleen säteilyteho lämpötilan funktiona /2, s.159/

### 5.1.2 LUMINESENSISÄTEILY

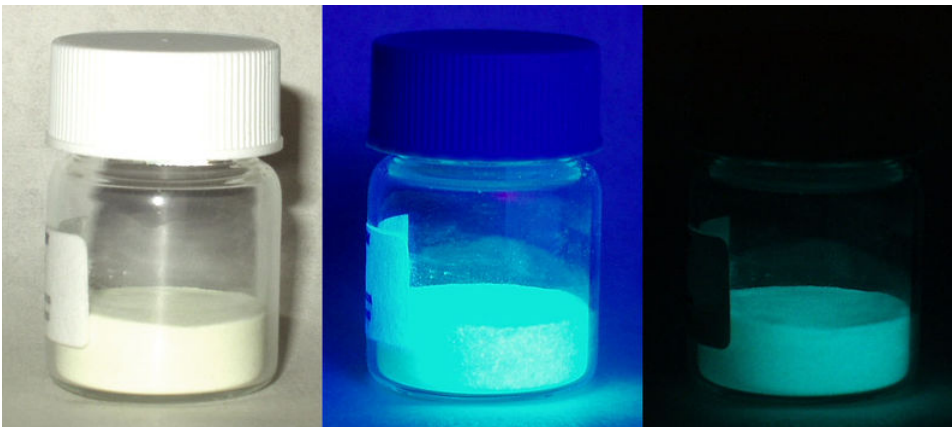
Eräät aineet emittoivat näkyvää valoa, kun niitä säteilytetään ultraviolettisäteilyllä tai pommitetaan elektroneilla. Tällöin aine emittoi voimakkaammin säteilyä, kuin aineen saman lämpötilan mukainen termien säteily. Ilmiön nimi on fotoluminesenssi. Aineita, jotka lähettävät tällaista säteilyä, kutsutaan loisteaineiksi. Ilmiö perustuu atomien ja molekyylien virittymiseen ja viritystilan purkautumiseen. Loisteputkissa käytetään tällaista ainetta putken pinnalla./2, s.172/

Fotoluminesenssi, jossa säteilyä syntyy ainoastaan virittymisen aikana tai heti sen jälkeen, kutsutaan **fluoresenssiksi** (kuva 5.3).



Kuva 5.3 Erivärisiä fluoresoivia aineita /q/

Säteily, jossa emissio perustuu aineen kykyyn varastoida energiaa ja säteillä sitä viiveellä, kutsutaan **fosforenssiksi** (kuva 5.4).



Kuva 5.4 Fosforoivaa ainetta tavallisessa valossa, uv-valossa ja täydellisessä pimeydessä /r/

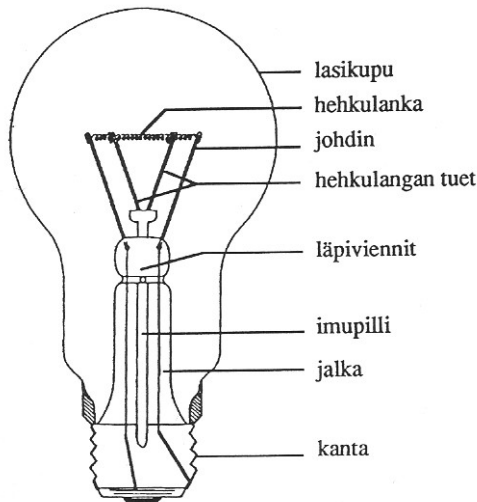
**Elektroluminesenssi** on kaasussa ja kiinteässä aineessa suoraan sähkökentän vaikutuksesta syntyvää säteilyä. Säteily emittoituu kahdella eri tavalla, puolijohteessa varauksenkuljettajien rekombinoituessa ja kiihdytettyjen elektronien vaikutuksesta tietyissä loisteaineissa. Ilmiötä käytetään hyväksi **ledeissä**. Aineiden koostumusta vaihdeltaessa ledin tuottaman valon väri vaihtelee. /s, s.174/

Purkauslamppuissa valontuotto perustuu kaasun virittämiseen sähköllä. Kaasu saatetaan johtavaan tilaan ja elektronit pääsevät virtaamaan kaasussa. Tarpeeksi lämmitettään se alkaa hohtaa.



## 5.2 HEHKULAMPPU

Hehkulampun rakenne on ollut 1800-luvun lopusta saakka suunnilleen samanlainen, kuin se on nykyään. Kanta, jota käytetään vielä nykyäänkin eli E-kanta, on Edisonin kehittämä ja kirjain E tulee hänen nimestä. Lampun rakenne on esitetty kuvassa 5.5.



Kuva 5.5 Hehkulampun rakenne /2, s.183/

Hehkulampun valontuotto perustuu hehkulangan kuumentamiseen sähköllä, joka saa aikaan termistä säteilyä. Hehkulamppu koostuu lasikuvusta, ruuvattavasta kannasta ja sisällä olevasta hehkulangasta kannattimineen. Lankana käytetään volframilankaa, jonka lämmönkestävyys on erinomainen. Volframin sulamispiste on 3655 K. Lasikuvun sisäpuoli on imetty tyhjäksi, tai siellä on kemiallisesti reagoimatonta kaasua, jotta hehkulanka ei palaisi poikki ilman vaikutuksesta. Hehkulanka kääritään joko yksöiskierukalle tai kaksoiskierukalle.

Käytännön hehkulamput ovat valotehokkuudeltaan välillä 8 – 30 lm/W, riippuen niiden rakenteesta ja hehkulangan käyttölämpötilasta. Perinteisen 100 W:n lampun langan lämpötila on noin 2700 K ja siitä saadaan valotehoa noin 12,5 lm/W. Voimakkaimpien erikoishehkulamppujen langan lämpötila on jopa 3400 K ja ne tuottavat valotehoa peräti 30 lm/W. Niiden elinikä tosin on hyvin lyhyt johtuen korkeasta käyttölämpötilasta.

Hehkulangan resistanssi on kylmänä, vain noin 1/14 osa siitä mitä se on lämpimänä ja tämä johtaa lampuissa voimakkaaseen sysäysvirtaan kytkennän jälkeen. Virtapiikki kestää suunnilleen puolen sekunnin ajan. Tämä ei yleensä aiheuta lampulle itselleen ongelmaa, mutta säätölaitteet ja himmentimet on syytä suojata virtapiikiltä.

Hehkulamput kuluvat käytössä lähinnä langastaan, joka höyrystyy pikkuhiljaa lämmön vaikutuksesta. Sen voi havaita hehkulampun lasin tummumisena. Lampun sisällä olevan kaasun valinnassa täytyy olla tarkka. Jos kaasun lämmönjohtavuus on liian korkea, se vie lämmön pois langasta laskien tämän valontuottoa. Tavallisimpana kaasuna käytetään argonia, johon on vähän sekoitettu typpeä ionisoitumisen estämiseksi.

Hehkulampun elinikä on keskimäärin 1000 tuntia ja pitkäikäisten hehkulamppujen noin 2000 tuntia, näiden teho on kuitenkin matalampi.

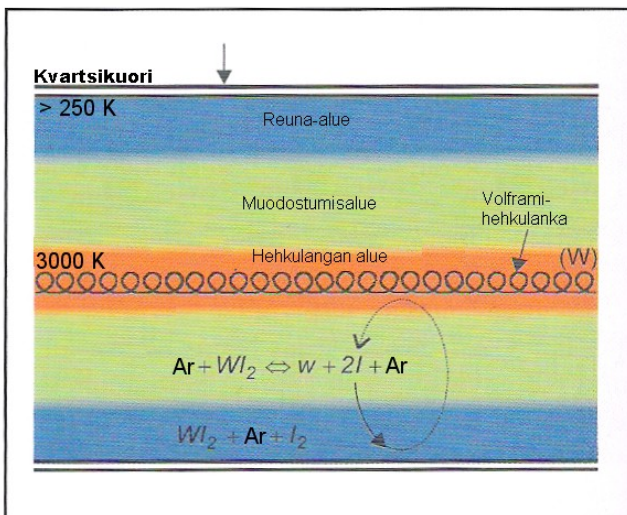
Hehkulamppujen säätö on helppoa, sillä pelkästään jännitettä säätämällä saadaan nostettua ja laskettua valotasoa. Laskemalla jännitettä, langan lämpötila laskee ja samalla lampun värilämpötila muuttuu lämpimämmäksi. Tämä ei yleensä ole haittana, sillä lämmin valo tuntuu ihmisistä mukavammalta himmeässä. /1, s.113/



Kuva 5.6 Erilaisia hehkulamppuja Sylvaniaalta /t/

### 5.3 HALOGEENILAMPUT

Hehkulangan höyrystyminen on ongelmana tavanomaisessa hehkulampussa. Lanka höyrystyy sitä nopeammin, mitä korkeampi lämpötila langalle halutaan ja tämä on lampun eliniän kannalta haitallinen asia. Halogeenilampussa ongelma on ratkaistu volframin kiertoprosessilla lisäämällä lampun täytöskaasuun tiettyjä halogeeneja. Kun volframi höyrystyy hehkulangasta ja alkaa kulkea kohti reunaa, se yhtyy muodostumisalueella halogeeniin lämpötilan ollessa riittävä, noin 250 C astetta tai enemmän. Sillä tavoin syntyneet volframihalodit liikkuvat kaasun mukana reuna-alueelle ja palautuvat jossain vaiheessa kiertoprosessia takaisin hehkulangan lähelle, jossa hehkulangan korkea lämpötila pilkkoo volframin ja halogeenin erilleen. Näin volframi on palautunut takaisin lankaan ja halogeeni on taas vapaana reagoimaan uuteen volframihöyryyn. /1, s.115/ Kiertoprosessi voi periaatteessa saada aikaan millä tahansa halogeenillä, mutta niiden reaktio lampussa oleviin eri komponentteihin ja epäpuhtauksiin määrittää niiden käytettävyyden. Halogeenilampun kiertoprosessi esitetään kuvassa 5.7. /2, s.196/



Kuva 5.7 Halogeenin ja volframin kiertoprosessi /1, s.116/

Halogeenilamput ovat yleensä pienikokoisia, jotta niissä olisi helpompi säilyttää kiertoprosessin tarvitsema lämpötila. Halogeenilampun täytökaasuna on halogeenin ja jalokaasun seos. Jalokaasuna käytetään argonia tai kryptonaa. Tavallista lasia ei voi käyttää lampuissa halogeenien syövyttävän vaikutuksen vuoksi. Kuvut valmistetaan kvartsista tai muista mineraaleista, joissa piin osuus on vähintään 96 %. /1, s.116; 2, s.197/



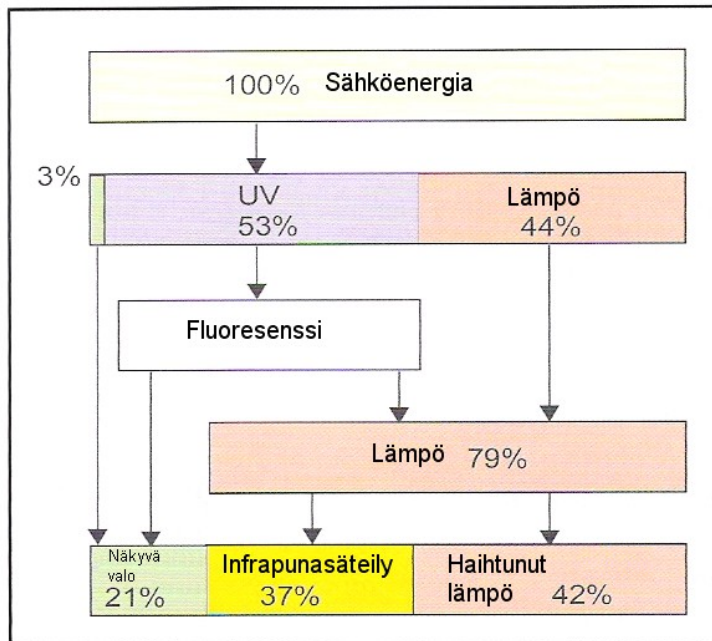
Kuva 5.8 Halogeenilamppuja /s/

Hehkulangan resistanssi kylmänä vain 1/12 osa siitä mitä se on käyttölämpötilassa, joten se ottaa sytytettäessä kymmenkertaisen virran. Virtapiikin vaikutusaika on lyhyempi, kuin hehkulampulla, noin 0,1 sekuntia. Nimellisarvonsa virta saavuttaa noin 0,4 sekunnin kuluttua. Halogeenilampun, joka toimii verkkojännitteellä, säätäminen onnistuu lähes yhtä hyvin kuin hehkulampulla. Matala lämpötila heikentää kiertoprosessia, mutta toisaalta myös langan höyrystymistä, joten lampun elinikä ei heikkene säätämisestä. Jos lampua on käytetty pitkään himmennettynä, lampun kupu tummuu volframista. Tämä voidaan helposti poistaa, käyttämällä lampua täydellä teholla jonkin aikaa. Mikäli lamppu toimii eri käyttöjännitteellä kuin verkko, täytyy himmentimen muuntajan ja lampun muuntajan olla yhteensopivat. /1, s.117; 2, s.198/

## 5.4 LOISTELAMPUT

Loistelamput ovat purkauslamppuista kaikkein parhaiten tunnettu. Valo tuotetaan purkauslamppuissa virittämällä kaasu tai höyry korkeampaan energiatilaan ja kun energiatila laskee, kaasu emittoi säteilyä. Suurin osa tästä säteilystä on ulkona näkyvän valon alueelta, joten loisteputkissa valon tuotto on kaksivaiheista. Kaasun itsensä lähettämä valo ja loisteputken sisäkuoressa olevan fosforoivan aineen lähettämä valo. Koska säteilystä suurin osa on ultraviolettisäteilyä, putken sisäpinta on päällystetty tarkasti suunnitelluilla fosforiseoksilla. Fosfori absorboi ultraviolettisäteilyä ja se aiheuttaa siinä fluoresointia. Ultraviolettisäteily nostaa fosforin uloimmat elektronit korkeampaan viritystilaan, mutta koska viritystilan ylläpito vaatii korkean lämpötilan, putoaa elektroni takaisin alemmalle tasolla ja samalla emittoituu valokvantti.

Noin 20 % loisteputken energiasta säteilee ulos näkyvänä valona. Valontuotto vaihtelee 25:sta 80:een lm/W riippuen putken pituudesta, fosforoivasta aineesta ja syötettävän virran taajuudesta. Kuvassa 5.9 näkyy loistelampun valontuotto ja energian jakautuminen. /1, s.120/



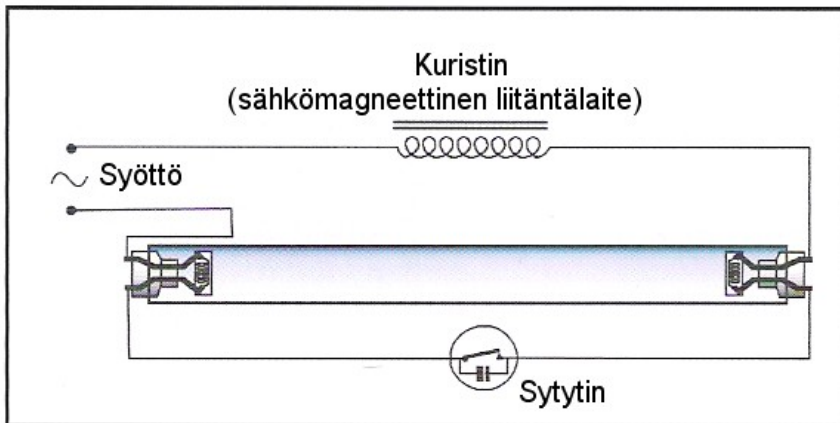
Kuva 5.9 Energiantuotto loistelampussa /1, s.121/

Loistelampuilla saadaan eri lämpöisiä valoja muuttamalla putken sisäpinnalla olevan fosforiseoksen koostumusta. Tämän ominaisuuden ansiosta loisteputkia voidaan tehdä moniin eri valaistustarpeisiin. Esimerkiksi standardille valkoiselle on annettu seuraavat lämpötilat:

Taulukko 5.1 Värilämpötilat ja niiden nimet /1, s.120/

Nimi	Värilämpötila
lämmin valkoinen	3000 K
valkoinen	3500 K
viileä valkoinen	4000 K
päivänvalo	6500 K

Loisteputki on laite, jonka jännite pysyy vakiona riippumatta virrasta. Mikäli putken läpi kulkevaa virtaa ei rajoiteta, putken virta kasvaa koko ajan lisää, kunnes se hajoaa tai polttaa sulakkeen. Sen vuoksi kaikenlaiset purkauslamput tarvitsevat jonkin virtaa rajoittavan liitäntälaitteen. Liitäntälaitteita on kahdenlaisia, sähkömagneettisia ja elektronisia. Käytetyin liitäntälaitte on kuristin, joka on eräänlainen kela. Vastus toimisi myös virranrajoittajana, mutta se olisi energiaa tuhlaava ratkaisu. Jotta loistelamppu saataisiin syttymään, täytyy laitteen katodit saada tarpeeksi lämpimäksi emittoidakseen tarpeeksi vapaita elektroneja. Sen jälkeen saada aikaan tarpeeksi suuri virtapiikki putken läpi kaasun ionisoimiseksi, tähän tarvitaan sytytintä. Kuva 5.10 esittää yksinkertaisen loisteputkikytkennän. /1, s.121/



Kuva 5.10 Yksinkertainen loisteputkikytkentä /1, s.122/

Kun virta kytketään päälle, se kulkee ensin kuristimen läpi ensimmäiselle katodille ja jatkaa siitä sytyttimen läpi toiselle katodille. Sytyttimen kärjet kipinöivät ja lämpenevät, jolloin ne alkavat lähestyä toisiaan kunnes ovat kiinni toisissaan. Katodit lämpenevät ja ovat valmiina emittoimaan elektroneja. Seuraavaksi sytyttimen kärjet alkavat jäähtyä, koska niissä ei tapahdu enää kipinöintiä ja ne taipuvat toisistaan erilleen. Tämä aiheuttaa virtapiikin, joka koostuu verkkojännitteestä ja kuristimelta tulevasta virtapiikistä. Se iskee loisteputken läpi ja sytyttää purkauskanavan. Se ei yleensä onnistu heti ensimmäisellä kerralla, joka voidaan havaita lampun välkkymisenä sytytysvaiheessa. Nykyään elektroniset liitäntälaitteet hoitavat lampun sytyttämisen ilman välkkymistä. Ne myös osaavat sammuttaa kuluneen lampun automaattisesti, jolloin vältetään turhalta lampun välkkymiseltä.

Yleisimmät loisteputkityypit ovat T8 ja T5, myös vanhoja T12 lamppuja on jäljellä. Merkintä T luvun edessä tarkoittaa kahdeksasosatuunaa, joka on vähän yli 3 mm. Vanha T12 ja uudempi T8 putket ovat keskenään vaihdettavia, koska ne ovat samanmittaisia, mutta T5 lamput vaativat omanlaiset valaisimet, koska ne ovat hieman lyhyempiä. Uudet T5 lamput vaativat aina elektronisen liitäntälaitteen. T5 lamppujen valotehokkuus on suurempi, kuin paksummissa malleissa, eli noin 100 lm/W. Niitä saa usein myös kahdella eri teholla varustettuna, esimerkiksi 1149 mm putkea saa, sekä 54 W eli noin 5500 lm tehoisena ja 28 W eli noin 2700 lm tehoisena. Tämä antaa valaistuksensuunnitteluun monia hyviä mahdollisuuksia. Loisteputkien elinikä vaihtelee käytöstä riippuen 6000 – 15000 tunnin välillä. /1, s.122/

Loistelamppuja on myös kehitelty E-kantaan sopiviksi malleiksi. Niissä on usein neljä tai kuusi pientä loisteputkea yhdessä kannassa tarvittavan valotehon saavuttamiseksi. Lampuissa on sisäänrakennettuna liitäntälaite ja sen vuoksi ne eivät sovellu himmennyskäyttöön. /1, s.124/

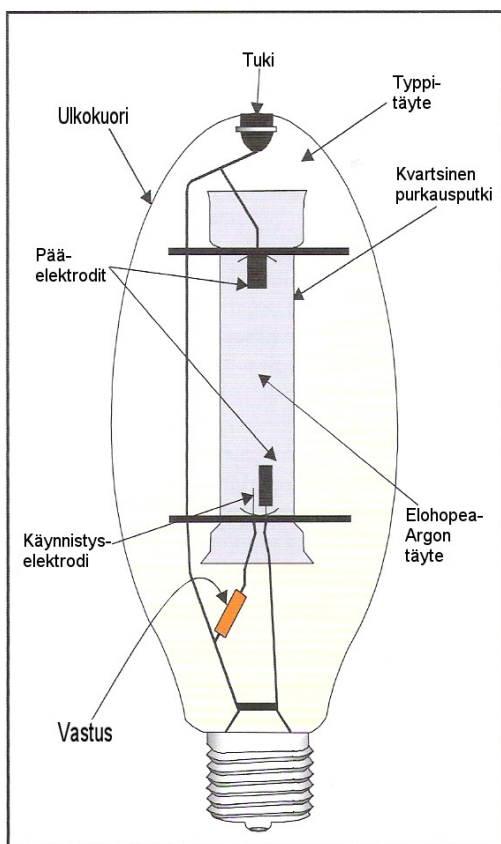
Loistelamppujen säätäminen onnistuu vanhoille T12 putkille hehkumuuntajakytkennällä, mutta koska sen tyyppiset lamput ovat jo poistumassa käytöstä, ei niitä enää käytetä. Hehkumuuntajakytkentä aiheuttaa asennuksessa lisäjohtimien viemistä lampulle. Uudemmat loisteputket vaativat säätämiskäytössä aina elektronisen liitäntälaitteen. Säätöalue loisteputkilla saadaan ohjattavien liitäntälaitteiden avulla välille 3 – 100 %. /2, s.316/

## 5.5 MUUT LAMPUT

Kolmen tutuimman lampun lisäksi käytössä on myös monenlaisia muita eri tarkoituksiin tarvittavia lamppuja.

### 5.5.1 ELOHOPEALAMPUT

Elohopealamput ovat kaikkein yksinkertaisimpia purkauslamppuja. Ne ovat helppokäyttöisiä ja luotettavia valonlähteitä. Elohopealampuissa valontuotto perustuu elohopeahöyryssä tapahtuvaan kaasupurkaukseen./2, s.226/



Kuva 5.11 Elohopealamppu /1, s.131/

Elohopealampun rakenne selviää kuvasta 5.11. Lampussa on purkausputki, joka sisältää pienen määrän elohopeaa, esimerkiksi 125 W:n lampussa sitä on noin 20 mg. Purkausputkeen on myös täytteenä pieni määrä jalokaasua, tavallisimmin argonia. Putken sisällä vallitsee noin 200 – 400 kPa:n paine, eli noin 2 – 4-kertainen paine ilmakehään verrattuna. Lampun ollessa päällä, valokaari tuottaa paljon suuremman osan näkyvää valoa kuin loisteputki. Vaikka näkyvän valon osuus on suurempi, syntyy lampussa silti suuri määrä ultraviolettisäteilyä. Sen vuoksi lampun kuori on vuorattu fosforikerroksella. Valon voimakkaimmat aallonpituudet ovat: 405, 436, 546, 577 ja 579 nm. Tämä antaa ulos kirkkaan sinivalkoisen valon, jossa ei ole juuri lainkaan punaista. /1, s.131;2, s.226/

Elohopealamppu ei tarvitse sytytinlaitetta, mutta virran rajoittamista varten se tarvitsee jonkinlaisen liitäntälaitteen, yleensä käytetään kuristimia. Sytyttäessä lamppua, aluksi syntyy pääelektrodien välille hohtopurkaus, joka elektrodien lämmitessä muuttuu kokonaan kaaripurkaukseksi. Kaaripurkaus lämmittää inertikaasua, joka höyrystää elohopeaa ja kasvattaa putken painetta. Kestää muutaman minuutin, kunnes lamppu on saavuttanut stabiilin olotilan, jossa kaikki elohopea on höyrystynyt. Kun lampun sammuttaa, sitä ei saa syttymään uudelleen 2 – 5 minuuttiin suuren höyrönpaineen vuoksi. /2, s.228/

Elohopealamppujen tehoalue on 50 – 2000 W ja valovirrat 1,8 – 125 klm. Suuren valotehonsa vuoksi elohopealamppujen pääasialliset käyttökohteet ovat ulkovalaistus, suuret teollisuushallit ja varastot. Parannetun värintoiston elohopealamput soveltuvat myös suuriin myymälöihin. Lamppujen elinikä vaihtelee 12000 – 14000 tuntiin. Elohopealamppuja voi myös säätää, mutta niiden säätöalue tavanomaisilla liitäntälaitteilla on 50 – 100 %. Elektronisilla liitäntälaitteilla päästään jopa 5 %:n asti. Säätö on tehtävä hitaasti, 5 – 20 min/50 %. /2, s.235/

## 5.5.2 SUURPAINENNATRIUMLAMPUT

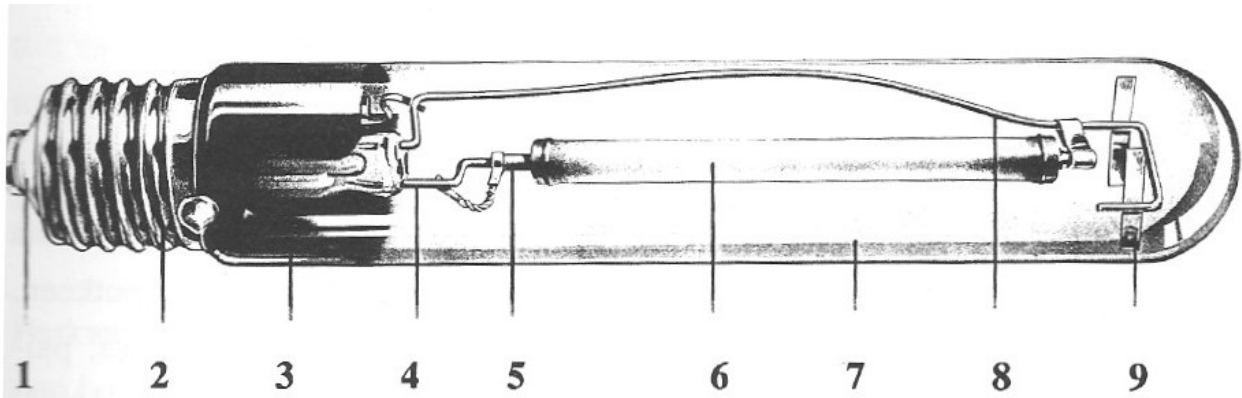
Ensimmäiset matalapaineiset natriumlamput tulivat markkinoille 1930-luvulla. Natriumissa tapahtuvan purkauksen väriominaisuuksien kuitenkin tiedettiin parantuvan, mikäli painetta putkessa nostetaan. Siihen aikaan ei ollut vielä kehitetty sopivaa putkea, joka kestäisi herkästi korkeassa lämpötilassa ja suuressa paineessa reagoivan natriumin. Myöskään putkien tiiviys ei ollut riittävä.

Ensimmäinen käyttökelpoinen suurpainennatriumlamppu tuli vasta 1960-luvulla. Lamppu oli 400 W:n tehoinen ja sen valotehokkuus oli noin 100 lm/W. Suurpainennatriumlamppujen tehoalue on nykyään 35 – 1000 W. Lamppujen valotehokkuus on 60 – 120 lm/W. Tavallisen suurpainennatriumlampun värintoisto-ominaisuudet ovat huonot. Värintoistoindeksi on vain 20, mutta lampusta on myös parannettuja malleja, joiden värintoistoindeksi on 65, mutta vastaavasti sen valotehokkuus noin 10 – 15 % pienempi. Lamppujen kehitys onkin painottunut parempaan värintoistoon, pienempiin yksikkökokoihin ja elohopealamppujen korvaamiseen.

Elohopealamppun korvaaminen valotehokkaammalla suurpainennatriumlampulla olisi monessa tapauksessa taloudellista. Se tosin vaatisi liitäntälaitteiden tai koko valaisimen vaihtoa. On myös kehitetty korvaavia suurpainennatriumlamppuja, jotka voidaan liittää suoraan elohopealamppuvalaisimeen. Sen valotehokkuus on pienempi, kuin tavallisilla suurpainennatriumlampuilla, mutta silti huomattavasti suurempi, kuin elohopealampuilla./2, s.235/

Suurpainennatriumlamppu on purkauslamppu ja sen toiminta on samankaltainen, kuin muillakin purkauslampuilla. Elektrodien väliin syntyy purkauskanava, joka hehkuu voimakkaasti.





Kuva 5.12 Suurpainenatriumlampun rakenne. 1) Posliininen eristyslevy 2) kierrekanta 3) getteri 4) sisäänvientijohdin 5) laajenemisyksikkö 6) purkausputki 7) ulkokupu 8) tuki ja 9) tukijouset /2, s.237/

Lamppu koostuu purkausputkesta, kierrekannasta, purkausputken tuista ja ulkokuoresta. Kuvassa 5.12 on tyypillinen suurpainenatriumlampun rakenne. Purkausputki täyttyy valmistaa materiaalista, joka kestää hyvin vaativat olosuhteet, jotka siellä vallitsee. Purkausputken materiaalille on tärkeää hyvä valonläpäisykyky, sähköinen resistiivisyys, alhainen haihtumisaste korkeassa lämpötilassa ja hyvä vastustuskyky kuumen natriumhöyryn reagointia vastaan. Myös kaasuntiiveys suurissa paineissa, 5 - 100 kPa; sekä mekaaninen kestävyys voimakkaissa lämpötilan vaihteluissa on tärkeää.

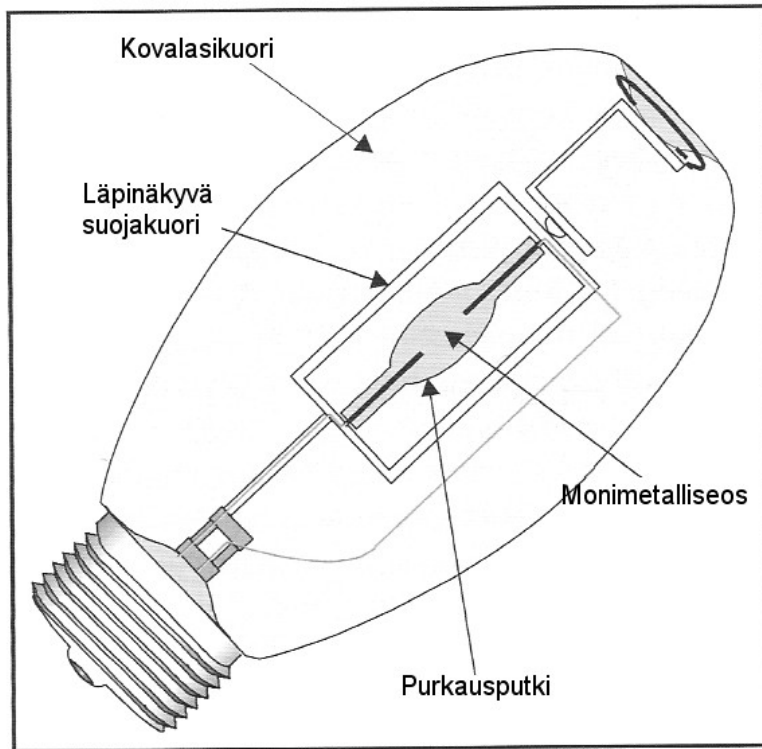
Yleensä käytetään alumiinioksidia, spineliä tai yttriumoksidia. Täytteenä putkissa on natriumin lisäksi elohopeaa ja ksenonia. Puskurikaasut ovat välttämättömiä lampun optimaaliselle toiminnalle. Ne muuttavat sähköistä ja termistä johtavuutta, mikä näkyy muutoksina sähkökentän voimakkuudessa ja plasman lämpötilassa. Puskurikaasuja käytetään, koska ne lisäävät putken painetta ja siten putkesta voidaan tehdä lyhyempi kuin pelkän natriumin avulla. Suuressa paineessa valontuotto on suurempi. Purkausputki on tuettuna lampun sisälle erityisellä tukirakenteella. Lampun ulkokupu on tehty kovalasista. /2, s.235/

Lampun elinikä on yleensä 10000 – 24000 tuntia. Ikävästi parhaimman värintoiston omaavat lamput ovat lyhytikäisimpiä. Lampun säätäminen on mahdollista rajoitetusti. Säätövara on parhaimmillaan 30 – 100 %, mutta mikäli halutaan pitkäaikaisempaan käyttöön säätöä, on alueena 50 – 100 %. Säätö on tehtävä siten, että ensin nostetaan lamppu täyteen arvoon ja säädetään hitaasti kohti haluttua aluetta, jotta lamppu ei sammuu. Himmentäminen saattaa lyhentää lampun elinikää. /1, s.135; 2, s.314/

### 5.5.3 MONIMETALLILAMPUT

Monimetallilamppua voidaan pitää muunneltuna elohopealamppuna. Lamput on elohopean rinnalle lisätty halogeeniyhdisteitä. Yleensä ne olivat maametallien ja jodin yhdisteitä. Eri metallit antavat lamput erisävyistä valoa. Monimetallilamput toimii melkein samanlainen kierto prosessi kuin halogeenilamput, sillä korkeassa lämpötilassa metallihöyryt yhdistyvät halogeeniin ja kulkevat konvektion mukana kohti kaaripurkausta, joka hajottaa yhdisteet. Yhdisteiden hajottua metalli säteilee omalla ominaistajuuksellaan valoa. Tämän jälkeen höyry kulkee kohti kylmempää aluetta, missä se taas yhdistyy halogeeniin ja kierto jatkuu.

Monimetallilamppujen valotehokkuus on 75 – 125 lm/W ja värinistöindeksi parempi kuin elohopealampuilla. Monimetallilamppujen värinistöindeksi on välillä 65 – 90. Värilämpötila vaihtelee 3000 – 6000 K:n välillä. Lampun elinikä on 6000 – 20000 riippuen lampun tehosta, joka voi vaihdella 35 ja 20000 W:n välillä. Kuvassa 5.13 esitellään monimetallilampun rakenne. /1, s.136; 2, s.257/



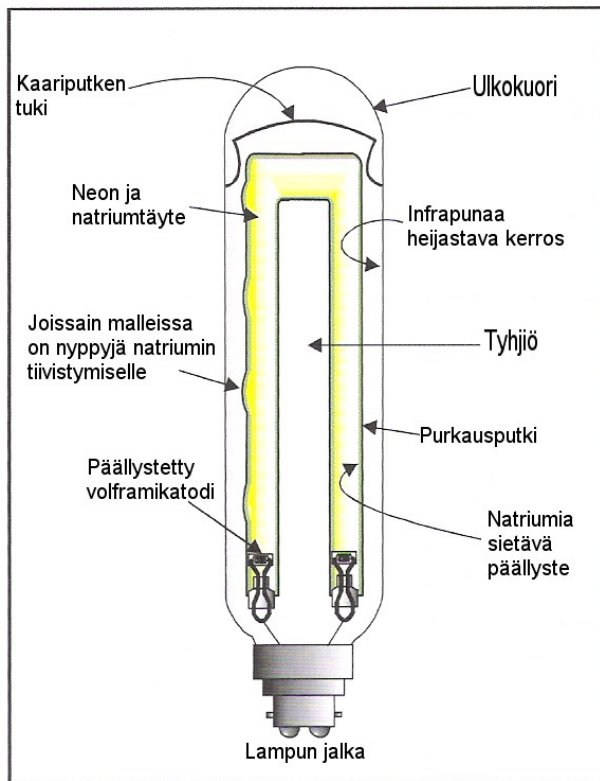
Kuva 5.13 Monimetallilamppu /1, s.137/

Monimetallilamppuja on kaksikantaisia ja kierrekantaisia, joiden kantakoko on E27 tai E40. Monimetallilamppuja käytetään erilaisissa valonheittimissä ja kohdevalaistuksessa. Pienitehoisia kaksikantalamppuja voidaan käyttää myös epäsuorassa yleisvalaistuksessa toimisto- ja liiketiloissa. Lamppuja voidaan myös rajoitetusti säätää. Säätäminen muuttaa valon väriä voimakkaasti, joten lamppu ei sovellu erityisen hyvin säädinkäyttöön. Säätämistä voidaan kuitenkin lampussa teknisesti toteuttaa alueella 50 – 100 %. /2, s.314/

#### 5.5.4 PIENPAINENATRIUMLAMPUT

Pienpainenatriumpurkauksen toimintaperiaate on samanlainen kuin pienpaineisen elohopeapurkauksen. Kummassakin lampussa on alhaisessa paineessa olevaa metallihöyryä jalokaasussa. Natriumin korkeamman sulamispisteen vuoksi purkausputken lämpötila on korkeampi. Sen vuoksi se on eristetty ympäristöstään tyhjiöputken sisään. Pienpainenatriumlampun purkausputken paine on 0,1 Pa ja purkaus tapahtuu natriumhöyryssä paineen ollessa muutamia satoja pascalleita. Purkausputken lämpötila on silloin 260 C astetta ja siinä saavutetaan säteilyn maksimilämpötila. Natriumin käyttö lampussa on hyödyllistä siksi, koska silmän spektriherkkyyden huippu, 555 nm, on hyvin lähellä natriumin säteilyn, 589 nm, aallonpituutta.

Purkauksessa elektronien törmäykset virittävät ja ionisoivat atomeja, jotka sitten ajautuvat sähkökentän voimasta putken seinämälle. Siellä natriumionit yhtyvät neutraaleiksi ja palaavat purkaukseen. Virtaa kasvatettaessa neutraalien atomien määrä purkauksen keskiosassa vähenee ja se aiheuttaa valotehokkuuden heikkenemisen, joten virran on pysyttävä rajoitetulla alueella. Kuvassa 5.15 on esitetty pienpainenatriumlampun rakenne. /2, s.270/

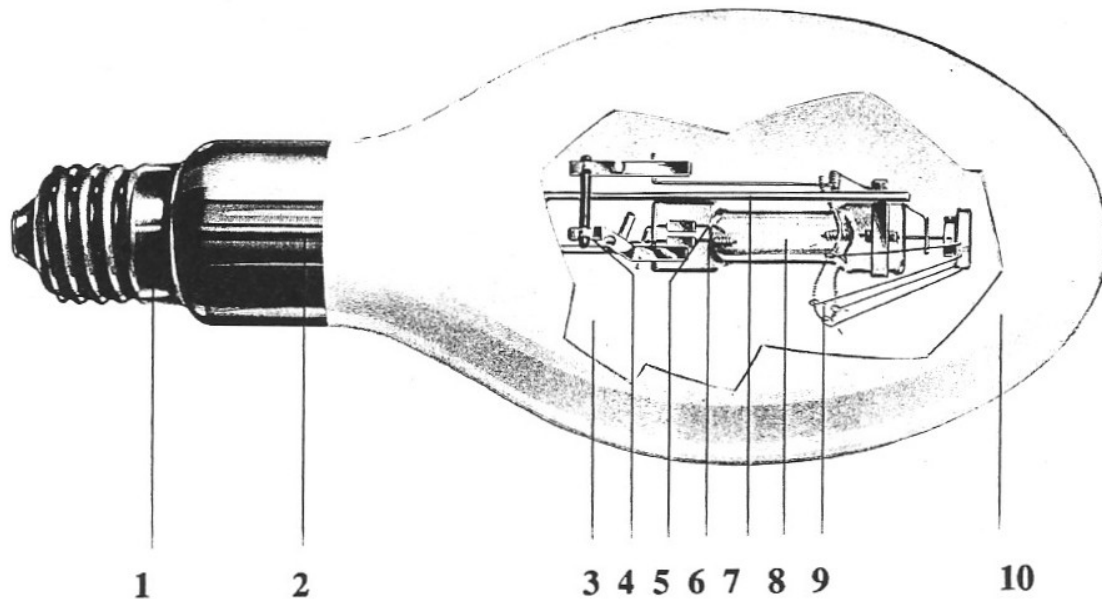


Kuva 5.15 Pienpainenatriumlampun rakenne /1, s.133/

Pienpainenatrium on kaikista valotehokkain lamppu mitä on saatavilla. Sen valotehokkuus on jopa 150 – 200 lm/W. Käytettävät tehot vaihtelevat välillä 18 – 180 W. 180 W:n lampulla saadaan valovirtaa jopa 33000 lm. Lampun värin vuoksi se ei kuitenkaan sovellu moniin käyttötarkoituksiin, mutta esimerkiksi tievalaistukseen se sopii tehokkuutensa vuoksi oikein hyvin. Muita käyttöalueita ovat pysäköintialueet, julkisivuvalaistus ja rikoksenehkäisyvalaistus. Lamppujen käyttö on jäämässä pois juuri sen huonojen värinvalaistus-ominaisuuksien vuoksi. Pienpainenatriumlamppua ei kannata säätää, sillä sen elinikä lyhenee alitehoisena. Lampun elinikä on 16000 – 23000 tuntia. /1, s.133; 2, s.277/

## 5.5.5 SEKAVALOLAMPUT

Sekavalolamppu on lamppu, jossa valo tuotetaan monella eri menetelmällä yhtä aikaa. Lampussa on hehkulankakierukka, joka toimii virranrajoittimena polttimolle ja poistaa tarpeen erilliselle virranrajoittimelle. Polttimosta tuleva ultraviolettivalo muutetaan lampun pinnalla olevan loisteaineen avulla näkyväksi valoksi. Lampussa valoa tuottavat siis hehkulanka, polttimo ja loisteainekerros, joissa kaikissa osissa se tapahtuu eri menetelmällä. Kuvassa 6.16 on esitetty sekavalolampun rakenne.



Kuva 6.16 Sekavalolampun rakenne. 1) Kierrekanta 2) sisäänvientijohdin 3) loisteaine 4) sytytysvastus 5) apuelektrodi 6) pääelektrodi 7) tuki 8) purkausputki 9) hehkulanka ja 10) ulkokupu. /2, s.278/

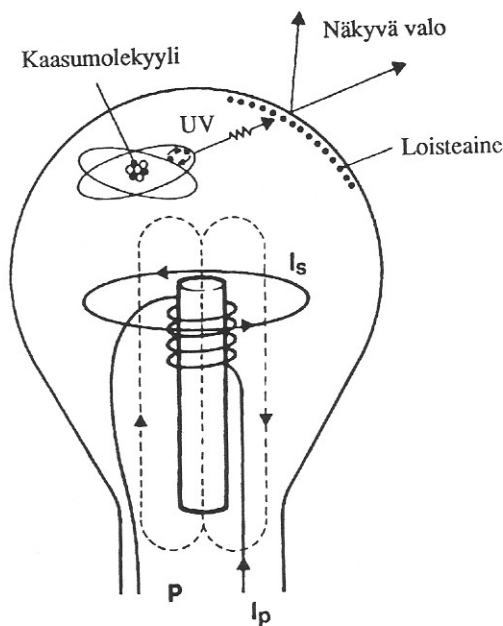
Lampun polttimo on samanlainen purkausputki kuin elohopealampussa. Lampun hehkulanka on kierrettyä polttimon ympärille yksöiskierukalla siten, että se avustaa polttimon lämpenemistä ja kuumana pysymistä. Ulkokupu on tehty samanmuotoiseksi kuin elohopealampuissa. Kuvun sisäpinnalla oleva loisteaine toimii valontuoton lisäksi valoa tasoittavana tekijänä. Se tasoittaa kahta erilaista spektrijakaumaa omaavaa säteilyä. Sen itsensä säteilemä valo on punaisen väristä.

Toiminta on hyvin samankaltainen kuin elohopealampuissa. Alussa purkauksen vastus on hyvin pieni, joten lampun syttymisvirta on suuri ja ainoana valoa lähettävänä osana silloin on hehkulanka. Polttimon lämmitessä virta pienenee ja polttimon säteily vahvistuu. Samanaikaisesti hehkulangan lämpötila laskee ja säteily pienenee. Valonväri muuttuu hehkulampun lämpimänvalkoisesta sinertävänvalkoiseksi. Muutaman minuutin kuluttua saavutetaan lopullinen tilanne, jossa polttimon antama valovirta on 70 % lampun antamasta virrasta. Lamppu vaatii muutaman minuutin jäähtymisen, mikäli sammutetaan, koska se ei syty kuumana.

Sekavalolampun valotehokkuus on 30 – 70 % suurempi kuin saman tehoisella elohopealampulla. Valotehokkuus jää silti elohopealamppuja pienemmäksi, sillä lamppuja on poltettava matalammalla lämpötilalla johtuen hehkulangan höyrystymisestä, jotta lampun polttoikä saadaan pitemmäksi. Lampun elinikä on noin 6000 tuntia, riippuen sytytysten taajuudesta. Tiheä sytytystaajuus rasittaa hehkukierukkaa suuren sytytysvirran vuoksi. /2, s.277/

## 5.5.6 INDUKTIOLAMPUT

Induktiolampuissa valo tuotetaan sähkömagneettisen induktion ja kaasupurkauksen avulla. Lampussa ei ole lainkaan hehkulankaa tai elektrodeja vaan siinä on induktiokela, joka aiheuttaa suurtaajuisen energiavirran pienpaineiseen elohopeakaasuun. Suuren taajuuden tuottamiseksi lamppu tarvitsee ulkoisen suurtaajuusvirtalähteen. Induktiolampun toimintaperiaate näkyy kuvassa 5.17.



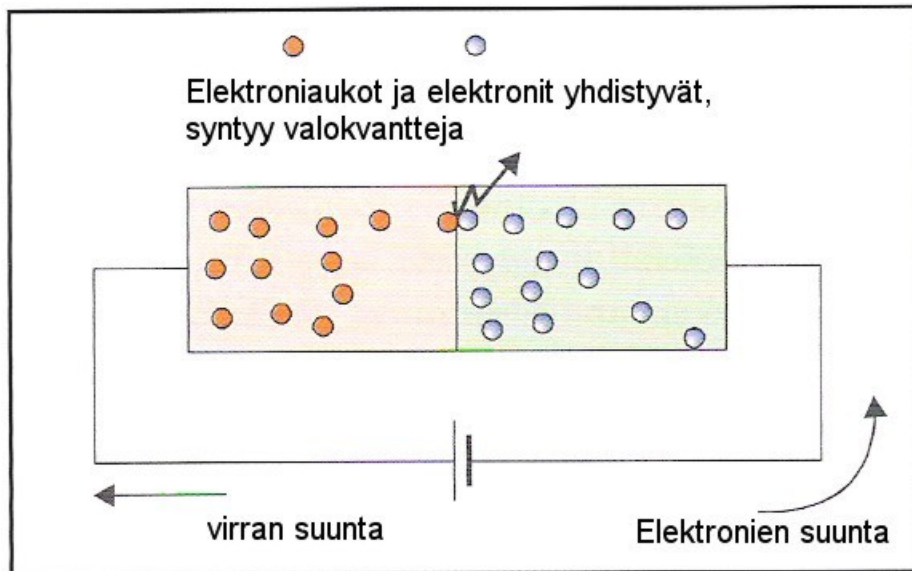
Kuva 5.17 Induktiolampun toimintaperiaate /2, s.281/

Induktiolampussa sähkövirta ionisoi pienpaineisen täytöskaasun. Se synnyttää kaasussa ultraviolettisäteilyä, joka muutetaan lampun kuvun sisäpinnalla olevan loisteaineen avulla näkyväksi valoksi. Koska lampussa ei ole lainkaan kuluvia osia lampun käyttöikä on huomattavan pitkä, jopa 80000 tuntia. /3; 2, s.280/

## 5.5.7 LED

LED, eli valoa säteilevä diodi, on puolijohdekomponentti, joka kykenee säteilemään lähes monokromaattista valoa. LEDejä on käytetty merkkivaloina elektroniikassa jo pitkään, mutta niillä ei ole ollut varsinaista käyttöä valaistuksessa niiden heikon valontuoton vuoksi. Alussa LEDien valotehokkuus oli jopa vain 0,01 lm/W. Tilanne on nykyään muuttunut rajusti. On kehitetty LEDejä, joiden kirkkaus alkaa olla jo valaistukseenkin sopivalla tasolla. Nykyään tehokkaimmat LEDit ovat punaisia tai vihreitä ja niiden valotehokkuus on 13 – 25 lm/W. Ongelmana silti on valon väri. Eriväriset LEDit toimivat hyvin koristevalaistuksessa ja merkkivaloina, mutta niiden käyttö yleisessä valaistuksessa ei ole toimiva.

Tämän vuoksi on kehitetty erilaisia keinoja valkoisen valon tuottamiseen. Yhtenä tapana on ollut laittaa kolmea eriväristä LEDiä, joiden aallonpituudet ovat 470, 525 ja 626 nm yhteen pakettiin. Tällä pystytään tekemään valkoista valoa tuottava lamppu, mutta käytännössä se ei ole ollut kovin toimiva idea. Toisena keinona on käytetty kirkasta sinistä LEDiä, jonka ympärillä on keltainen fluoresoiva fosforikerros. Tällä hybridiLEDillä saadaan sinertävän valkoinen valo, jonka valon väri on 6500 ja 8500 K:n välillä. Valotehokkuutta on 10 – 18 lm/W ja tämän tyyppisen LEDin polttoikä on noin 10000 tuntia johtuen fosforin käyttöiästä.

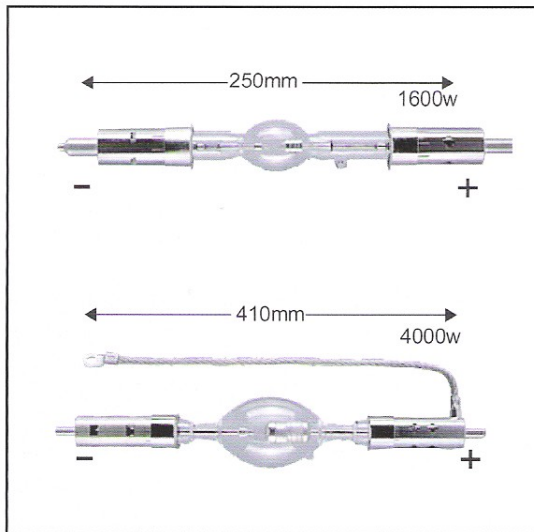


Kuva 5.18 LEDin toimintaperiaate /1, s.153/

LED – lamppujen kehitys jatkuu vieläkin tehokkaasti, sillä LEDin teoreettinen valotehokkuus on 75 – 500 lm/W, joten varaa kehittämisessä vielä on. Ongelmana LEDin valontuotossa on säteilyn saaminen ulos LEDistä, sillä suurin osa säteilystä heijastuu LEDin sisällä takaisin ja absorboituu sinne. LEDin säätäminen onnistuu helposti virtaa säätämällä, mutta tämä myös muuttaa hieman valon väriä. Tällä tavoin säädettyä LEDiä pystytään säätämään 10 %:n asti. Toinen keino LEDin säätämiseen on pulssinleveyden muuttajalla (PWM), jolla pystytään pääsemään jopa 0,01 % himmennykseen saakka. /1, s.153/

### 5.5.8 KSENONLAMPUT

Ksenonlamput (kuva 5.19) ovat purkauslamppuja, joiden säteilevänä aineena on ksenon. Säteilyteho ksenonlamppuissa ulottuu tasaisena koko näkyvän valon alueelle, joten valo muistuttaa väriltään ja värinistö-ominaisuuksiltaan paljon päivänvaloa. Yleisvalaistuksessa lamppuja ei paljon käytetä niiden pienen valotehokkuuden vuoksi. Lamppujen valotehokkuus on 20 – 30 lm/W. Lamppuja käytetään lähinnä valonheittimissä ja elokuvaprojektoreissa. Suuritehoiset lamput voivat olla jopa 20 kW:n tehoisia. Pienitehoiset mallit ovat lyhytkaarilamppuja ja suuritehoiset ovat pitkäkaarilamppuja. /2, s.280/



Kuva 5.19 Eritehoisia ksenonlamppuja /1, s.140/

### 5.5.9 HOHTOLAMPUT

Hohtolamput (kuva 5.20) ovat pienikokoisia purkauslamppuja, joissa toinen elektrodi on kupin ja toinen renkaan muotoinen. Lamppujen täytöskaasuna on yleensä neonkaasu, jonka punainen valo näkyy vain lyhyessä elektrodivälissä. Vaihtovirtakäytössä hohtovalo peittää vuorotellen kummankin elektrodin pinnan. Lampun virranrajoittimena käytetään yleensä ohmista vastusta. Hohtolamppu on hyvin pitkäikäinen ja sitä käytetään lähinnä merkkivaloina, joihin niiden valovoima on riittävä. /2, s.280/



Kuva 5.20 Hohtolamppu merkkivalona käytävässä

## 5.6 YHTEENVETO LAMPUISTA

Taulukko 5.1 Erilaisten lamppujen vertailu

	SÄÄDETTÄVYYS	VÄRI	ELINIKÄ	VALOTEHOKKUUS	ULKO	SISÄ
HEHKULAMPUT	HELPPO	OK	LYHYT	HEIKKO	O	O
HALOGEENIT	HELPPO	HYVÄ	LYHYT	KESKIVERTO	X	O
LOISTELAMPUT	HELPPO	HYVÄ	PITKÄ	SUURI	X	O
ELOHOPEALAMPUT	HUONO	RAJOITETTU	PITKÄ	SUURI	O	O
SUURPAINENNATRIUMLAMPUT	HUONO	HUONO	PITKÄ	SUURI	O	X
MONIMETALLILAMPUT	RAJOITETTU	HYVÄ	PITKÄ	SUURI	O	O
PIENPAINENNATRIUMLAMPUT	EI	HUONO	PITKÄ	ERITTÄIN SUURI	O	X
SEKAVALOLAMPUT	HUONO	HYVÄ	KESKIVERTO	SUURI	O	X
INDUKTIOLAMPUT	EI	HYVÄ	ERITTÄIN PITKÄ	SUURI	O	O

### Hehkulampun ominaisuuksia:

- sopivat hyvin tiloihin, joissa lyhyet polttoajat
- ovat helposti säädettäviä
- edullinen hankintahinta ja edulliset valaisimet
- heikko valotehokkuus
- lyhyt polttoikä
- ei sovi tiloihin, joissa lampunvaihto on vaikeaa

/3/

### Halogeenilampun ominaisuuksia:

- sopivat hyvin kohdevalaistukseen
- valonsäätö kohtalaisen helppoa
- hyvä värintoisto ja valon hallinta (optiikka)
- valonsäädössä muuntajien oltava yhteensopivat
- suhteellisen lyhyt polttoikä
- korkea pintalämpötila ja langan suuri luminanssi

/3/

### Loistelamppujen ominaisuuksia:

- sopivat hyvin yleisvalaistukseen
- sisäkäyttöön
- helposti säädettäviä
- pitkäikäisiä; paikkoihin, jossa lampunvaihto on vaikeaa
- suuri valoteho, pieni lämmöntuotto ja laaja sävyvalikoima
- valonsäätö vaatii erikoisvalaisimen, jossa elektroninen liitäntälaite

/3/



**Elohopealamppujen ominaisuuksia:**

- sopii parhaiten ulkokäyttöön
- kohtuuhintaiset lamput ja valaisimet
- pitkä polttoaika
- rajoitettu värintoisto
- pitkä sytytys- ja jälleensytytysaika
- huono säädettävyys

/3/

**Suurpainenatriumlampun ominaisuuksia:**

- sopii hyvin tie- ja katuvalaistukseen
- keltaisten, punaisten ja ruskeiden sävyjen valaistukseen
- suuri valotehokkuus ja suuret valovirta-arvot
- lämmin sävy valolla
- pitkä polttoikä
- lamput ovat hyvin hintavia
- pitkä sytytys- ja jälleensytytysaika

/3/

**Monimetallilamppujen ominaisuuksia:**

- sopii hyvin yleisvalaistukseen, sisä- ja ulkotiloihin sekä korkeisiin tiloihin
- suuri valotehokkuus ja valovirta-arvot
- pitkä polttoikä
- hyvä valonhallinta ja värintoisto
- valonsäätö toimii rajoitetusti
- pitkä sytytys- ja jälleensytytysaika
- lamppujen hinta korkea

/3/

**Pienpainenatriumlamppujen ominaisuuksia:**

- pitkä elinikä
- ei voi säätää
- suuri valoteho
- huono värintoistoindeksi

**Sekavalolampun ominaisuuksia:**

- ei tarvitse erillistä virranrajoitinta
- hyvä värintoisto
- tasainen valo
- keskiverto polttoikä

/2, s.278/

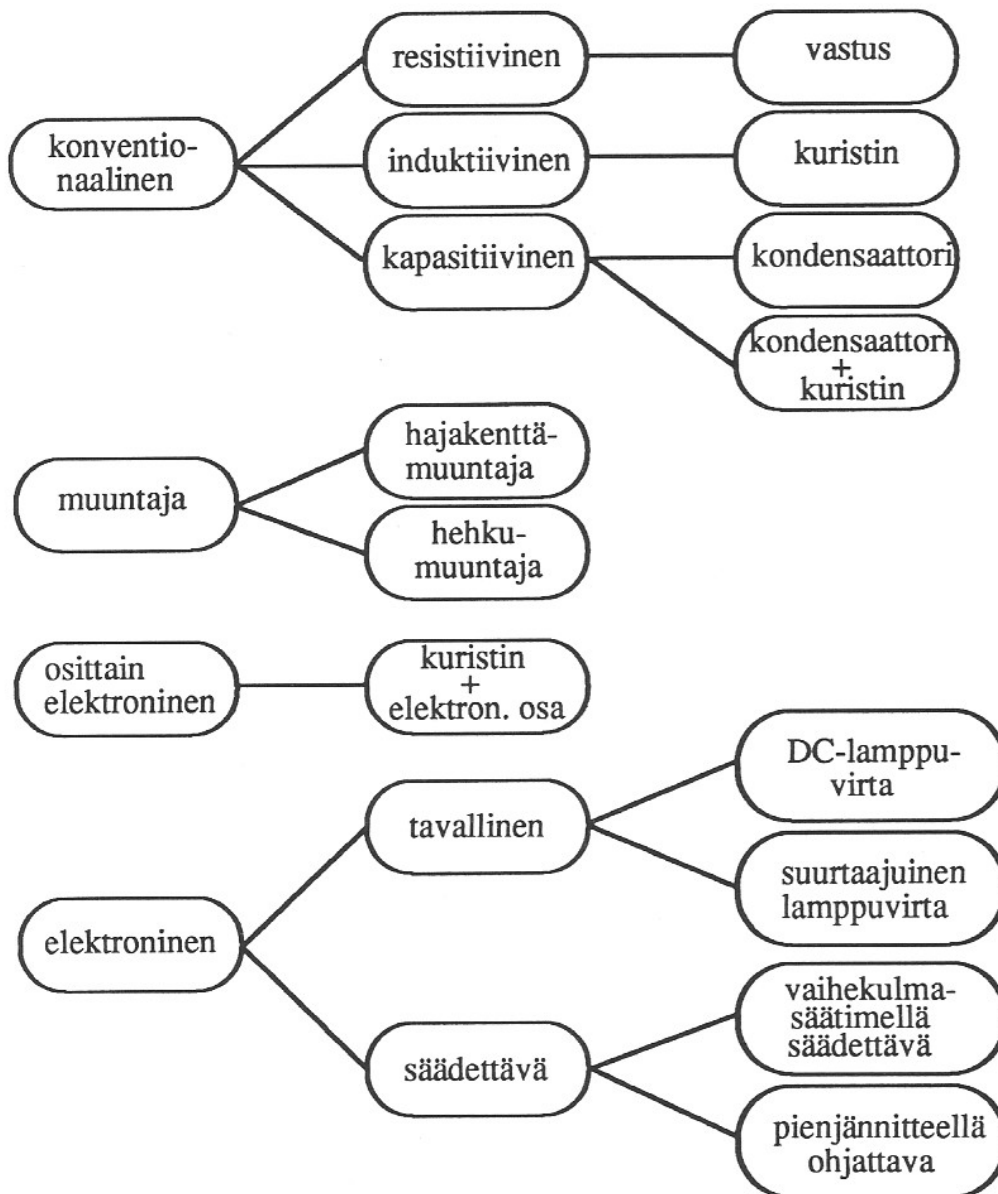
**Induktiolampun ominaisuuksia:**

- sopii hyvin yleisvalaistukseen, korkeisiin paikkoihin ja myös ulkotiloihin
- suuri valotehokkuus
- hyvä värintoisto ja paljon eri väri vaihtoehtoja
- syttyy välittömästi, eikä tuota paljon lämpöä
- erittäin pitkäikäinen
- valonsäätö ei ole mahdollista

/3/

## 5.7 LIITÄNTÄLAITTEET

Kaikki purkauslamput tarvitsevat jonkinlaisen liitäntälaitteen, jotta lampun läpi kulkevaa virtaa voidaan rajoittaa, eikä lamppu pääse tuhoutumaan. Lisäksi useimmat purkauslamput tarvitsevat syttymisavuksi erityisen sytyttimen. Liitäntälaitteet jaetaan toimintaperiaatteen ja rakenteen mukaan kuvan 5.21 mukaisesti. /2, s.289/



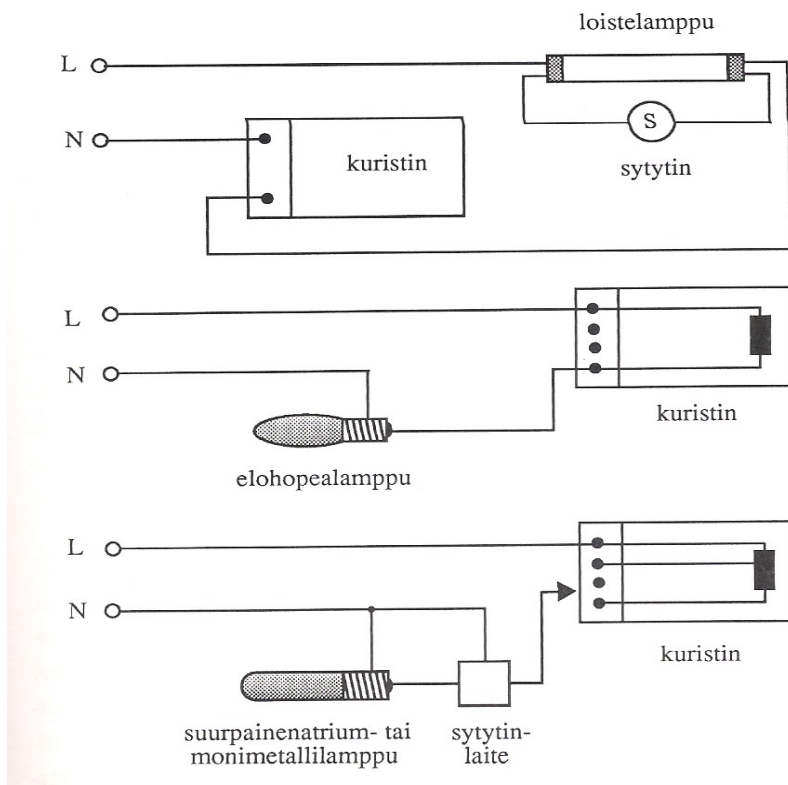
Kuva 5.21 Purkauslamppujen liitäntälaitteiden jako tyypeittäin /2, s.289/

### 5.7.1 TAVANOMAISET LIITÄNTÄLAITTEET

Vastusta ei yleensä käytetä purkauslamppujen liitännälaitteena sen suuren häviötehon ja huonon lamppuvirran muodon vuoksi. Ainoana varsinaisena rajoittimena vastus toimii sekavalolampun hehkulankana, jossa se samalla säteilee valoa.

Kondensaattorin käyttö verkkotaajuudella on myös täysin sopimaton sen aiheuttamien suurien lataus- ja purkausvirtojen vuoksi. Suurilla taajuuksilla kondensaattoria voi käyttää, varsinkin jos sen rinnalle liitetään pieni vastus.

Yleisin käytetty liitännälaitte purkauslamppuille on kuristin. Kuristimen etuja ovat halpa ja yksinkertainen rakenne, sekä toimintavarmuus. Kuvassa 5.22 on esitetty yleisimpiä kuristinkytkentöjä.



Kuva 5.22 Purkauslamppujen yleisimmät kuristinkytkennät /2, s.291/

Kuristimessa kuparilanka on kääritty kelarungolle ja runkoon on asennettu rautasydän, joka on koottu ohuista metallilevyistä. Sydämessä oleva ilmaväli parantaa sähköisiä ominaisuuksia ja vähentää magneettista kyllästymistä. Kuristin päällystetään lakalla, hartsilla tai massalla. Päällystäminen parantaa laitteen eristystä, sähköistä kestävyyttä, lämmönjohtavuutta ja se vähentää ääniä, joita laitteesta lähtee.

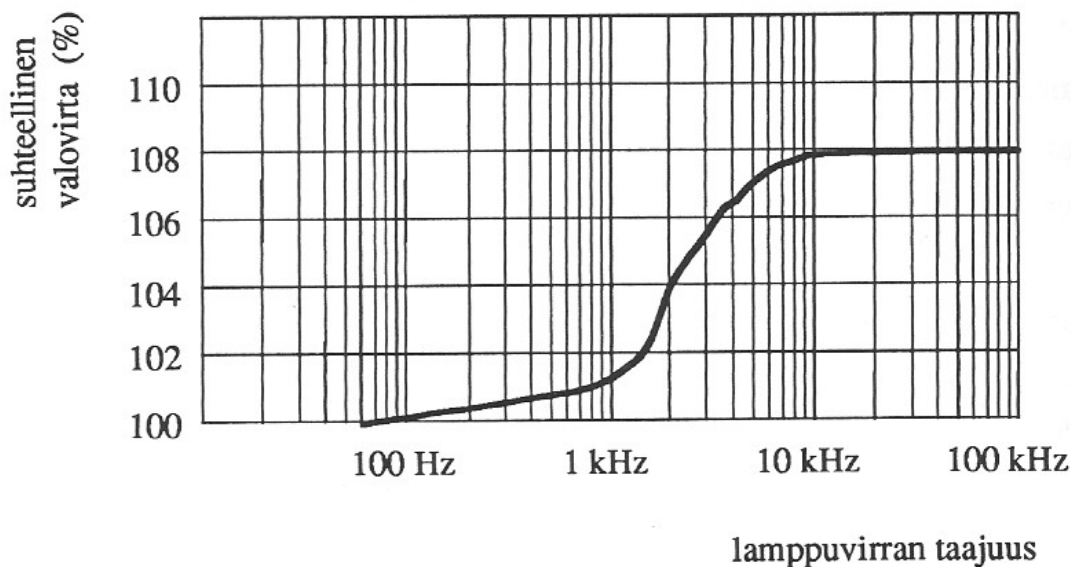
Virranrajoittimena voidaan käyttää myös kondensaattorin ja kelan sarjakytkentää. Kondensaattori mitoitetaan siten, että koko piirin impedanssi on yhtä suuri kuin kuristimen impedanssi, mutta vaihesiirto on kapasitiivinen. Tämä saa aikaan sen, että valovirta ei paljon vaihtele, vaikka verkkojännite heilahtelisikin. Se tosin vähentää katodien hehkutusta ja siten lyhentää lampun elinikää. /2, s.291/

## 5.7.2 ELEKTRONISET LIITÄNTÄLAITTEET

Elektroniset liitännälaitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Toiset on tarkoitettu käytettäväksi ainoastaan tietyn tyyppisten suurtaajuuslamppujen kanssa. Toiset taas on tarkoitettu käytettäväksi standardilamppujen kanssa. Yhdellä liitännälaitteella voidaan ohjata 1 – 4 lamppua. Elektroninen liitännälaitte korvaa kuristimen, sytyttimen sekä kompensointi- ja radiohäiriökondensaattorin. Liitännälaitte sisältää taajuusmuuttajan, joka muuttaa verkkotaajuuden jännitteen suurtaajuiseksi. /2, s.301/

Elektronisilla liitännälaitteilla voidaan myös kasvattaa lamppujen valotehokkuutta nostamalla syöttöjännitteen taajuutta korkeammaksi. Kuvassa 5.23 näkyy valontuoton riippuvuus taajuudesta. Laitteen käyttämä taajuus on 20 – 50 kHz, joten se ei kuulu ihmiskorvaan, eikä aiheuta välkyntää lamppuissa. Laitteissa on myös automaattinen valvontapiiri, joka sammuttaa vialliset lamput. Sen ansiosta vanhat putket eivät jää välkkymään. Lisäksi laitteella voidaan kompensoida verkkojännitteen vaihtelut ilman, että se näkyy valotasossa. Lampun sytyttäminen tapahtuu liitännälaitteen avulla täysin ilman välkkymistä. /2, s.300/

Lampun syttyminen ja palaminen on kontrolloitu liitännälaitteella hyvin, joten lampun elinikä saadaan tavanomaisia laitteita käyttäviä lamppuja pitemmäksi. Elektronisen liitännälaitteen tehokerroin on 0,95 ja loistelampun tehokerroin suurella taajuudella lähes 1,0. Laitteesta ei tule äänihäiriöitä, mutta se aiheuttaa verkkovirtaan harmonisia yliaaltoja ja maahan vuotovirtoja. /2, s.299/



Kuva 5.23 Loistelampun valontuoton riippuvuus taajuudesta /2, s.300/

Loistelampun elektroniset liitännälaitteet voidaan myös jaotella säädettävyyden mukaan. Tavalliset elektroniset liitännälaitteet eivät sovellu valonsäätöön, mutta vaihekulmasäätimellä säädetyllä jännitteellä syötettävät liitännälaitteet huolehtivat riittävästä hehkuvirrasta katodeilla, joten niitä voi käyttää myös matalalla valotasolla. Sen lisäksi on olemassa suoraan tasajännitteellä ohjattavia liitännälaitteita, jolloin ei tarvita edes erillistä säädintä. /2, s.302/

## 6 VALAISTUS JA SEN OHJAUS

Kun ihmiset aluksi saivat valon aikaan, he olivat tyytyväisiä siihen, että valoa on. Sen jälkeen tuli tarve kyetä säätämään tulevan valon määrää.

### 6.1 VALAISTUKSEN TARKOITUS

Ihmisen näkökeskeisen aistimisen vuoksi valaistus on tärkeä osa jokapäiväistä elämää. Valaistuksella voidaan lisätä turvallisuudentunnetta ja turvallisuutta monissa eri käyttökohteissa. Sen avulla voidaan myös parantaa ihmisen työsuorituksen laatua ja suoritusaikaa. Tämän vuoksi työpaikoilla onkin määrätty sisävalaistukselle erilaisia tasovaatimuksia, joissa valaistuksen taso määritellään eri työsuorituksille sopiviksi. Kotona valaistuksen tasoksi riittää, että asukas pystyy toimimaan normaalin elämän vaatimalla tavalla ilman ongelmia. Kotona on myös mahdollista haluta erilaisia tunnelmavalaisuksia eri tilanteisiin, kuten esimerkiksi elokuvien katseluun. Nykyaikaiset valaistuksenohjausjärjestelmät ovat mahdollistaneet tämänkin.



Kuva 6.1 Erilaisen valaistustilanteen aiheuttama muutos tilan ilmeeseen /1, s.433/

Valaistuksessa on myös otettava huomioon muitakin asioita kuin pelkkä valaistusvoimakkuus. On hyvin ikävää, jos esimerkiksi televisiota katsellessa valaisin on himmennetty ja huone muuten mukavan hämärä, mutta valaisimesta tulee häikäisyä silmille elokuvan katseluasennossa. Häikäisy onkin yksi tärkeimpiä asioita valaistusta suunniteltaessa. Häikäisy täytyy ottaa huomioon myös turvallisuuden vuoksi. Myös valon eri värilämpötila ja värintoistoindeksi vaihtelevat erilaisilla valonlähteillä ja pintamateriaaleilla. Valaistuksensuunnittelussa suunnittelijan täytyykin ottaa huomioon monia eri asioita tarjotessaan asiakkaalle ehdotuksia.

## 6.2 SFS EN 12464-1 ” Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus”

### 6.2.1 VALAISTUKSEN VAATIMUKSET

Työturvallisuuslain (738/2002) mukaan työpaikalla tulee olla työn edellyttämä ja työntekijöiden edellytysten mukainen sopiva ja riittävän tehokas valaistus. Erityyppisille työtehtäville määritellyt valaistusvaatimukset on koottu yhteiseurooppalaiseen standardiin SFS EN 12464-1. /3, s.442/

Suomessa standardi SFS EN 12464-1 vahvistettiin vuonna 2003. Siinä määritellään sisätyötilojen valaistusvaatimuksia näkömukavuuden ja –tehokkuuden tarpeista. Standardi ei esitä valmiita ratkaisumalleja kulloiseenkin tilanteeseen, joten se ei ole rajoittavana tekijänä suunnittelijan työssä, eikä estä soveltamasta erilaisia uusia ratkaisumalleja tilanteisiin. Standardissa määritellään erikseen työkohteen ja sen välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuudet, sekä näiden tasaisuusvaatimukset.

Välitön työalue liitettiin standardin piiriin sen vuoksi, että suuret valaistusvoimakkuuden erot työalueen lähipiirissä saattavat aiheuttavaa näköväsymystä ja epämukavuuden tunnetta. Taulukossa 6.1 on esitetty välittömän lähiympäristön, eli työaluetta ympäröivän 0,5 m levyisen alueen vaadittavat valaistusvoimakkuudet. Välittömän lähiympäristön kokoa tulee kasvattaa, kun itse työalue on pieni, työ on liikkuvaa tai jos työalueella esiintyy suuria valaistusvoimakkuuksia./3 s.443; 8/

Standardissa edellytetään myös sopivan valaistusjärjestelmän, laitteiden ja ohjaustavan valintaa sekä luonnonvalon hyödyntämistä. Energiansäästö ei kuitenkaan saa aiheuttaa puutteita näkemisen ja turvallisuuden kannalta./8/

Taulukko 6.1 Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuudet /3/

Valaistusvoimakkuus työalue ( $E_{ka}$ )	Valaistusvoimakkuus välitön lähiympäristä ( $E_{ka}$ )
> 750 lx	500 lx
500 lx	300 lx
300 lx	200 lx
< 200 lx	E työalue
Tasaisuus ( $E_{min} / E_{ka}$ ) > 0,7	Tasaisuus ( $E_{min} / E_{ka}$ ) > 0,5

### 6.2.2 TURVALLISUUS

Valaistuksen tehtävänä turvallisuuden kannalta on vähentää virhearvioiden määrää ja auttaa korostetusti näkemään vaaraa aiheuttavat kohteet sekä korostettava turvallisuusmerkkien näkyvyyttä. Sen on myös vähennettävä liikenteen ja liikuteltavien esineiden tai laiteosien aiheuttamia turvallisuusriskejä ja toimittava turvallisuutta edistävänä varavalaistuksena sähköhäiriöiden aikana. Työturvallisuus paranee, kun kiinnitetään huomiota tiettyihin seikkoihin valaistusta suunniteltaessa. Tällaisia ovat pintojen kiillot ja heijastukset, sekä häikäisy ja

valaistuksen aiheuttamat näköharhat. Myös varjonmuodostuksen puute tai harhauttava varjonmuodostus on otettava huomioon. Näiden lisäksi erilaisten valonlähteiden aiheuttamat värivärästymät ja jälkikuvailmiöt täytyy miettiä tarkkaan, jotta valaistuksesta saa suunniteltua turvallisen. Ihmissilmän mukautumiskyvystä johtuva viive on myös syytä ottaa huomioon. Tämä tapahtuu suunnitteleamalla tasainen valaistus, jossa kontrastierot eri alueiden välillä ei pääse kasvamaan liian suureksi. /4, s.18/

Erilaisissa tehtävissä tarvitaan erilaisia tehtäväkohtaisia suosituksia siitä millaisia tilojen valaistusten tulisi olla kullekin työtehtävälle. **Tehtäväkohtaiset suositukset ovat liitteenä (liitteet 1 ja 2) tämän työn lopussa. Taulukot ovat otteita standardista SFS EN 12464-1. /3/**

### 6.2.3 HÄIKÄISY JA LUMINANSSITASAISUUS

Valaistusvoimakkuuksien lisäksi standardissa määritellään häikäisysojakuilmavaatimuksia erilaisille lampun luminanssiarvoille. Siinä myös määritellään erilaisille työtilakategorioille kiusahäikäisyn maksimiarvot, jotka valaistussuunnitelmassa tulee esittää. Näköergonomisen valaistuksen edellytyksenä on, että näkökohteen sijainti ja muoto suhteessa valon tulosuuntaan eivät aiheuta kiusa- tai estohäikäisyä.



Kuva 6.2 Estohäikäisy/g/

Häikäisyä (kuva 6.2) esiintyy silloin, kun näkökentän luminanssitaso tai luminanssijakauma on sopimaton tai muuttuu liian nopeasti. Häikäisy aiheutuu valaisimista tai päivänvalosta ja se voi tulla suoraan näkökenttään tai heijastua pinnoilta. Keinovalaisimien estohäikäisy voidaan vähentää käyttämällä tarpeeksi hyvin häikäisysojattuja valaisimia. Valaisimien rakenteellisille häikäisysojakuilmille onkin annettu raja-arvot ja ne ilmoitetaan valaisimissa.

Kiusahäikäisy (kuva 6.3) on sellaista häikäisyä, joka aiheutuu siitä, että valaisimen, lampun, auringon tms. luminanssi on suurempi, kuin mihin silmä on sopeutunut. Kiusahäikäisyn määrä riippuu häiritsevän kohteen luminanssista, sen koosta ja sijainnista näkökentässä. Kiusahäikäisyä voidaan pienentää kasvattamalla tilan pintojen luminanssia, sijoittamalla valaisimet lähemmäs seiniä ja valaisemalla seiniä erillisillä seinänpesijävalaisimilla sekä lisäämällä valaisimien ylävalon määrää. Kiusahäikäisy ilmoitetaan UGR-lukuna, joka voi vaihdella välillä 10-28. Porrastus on kolmen yksikön välein, sillä se on pienin havaittavissa oleva muutos. /3/





Kuva 6.3 Kiusahäikäisy/g/

Työtä tehdessä ei koko ajan katsota työkohdetta, vaan katse vaelttaa eri paikkojen välillä. Mikäli työympäristön eri alueilla on hyvin suuret luminanssierot, silmät joutuvat tekemään enemmän työtä sopeutuakseen koko ajan vaihtelevaan valoisuuden tasoon ja ne väsyvät nopeasti. Työpisteessä olevien pintojen luminanssilla on suuri merkitys näkemiselle ja tilavaikutelmalle. Taulukossa 5.3 on lueteltu sallitut heijastussuhteet eri pinnoille.

Luminanssijakauma näkökentässä määrittää kokonaan silmän kyvyn sopeutua eri valaistusvoimakkuuksiin. Mikäli työpisteen luminanssit ovat tasaiset, se kasvattaa työympäristön visuaalista selkeyttä, silmän kontrastiherkkyyttä ja silmän motoristen toimintojen tehokkuutta. Eri alueiden valaistusvoimakkuudet tulisi olla suhteessa 10:3:1. Eli näkökohteessa valaistus voimakkaimmillaan, lähiympäristö tulisi olla noin 1/3 siitä ja muualla näkökentässä 1/10. Vaikka ympäristö tulee valaista hyvin, se ei saa olla valoisa kuin työkohde, jotta näöntarkkuus yksityiskohtien erottamiselle säilyy. Standardissa on määritelty suosituksia, joita työympäristössä tulisi olla. /3/

Taulukko 6.2 Tilan pintojen suositeltavat heijastuskertoimet /3/

Tilan pinta	Heijastussuhde
Katto	0,6-0,9
Seinät	0,3-0,8
Työtasot	0,2-0,6
Lattia	0,1-0,5

## 6.2.4 POIKKEAMISMAHDOLLISUUDET

Vaikka standardissa määritellään tietyt suositusarvot, on niille myös vaihtoehtoinen pienempi ja suurempi arvo, mikäli poikkeaminen standardista saadaan tehdä. Arvoista tulee poiketa ylöspäin, kun, näkötehtävät ovat kriittisiä, virheen korjaus kallista ja työtehtävää suoritetaan poikkeuksellisen pitkäaikaisesti. Ylöspäin poikkeaminen on sallittua myös silloin, kun tehtävässä tarkkuus tai korkea tuottavuus on tärkeää, kohteen koko on pieni tai työntekijän näkökyky on tavallista heikompi. Alaspäin poikkeaminen on sallittua silloin, kun näkökohteen koko on suuri, sen kontrasti on tavallista parempi tai työtehtävää suoritetaan poikkeuksellisen lyhytaikaisesti. /3/

## 6.3 VALAISTUKSEN OHJAUS

Valaistuksen laatua arvioidaan sillä, miten valaisimet on asetettu, syntykö häikäisyä ja miten valo lankeaa pinnoille. On kuitenkin tilanteita, jolloin saman tilan valaistusta pitää voida vaihdella olosuhteiden myötä. Tällaisia tilanteita ovat päivänvalon vaihtelu, valaistun alueen toiminnan vaihtelu ja erityyppiset asiat, joita tilassa halutaan tehdä.

### 6.3.1 PÄIVÄNVALON HYÖDYNTÄMINEN

Päivänvalon hyödyntäminen tapahtuu valaistuissa tiloissa antureiden avulla, jotka tarkkailevat tilan valaistusvoimakkuutta ja säättävät lampun valovirtaa ylös- tai alaspäin riippuen asetetusta arvosta. Tämän järjestelmän avulla on mahdollista hyödyntää ilmaista luonnonvaloa menettämättä silti vaadittua valaistustasoa. Yleensä päivänvaloa hyödyntävä järjestelmä on kytketty liiketunnistimen yhteyteen. Tällaisella järjestelmällä saavutetaan hyviä säästöjä energian käytössä. Yleisimmin päivänvalo-ohjaimet säättävät loisteputkivalaisimia, niiden helpon säädön vuoksi ja energiataloudellisten säädettävien liitäntälaitteiden vuoksi. Kuvassa 6.4 on valoa aistivia sensoreita.



Kuva 6.4 Steinelin NightMatic – päivävaloantureita /1, s.407/

Järjestelmän toiminnan optimointi ei silti ole helppoa. Ongelmina voi olla anturin näkemän valon erilaisuus silmän havaitsemasta valosta, jolloin laitteen mielestä optimaalinen valo ei ihmisilmälle suinkaan ole sitä. Tämä voi johtaa siihen, että valaistustason säätö energiansäästämiseksi saattaa madaltaa valaistuksen alemmas kuin työturvallisuuden kannalta sopivaa. Ihmisillä on myös erilaiset mieltymyksen valoon ja siihen, että ei välttämättä itse voi vaikuttaa valaistusvoimakkuuteen. /1, s.345/

### 6.3.2 LÄSNÄOLOTUNNISTIMEN KÄYTTÖ

Valaistusta voi olla myös tarpeellista muuttaa, mikäli valaistun tilan käyttö ei vastaa asetettua valaistustasoa. Tähän tarkoitukseen läsnäolotunnistimet ovat toimiva ratkaisu. Läsnaolotunnistimet tarkkailevat tilaa ja tekevät havaitun liikkeen tai sen puutteen perusteella ratkaisun valaistuksen lisäämisestä tai vähentämisestä. Niitä voidaan käyttää myös alueen valvontaan turvallisuusmielessä. Kuvassa 6.5 on perinteinen infrapunatunnistin.



Kuva 6.5 Läsnaolotunnistin /1, s.410/

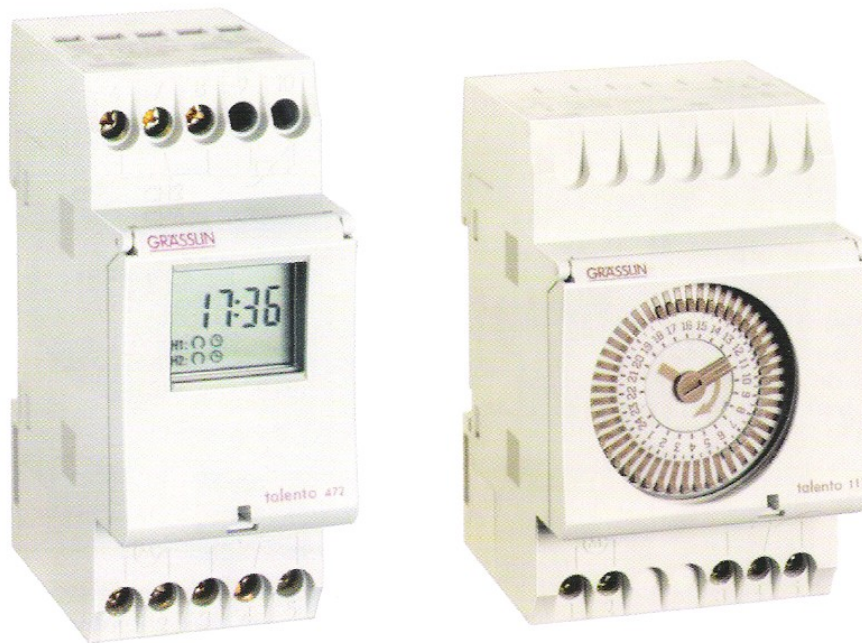
Tavallisimmin läsnäolotunnistimet ovat passiivisia infrapunatunnistimia (PIR). Ne voivat havaita läsnäolon jopa 20 metrin päästä. Ilmaisimiin on myös saatavilla linsejä, joilla voidaan kohdistaa tarkkailu haluttuun paikkaan. Tällä vältetään turhien kytkentöjen aiheuttamista. PIR – tunnistin vertailee tarkkailualueensa lämpösäteilyä. Mikäli säteilyssä tapahtuu muutoksia, laite tulkitsee sen liikkeeksi ja kytkee lisää valaistusta. Läsnaolotunnistimia on myös kehitetty ultraääni- ja mikroaaltotekniikoilla, niiden käyttö valaistuksenohjauksessa on kuitenkin vähäistä. Näiden laitteiden toiminta perustuu doppler-ilmiöön. Kaikkein kehittyneimmissä laitteissa, jotka ovat tarkoitettu esimerkiksi turvallisuuskäyttöön, käytetään kahta eri menetelmää rinnakkain (kuva 6.6). Sen tarkoituksena on saada mahdollisimman suuri käyttövarmuus ja luotettavuus laitteelle. /1, s.407/



Kuva 6.6 Yhdistetty ultraääni- ja infrapunatunnistin /1, s.410/

### 6.3.3 AJASTIMEN KÄYTTÖ

Valaistuksen säätäminen voi olla yksinkertaisimmillaan pelkän ajastimen käyttö. Tällaisissa tapauksissa valaistulle alueelle on määritelty kellonajat, jolloin valojen tulee syttyä ja sammua. Tämä tapa aiheuttaa myös ongelmia, mikäli aluetta halutaan käyttää määriteltyjen aikojen ulkopuolella. Ongelma on yleensä ratkaistu painikkeilla, joilla saadaan määritelty lisäaika valaistukseen. Kuvassa 6.7 on moottorikäyttöinen ja elektroninen ajastin.



a)

b)

Kuva 6.7 Grässlinin moottorikäyttöinen b) ja elektroninen a) ajastin /1, s.404/

### 6.3.4 YKSILÖLLINEN OHJAUS

Tavallisesti esimerkiksi toimistotiloissa henkilö voi ohjata valaistuksen päälle tai pois mieltymyksensä mukaan, tai nykyjärjestelmillä jopa säätää valaistustaso haluamukseen ilman, että muut häiriintyvät. Isoissa avokonttoreissa sen tyyppinen valonsäätö ei onnistu häiritsemättä muita. Tällaisissa konttoreissa on usein jonkinlaiset rakennusautomaatiojärjestelmät, joissa on asetettu erilaisia käyttäjätasojä. Yleisvalaistus on perustasolla ja henkilökohtaiset säädöt saadaan säädettyä omasta työpisteestä. Tällä ei saada säästöjä aikaan, mutta työntekijöiden viihtyvyys pysyy parempana.

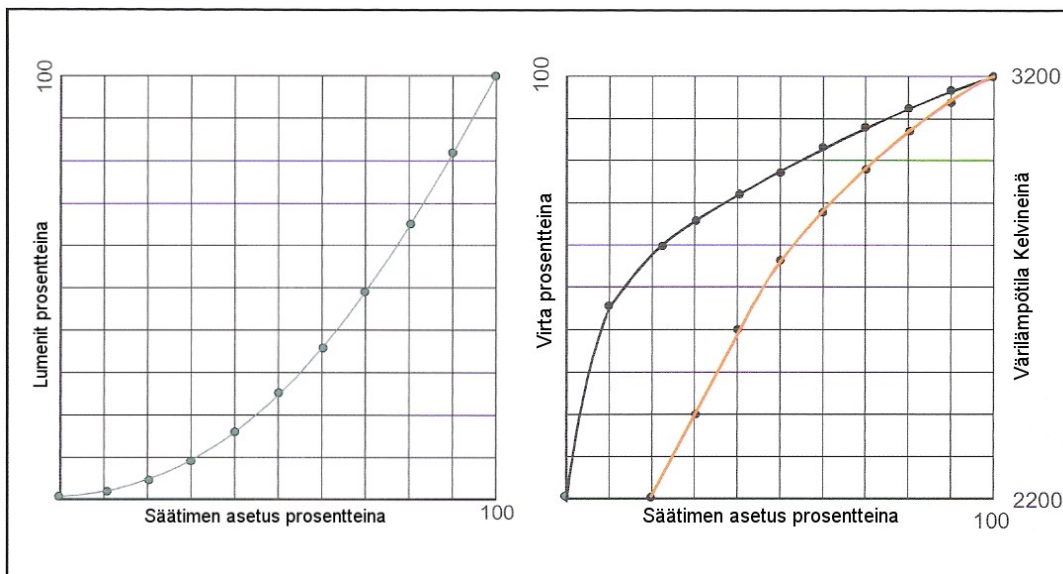
## 7 HIMMENTIMET

Yksi keino muuttaa tilan valaistustasoa on kytkeä niin paljon erillisiä valaisimia päälle, että haluttu valaistustaso on saavutettu. Tämä toimii ihan hyvin tiloissa, joissa jatkuva säätö ei ole tarpeellinen. Muissa tapauksissa himmennin on oikea vaihtoehto valon määrän säätämiseen.

### 7.1 HIMMENTIMISTÄ

Himmentiminä on käytetty erilaisia materiaaleja valonlähteen edessä, kaihtimia ja säätimiä. Sähkövalon säätämisen alkuaikoina valon säätöön käytettiin muuntajia ja säädettäviä vastuksia. Nämä olivat kuitenkin isoja ja kömpelöitä järjestelmiä ja niitä käytettiin vain teattereissa, näyttämöillä ja julkisissa tiloissa. Niiden hyötysuhde oli huono, koko suuri ja niitä oli hankala kauko-ohjata. /1, s.250/

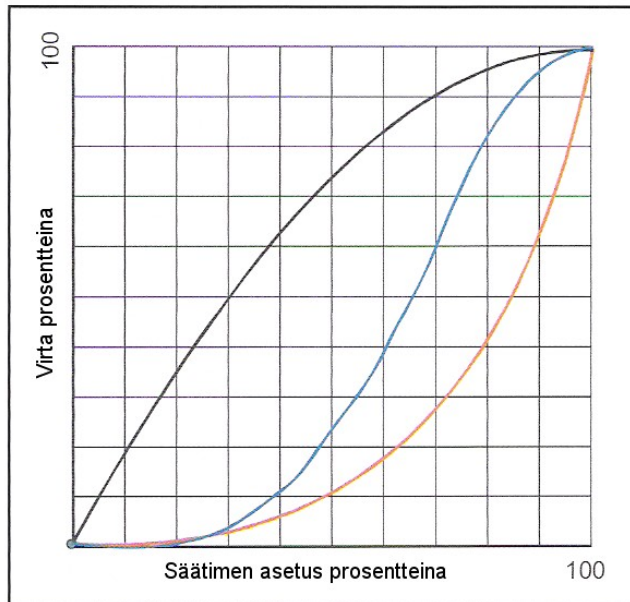
Vaikka käytettävissä olevien järjestelmien toiminta vaihtelee, himmennin ajatuksena on hyvin samanlainen kaikissa tapauksissa. Toisessa ääripäässä säätöaluetta on 100 %:n kohta, jossa teho on suurimmillaan ja himmennystä ei ole lainkaan. Toisessa päässä taas on 0 %:n kohta, joka tarkoittaa, että valo on poissa päältä. Kaikki sillä välillä on eri voimakkuuksille säädettyä valoa. /1, s.250/



Kuva 7.1 Säätimen asetuksen ja virran, valonvärin sekä valovirran suhde /1, s.251/

Ihmissilmä ei näe valon kasvua lineaarisesti. Ihmissilmä tarvitsee suuren muutoksen valon määrässä, jotta se näkee siinä eroa. Sen vuoksi on kehitetty erityinen himmennyslaki, jolla määritellään suunnilleen ihmissilmän havaitsema valaistuseron muutos. Se ei ole mikään varsinainen matemaattinen laki, vaan lähinnä ajan myötä havaittu näkemys ihmissilmän näkökyvystä. Kuvassa 7.1 esitetään säätimen asetuksen ja virran sekä valonvärin suhde toisiinsa.

Teattereissa on päädytty käyttämään neliöllisesti kasvavaa valonvoimakkuutta. Televisio taas käyttää käänteistä neliöllistä kasvua. Kuutiollinen laki taas muistuttaa hyvin hehkulampun valotehokkuuskäyrää ja sopii erinomaisesti tyristorihimmentimien suorituskykyyn. S-käyrää käytetään myös paljon sen hyvän ääripäiden säätömahdollisuuden vuoksi. Kuvassa 7.2 näkyy kolmen eri lain käyrämuodot. /1, s.251/



Kuva 7.2 Himmennyslakeja, musta on käänteinen neliölaki, punainen on kuutiolaki ja sininen on s-käyrä /1, s.252/

## 7.2 EI-ELEKTRONISET HIMMENTIMET

Nykyään suurin osa himmentämisestä toteutetaan elektroniikan avulla, kuitenkin on vielä olemassa sovelluksia, joissa tarvitaan muunlaista järjestelmää. Näihin järjestelmiin luetaan kaikki sellaiset himmenninjärjestelmät, joissa valon himmentämiseen ei käytetä tehoelektroniikan komponentteja, kuten tyristereja ja transistoreja. Tällaisia ovat mekaaniset sulkijat ja impedanssiin perustuvat järjestelmät.

### 7.2.1 MEKAANISET SULKIJAT

Purkauslamput ovat huonosti himmennettävissä jännitettä alentamalla, sillä niiden jännitettä voidaan laskea vain noin 50 % täydestä tehosta, silti tällaisia valoja on ensin pidettävä täydellä teholla jonkin aikaa, jotta ne toimisivat. Kuitenkin purkauslamppuja käytetään niiden hyvän valontuoton vuoksi viihdeteollisuudessa, jossa niitä pitäisi pystyä myös säätämään hyvin suurella alueella. Ainoa käytännöllinen keino tällaisen valon himmentämiseen on estää valon pääsy valaisimesta. Näitä mekaanisia sulkijoita käytetään yleensä sähkömoottoreilla.

Menetelminä voidaan käyttää jatkuvasti muuttuvaa suodatinta, kuten filmiä, jonka toinen pää on läpinäkyvä ja se tasaisesti tummenee toista päätä kohden, joka on täysin musta. Toinen keino on käyttää liikutettavaa heijastinta, jonka kautta valo heijastetaan haluttuun kohteeseen. Heijastimen toinen pää on täysin heijastava ja toinen musta, välillä oleva alue tummenee tasaisesti kohti mustaa. Kolmantena tapana on käyttää iiristä, saksityyppistä sulkijaa tai säleitä, joilla estetään valon pääsy valaisimesta. (kuva 7.3) Tämän tyyppiset sulkijat täytyy asettaa valon optiselle reitille siten, että ne eivät muokkaa valon muotoa. Esimerkiksi teattereissa valot on usein tiettyihin paikkoihin kohdistettu ja niillä voi olla tietty muoto, joka halutaan säilyttää. Oikeaan paikkaan asetettuna iiris-tyyppisiä järjestelmiä voi käyttää himmentiminä. /1, s.252/

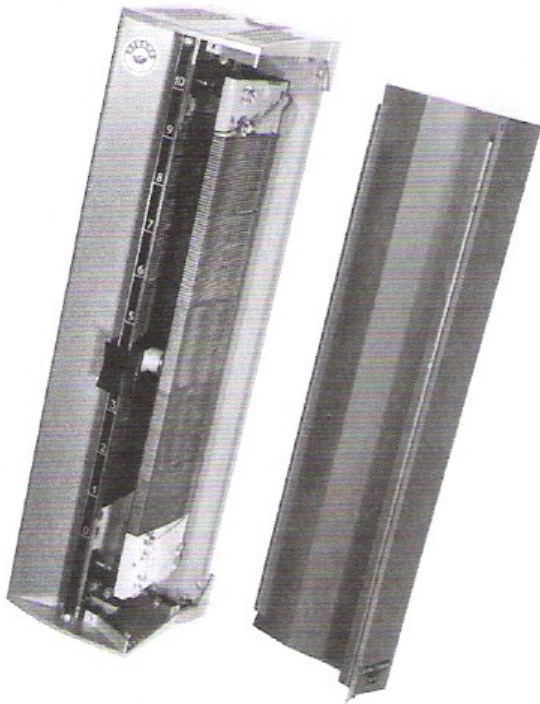


Kuva 7.3 Sulkijatyypisiä himmentimiä /1, s.253/

## 7.2.2 RESISTANSSIHIMMENTIMET

Ensimmäiset valaistuksenohjauksessa käytetyt himmentimet olivat säätövastuksella toimivia himmentimiä. Niitä valmistettiin vielä 1970-luvulla. Järjestelmän toimintaperiaate on yksinkertainen, säätövastus on kytketty sarjaan kuorman kanssa. Sädinnupissa on laahukset, jotka kytkevät virran eri kohdassa säädettävää vastusta. Toisessa päässä säätöaluetta on täyden virran alue, jossa on kytkentä kahdesta kohdasta, jotta kaikki resistanssi puuttuisi varmasti. Toisessa päässä aluetta laahukset ovat täysin irti vastuksesta, jotta virtaa ei pääsisi lainkaan piiriin. Yleensä vastuskäämityksiä oli viittä eri voimakkuutta. Tämä auttoi hyvän himmenninlain saamisessa valaistukselle. Tämän tyyppiset himmentimet olivat sopivia noin 1 kW:n kuormalle. Suuremmat järjestelmät toteutettiin pyörähdystyyppisellä systeemillä, jossa oli ainakin sata erikokoista vastusta, joiden päältä kytkentä liukui. Suuri määrä vastuksia tarvittiin, jotta säätäminen näyttäisi portaattomalta.

Resistanssihimentimissä on kaksi selkeästi huonoa puolta. Selkein haitta on vastuksen aiheuttama lämmöntuotto, tämä lämpö menee täysin hukkaan. Tämä lämmöntuotto on maksimissaan noin 30 % luokkaa valaistuksen aiheuttamasta häviöstä. Viihdeteollisuudessa tämä on lähinnä ikävä haitta, mutta paikoissa, joissa tarvitaan jatkuvaa säätöä, ei voida käyttää näin suurta hävikkiä aiheuttavaa järjestelmää. Toinen ongelma on se, että resistanssihimentimet ovat tarkkoja kuormasta. Eli 1000 watin säädin toimii hyvin ainoastaan 1000 watin kuormalle, muussa tapauksessa valokäyrät eivät mene himmenninlain mukaan.



Kuva 7.4 Strand Electricin 1960 – luvulla valmistama resistanssihimmennin /1, s.254/

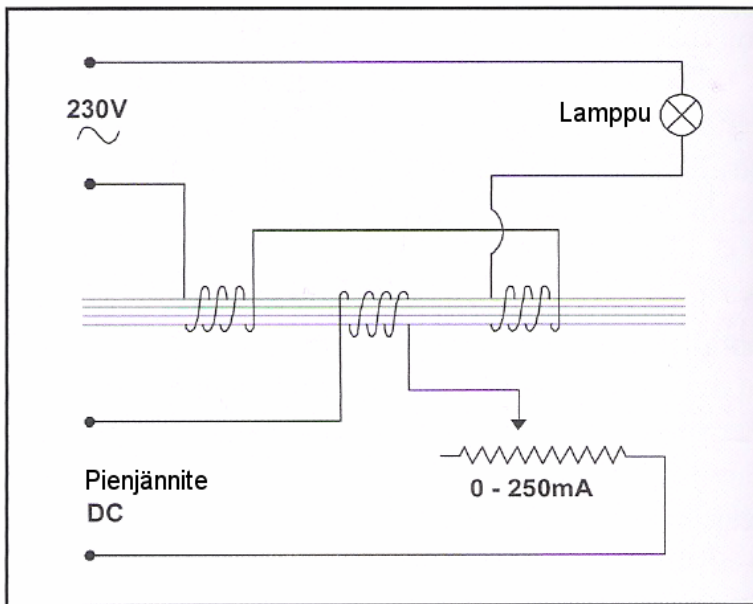
Pieniä säätimiä, kuten kuvassa 7.4, käytettiin suoraan käsin. Suurempia ohjattiin mekaanisesti erilaisilla järjestelmillä. Osaa suurista järjestelmistä käytettiin moottoreilla ja ne olivat laajasti käytössä, esimerkiksi auditorioissa ja muissa suurissa saleissa. Nykyään resistanssihimmennimet ovat vanhentuneita, eikä niitä enää käytetä. Tosin hiilikaarilampuissa vastusta käytetään vielä virranrajoittamiseen./1, s.253/

### 7.2.3 INDUKTIIVISET HIMMENTIMET

Vaihtovirtapiireissä on mahdollista säätää virtaa säädettävän induktiivisen reaktanssin avulla, eli käytännössä säädettävän induktanssin avulla. Tämä on resistanssihimmennimeen verrattuna huomattavasti vähemmän energiaa kuluttava, mutta tämänkaltaisen himmentimen rakentaminen on huomattavasti kalliimpaa. Himmennintä käytettiin aikanaan pääasiassa viihdeteollisuudessa, missä sen käytöllä ei ollut niin selkeää hyötyä.

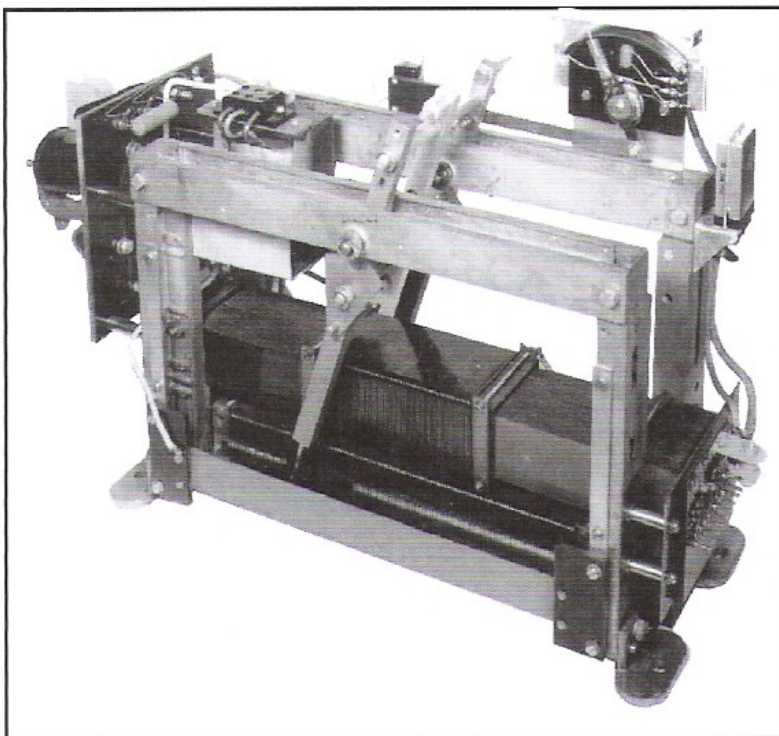
Mutta sen muunnelma kyllästyskuristin oli laajasti käytetty, koska se ei sisältänyt lainkaan liikkuvia osia ja sitä voitiin käyttää hyväksi kauko-ohjauksessa. Kuvassa 7.5 näkyy kuristimen toimintaperiaate. Lamppu on kytketty sarjaan kolmikäämisen kelan kanssa. Kaksi päävirtapiirissä olevaa käämistä on kytketty sarjaan, mutta ne ovat kierretty vastakkaisiin suuntiin, jotta ne eivät indusoisi jännitettä kolmanteen käämitykseen. Kolmas käämitys, eli ohjauskäämitys, tulee säädettävältä tasavirtalähteeltä. Kun tasavirtalähteeltä ei tule lainkaan virtaa piiriin, päävirtapiiriin tulee täysi impedanssi kuristimelta. Ohjausvirtaa lisätessä kuristin kyllästyy ja päävirtapiiriin impedanssi pienenee. Kuristimen kyllästyttyä täysin, käämeistä ei tule lainkaan induktiivista impedanssia. /1, s.254/





Kuva 7.5 Kyllästyskuristimen kytkentä /1, s.254/

Säädettäviä muuntajia (kuva 7.6) voidaan käyttää myös himmennintarkoituksessa. Niiden etuna on siniaallon ulostulon aaltomuodon säilyminen. Sen hintana tosin on valtava fyysinen koko ja niiden hinta verrattuna elektronisiin himmentimiin. Muuntajahimmentimiä saattaa vielä löytyä joistain vanhojen auditorioiden himmenninjärjestelmistä. Niitä käytetään myös laboratorioissa ja paikoissa joissa harmonisia yliaaltoja ei saa esiintyä.



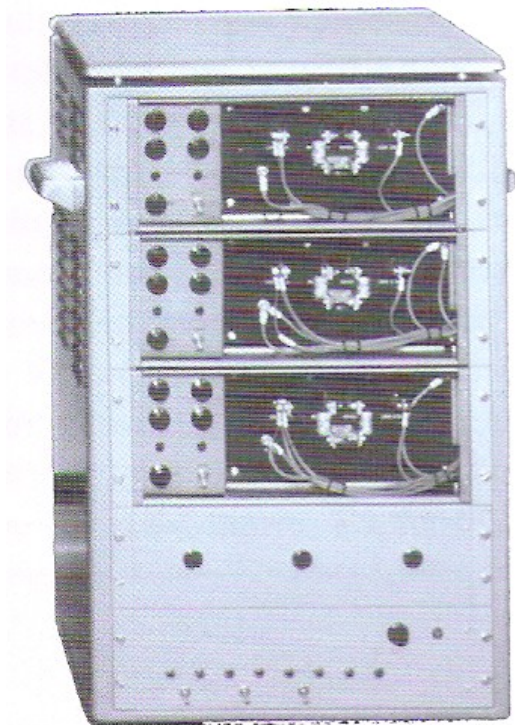
Kuva 7.6 Muuntajahimmennin /1, s.255/

Ennen tyristorin ilmaantumista muuntajahimmentimet olivat ehdotonta huippua ammattimaisessa valaistuksenohjauksessa teattereissa. Teatterikäyttöön tehtiin monia erikoistuneita järjestelmiä. Koska kelan ydin ja käämitykset olivat kallein osa järjestelmää, kehitettiin monikanavaisia muuntajahimmentimiä. Jopa 48 kanavaa sisältävä yksiytiminen muuntaja tiedettiin olevan. Se oli etäältä ohjattava, mutta siinä ei ollut moottoreita joilla sitä säädettiin, eli se oli ihan lihaskäyttöinen. Kaksikanavainen muuntajahimmentin todettiin käytännöllisimmäksi etäältä ohjattaviin järjestelmiin. Siinä servo-ohjatulla moottorilla pystyttiin helposti ohjamaan haluttuja kanavia. Suuri teatteri vaati suuren huoneen, johon suuri määrä himmentimiä saatiin mahtumaan. Tyristorihimmentimet poistivat suuren tilan tarpeen. /1, s.255/

### 7.3 TYRISTORI- JA TRIACHIMMENTIMET

Tehoelektroniikan voimakas kehitys 1960-luvulla, tyristorien, tehopuolijohteiden ja triacien tullessa markkinoille, johti puolijohteilla toteutetun valonsäätimen kehitykseen. Nämä tekivät nopeasti läpimurron ja kehittyivät kohtuuhintaisiksi jokamiehen käyttökojeiksi, joita pystyi nyt asentamaan jo koteihinkin.

Tyristoreja on käytetty valaistuksen ohjaukseen jo 1960-luvulta lähtien ja ne ovat muodostaneet 40 vuoden ajan pohjan kaikenlaiselle ammattimaiselle valaistuksenohjaukselle. Kun ne aikanaan ilmestyivät, ne olivat aluksi kalliita ja herkkiä vioille, joten niitä käytettiin siellä missä niiden hyödyt olivat suurempia kuin haitat. Esimerkiksi isoissa elokuvateattereissa oli käytössä valtavia moottorilla toimivia resistanssihimentimiä, jotka vaativat itselleen kokonaisen huoneen, tyristoriohjaimet vaativat vain murto-osan tästä tilasta. /1, s.257/

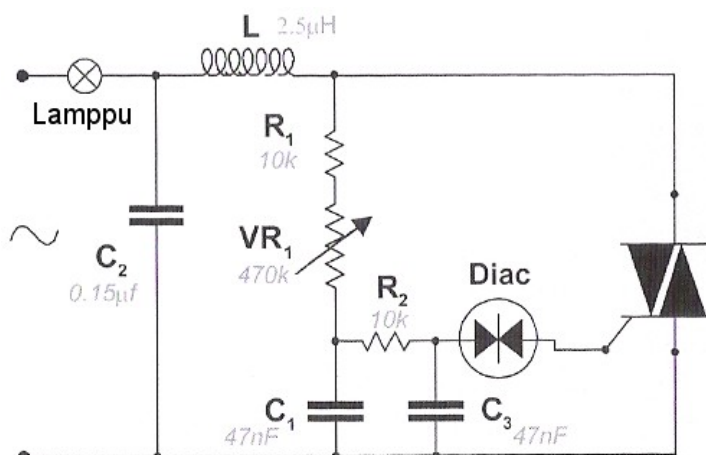


Kuva 7.7 60 kW tyristorihimmentin /1, s.257/

Himmentimet, jotka ovat tarkoitettuja kuluttajakäyttöön, ovat lähinnä triac-pohjaisia. Tämä vähentää tarvittavien komponenttien käyttöä ja siten pienentää himmentimen kokoa. Kuluttajille tarkoitettujen himmentimien yleensä ”kaikki-samassa-paketissa”-tyyppisiä. Ne sisältävät sekä tehosäätöön tarvittavan triacin ja sitä ohjaavan potentiometrin. Erillistä tehonlähdettä ei tarvita, sillä himmentimet toimivat suoraan verkkojännitteellä. Niiden täytyy myös olla sähkömagneettisesti yhteensopivia muiden järjestelmien kanssa, jotta ne eivät aiheuta häiriötä muihin sähkölaitteisiin.

Ammattikäytössä suositetaan tyristoripohjaisia järjestelmiä, koska ne kestävät paremmin suuria käynnistysvirtasysäyksiä ja ovat rakenteeltaan muutenkin kestävämpiä. Ammattikäytössä olevat himmentimet ovat yleensä etäältä ohjattavia ja niissä vaaditaan eristykset ohjauspiirin ja päävirtapiirin välille. Suojausten täytyy olla paljon paremmat kuin kotikäyttöön tarkoitetuissa himmentimissä, sillä häiriöt ovat paljon haitallisempia esimerkiksi televisio studiossa.

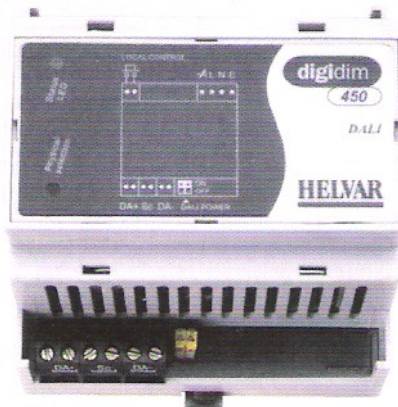
Kaikki tyristori- ja triac-piirit vaativat jonkinlaisen liipaisulaitteen. Yksinkertaisimmissa himmentimissä triac toimii tehonsäätimenä ja sen liipaisulaitteena on diac. Tällaisen piirin hystereesikäyrä on sen muotoinen, että sitä käytetään ainoastaan halvimmissa laitteissa. Ammattikäyttöön tarkoitettujen tyristorihimmentimien toiminnaltaan huomattavasti monimutkaisempia ja yleensä etäältä ohjattavia. Kuvassa 7.8 on kaaviokuva yksinkertaisesta himmenninpiiristä. /1, s.261/



Kuva 7.8 Yksinkertainen diac-triac – himmennin. Annetut arvot ovat tyypillisiä 230 V triac – himmentimelle /1, s.261/

## 7.4 TRANSISTORIHIMMENTIMET

Voisi luulla, että transistorihimmennin olisi vienyt markkinat kokonaan tyristorihimmentimiltä sen parempien ominaisuuksien vuoksi. Transistorilla pystytään leikkaamaan siniaallon käyrää paremmin kuin tyristorihimmentimellä. Lisäksi transistori pystyy säätämään leikkauksen muotoa pehmeämmäksi. Transistorisäätimillä on kuitenkin pari ongelmaa, joiden takia tyristorisäätimet ovat pysyneet tärkeämpänä säädinmallina. Ensinnäkin tyristorin kynnysjännite on matalampi, noin 0,8 V. Transistorin kynnysjännite on korkeampi, joka aiheuttaa sen, että häviöt transistorihimmentimissä on suuremmat. Sen lisäksi transistorit ovat paljon herkempiä laitteita kuin tyristorit. Ne tarvitsevat paljon komponentteja suojaamaan niitä itseään, jotta ne eivät tuhoutuisi käytössä. /1, s.269/



800W  
Transistor Dimmer

Kuva 7.9 800 W:n MOSFET – transistorihimmennin Helvarilta /1, s.272/

Transistoreja on kahta mallia, IGBT ja MOSFET (kuva 7.9.). Ennen uudemman sukupolven MOSFET – transistoreja, niiden käyttöä ei edes harkittu suurten piirihäviöiden vuoksi. IGBT – transistoreilla on matalampi kynnyksjännite ja niitä käytettiin siksi enemmän. Niiden vikana oli tosin alkuaikoina suhteellisen suuri vikaantumistiheys. Uuden sukupolven MOSFET – transistorien etuna on suuri kytkentänopeus, jolloin ne sopivat hyvin uudenlaisiin himmenninjärjestelmiin.

Transistorihimmentimiä on tarjolla kuluttajille suunnatuista himmentimistä ammattikäyttöön suunnattuihin himmentimiin. Niiden etuna on niiden hiljaisuus, sillä ne eivät tarvitse kuristimia pääjännitteeseen kytkettynä. Lisäksi niiden aaltomuoto on pyöreäkö, ne eivät käytännössä pidä ääntä. Transistorihimmentimellä voidaan ohjata myös kapasitiivisia kuormia, toisin kuin tyristorihimmentimellä. Kuitenkaan niillä ei voi ohjata tavanomaisia induktiivisia liitäntälaitteita. /1, s.270/

## 8 VALAISTUKSENOHJAUSJÄRJESTELMÄT

Nykyajan mikroprosessoripohjaisilla järjestelmillä pystytään toteuttamaan monimutkaisia eri valaistustarpeisiin säädettäviä järjestelmiä. Enää ei käytetä pelkkää himmennystä ja kirkastamista, vaan nykyään järjestelmät osaavat myös sammuttaa tarpeettomat valot, säätää automaattisesti päivänvalon mukaan ja myös erilaisen käyttötarpeen mukaan. Taulukossa 8.1 esitellään nykyisten yleisimpien järjestelmien ominaisuuksia.

Taulukko 8.1 Eri ohjausjärjestelmien ominaisuuksia /3/

Ominaisuudet	DALI	DSI	1 - 10 V
osoitteellinen	64	ei	ei
ryhmäosoitteita	16 ryhmää	ei	ei
tilanneohjaus	16 tilannetta	ohjaimella	ohjaimella
logaritminen säätö	kyllä	kyllä	riippuu valmistajasta
ohjausvirtapiiriin polariteetti	vapaa	vapaa	sidottu
sammutetaan ohjausvirtapiiristä	kyllä	kyllä	ei
johtimia valaisimeen	5	5	5
ohjausvirtapiiriin pituus	300 m	250 m	300 m
monikanavaisuus vaatii keskusyksikön	ei	kyllä	kyllä
<b>Säädettävät lamputyypit</b>			
FDH-loistelamput	kyllä	kyllä	kyllä
FD-loistelamput	kyllä	kyllä	kyllä
FCH-rengasloistelamput	kyllä	kyllä	rajoituksin
FSD-pienloistelamput	kyllä	kyllä	kyllä
FSM- ja FSQ-pienloistelamput	kyllä	kyllä	kyllä
12 V halogeenilamput	kyllä	kyllä	kyllä
hehku- ja 230 V halogeenilamput	kyllä	kyllä	kyllä
purkauslamput	rajoituksin	ei	rajoituksin

### 8.1 VALAISTUKSENOHJAUSJÄRJESTELMISTÄ

Alkuaikojen himmentimet olivat kaikki manuaalisesti ohjattavia. Kun ajatus kauko-ohjauksesta tuli käytännönläheisemmäksi, tuli valaistuksenohjaukseenkin tarve saada järjestelmä, jossa on sopiva ohjaussignaali valaistuksen ohjaamiseen. Oli alusta asti selvää, että sellainen järjestelmä tarvitsisi myös oman voimanlähteen. Elektroniikan saapuminen toi helpon ratkaisun tähän ongelmaan. Elektroniset piirit olivat helppoja eristää päävirtapiiristä ja ne olivat pieniä sekä niillä oli yksinkertaista vahvistaa signaalia tarpeen vaatiessa. Aluksi elektronin valaistuksenohjaus toimi kuten aikaisemmat mekaanisetkin järjestelmät, eli yksi johto vaadittiin yhteen valaistusryhmään.

Mikroprosessorit toivat tähän järjestelmään muutoksen. Ne sallivat jo paljon joustavampia ja monimutkaisempia valaistustoteutuksia, kuten esimerkiksi muistitilat erilaisille valaistustarpeille. Niiden avulla myös pystyttiin multiplekseri-periaatteella ohjaamaan monia eri ryhmiä yhden johdon välityksellä. /1, s.280/

## 8.2 ANALOGISET OHJAUSJÄRJESTELMÄT

### 8.2.1 0-10 V

Analoginen ohjaus on yksinkertaisin tapa säätää valaistusta kauko-ohjattuna, kun säätimet tai ohjaimet kykenevät säätämään jännitettä tai jotain muuta mitattavaa suuretta. Alkuaikoina ohjaukseen käytetyt jännitteet vaihtelivat historiallisista ja teknologisista syistä. Myöhemmin viihdeteollisuus, joka oli järjestelmien suurin käyttäjä, painottui käyttämään 0-10 V:n järjestelmää standardina. Syynä tähän oli järjestelmän käytön yksinkertaisuus ja turvallisuus. 10 V oli riittävän suuri jännite, jotta kohina ei haitannut ohjausta ja se ei ollut ihmiselle hengenvaarallisen korkea. Myös säätö oli helppoa, kun esimerkiksi 5 V tarkoitti 50 % tehosta jne. Sen lisäksi se vastaa elektronisten komponenttien, joita sen kanssa käytetään, tehosta. /1, s.280/

Taulukko 8.2 0-10 V Standardi /1, s.281/

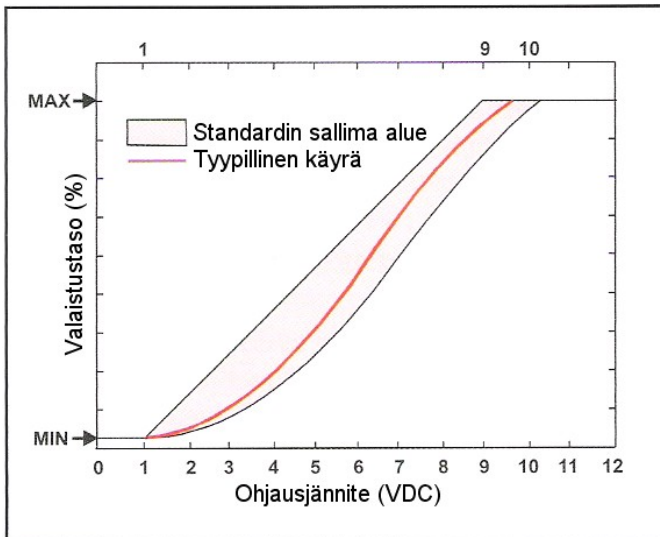
<b>Ohjattu laite</b>	
Säätövara	1 - 10 V DC
Virrankatkaisujännite	0 V tai pienempi
100 % tai päällekytkentäjännite	10 V tai suurempi
Säätö	Lineaarinen
Turvarajat	-0,5 V ja 15 V
Syöttöimpedanssi	100 kOhmia +/-20 %
<b>Ohjaava laite</b>	
Passivisen ohjauksen lähtöimpedanssi	< 10 kOhmia
Aktiivisen ohjauksen lähtöimpedanssi	< 100 Ohmia
Virtalähteen kapasiteetti	> 2 mA
Jännitteen tasaisuus	-+20 mV
Diodin estojännite	> 15 V

Taulukossa 8.2 kerrotaan järjestelmän toiminnan standardisoituja perussuureita. Järjestelmässä tarvitaan matala lähdeimpedanssi, koska laitteella ohjataan usein monia eri ohjattavia kohteita. Ohjainlaitteessa on myös diodi kytketty ohjainlinjaan. Diodin tehtävänä on estää järjestelmissä, joissa on monta ohjainlaitetta, kilpailevan ohjainlaitteen signaalin pääsy ohjaimeen. Monissa järjestelmissä on kytkettynä monia eri ohjainlaitteita ja vastaanottava pää toimii tiettyjen asetusten, kuten korkeimman arvon, mukaan. Diodin aiheuttamana ongelmana voi olla se, että säätöalueen alaosa ei tule mukaan säätöön diodin kynnyksijännitteen vuoksi. Ongelma on pyritty kiertämään asettamalla tietty poiskytkentäjännite.

Analoginen järjestelmä on suunniteltu lineaarisesti järjestelmäksi, eli esimerkiksi 7 V on yhtä kuin 70 % ulostulevasta jännitteestä. Ulostulo on silti jätetty tarkemmin määrittelemättä, joten sillä voi ohjata esimerkiksi jännitetasoa tai valaistuksen voimaa. Eli mikäli on joku erityinen laki, jota halutaan säädössä noudattaa, silloin kyseinen laki on ohjattavassa laitteessa itsessään. Se tekee säädöstä monikäyttöisen ja toimivan. /1, s.281/

## 8.2.2 1-10 V

1-10 V:n järjestelmä lisäys standardiin EN60929, jotta järjestelmällä voidaan ohjata myös loisteputkien elektronisia liitäntälaitteita. Vaikka säätövara on 0-10 V, aktiivinen säätöjännite on välillä 1-10 V, tämä varmistaa sen, että kohina ei vaikuta järjestelmän toimintaan. Kuvassa 8.1 näkyy 1-10 V:n järjestelmän säätövara.



Kuva 8.1 Säädettävän liitäntälaitteen käyrä 1 – 10 V:n järjestelmässä /1, s.282/

Valaisimeen tuodaan vaihe-, nolla- ja suojajohtimen lisäksi kaksi ohjauspiirin johdinta. Järjestelmässä tulee eristys, joka on mitoitettu verkkojännitteen mukaisesti. Napaisuuden vaihto ei myöskään saa vahingoittaa liitäntälaitteita ja jokaisen säädettävän laitteen ohjausjohdotuksen tulisi kestää +30 ilman vahinkoa. Minimitaso loisteputkelle tulisi 1:n % ja 20:n % välillä, riippuen lampusta ja liitinlaitteesta. Ohjain tulee johdottaa kytkimen kautta, sillä potentiometrillä ei saada katkaistua valaisimelle tulevaa päävirtapiiriä. Päävirtapiiriin tulee olla hyvin eristetty suuren syöksyvirran vuoksi. Järjestelmällä voidaan myös ohjata perinteisiä hehkulamppuja, mutta kannattaa silti pitää erilaiset valaisimet eri kanavilla. Vaikka järjestelmällä voidaan säätää jopa 50 eri valaisinta, niin kytkimen kapasiteetti riittää usein vain 5-10 valaisimelle niiden tehosta riippuen. /1, s.282; 3/ Liitteessä 3 on järjestelmän kytkentäkaavio ja lisätietoa järjestelmästä.

## 8.2.3 AMX

Ennen täysin digitaalisia järjestelmiä pyrittiin tekemään ohjausjärjestelmä, jossa päästäisiin eroon perinteisestä; yksi laite, yksi johdin – järjestelmästä. Tällainen oli 1980 – luvun alussa Strand Lightingin kehittämä analoginen multiplekseri, AMX192. Siitä tuli standardi vuonna 1986 USA:n teatteri-instituutin aloitteesta.

Toimintaperiaatteeltaan järjestelmä oli seuraavanlainen:

- yksi johdinpari kuljetti synkronoitua kellopulsseja
- toinen johdinpari kuljetti analogista signaalia, joka oli 0 – 5 V, pulssi lähetettiin 50 mikrosekunnin pituisina kellopulssiin synkronoituna pätkinä
- yksi linja saattoi kuljettaa 192 signaalia, joiden päivitystaajuus oli 50 ms
- vastaanotin kykeni käyttämään 16 himmennintä, joten jos haluttiin käyttää kaikkia linjan 192 signaalia, tarvittiin 12 vastaanotinta

Harvoja todellisia AMX192 – järjestelmiä tehtiin ja on todennäköistä, että sellaiseen ei törmää nykyään enää. Kuitenkin Strandin D54 protokollaa, johon AMX192 perustui, on vielä laajasti käytössä. Se eroaa AMX192 järjestelmästä ainoastaan siinä, että kellopulssi kulkee samassa linjassa analogisen ohjaussignaalin kanssa. Laitteita, jotka vielä käyttävät D54, varten on kehitetty muuntaja, jolla saa muunnettua signaalin DMX – järjestelmään sopivaksi. /1, s.283/

## **8.2.4 PWM**

Kansainvälinen IEC 60929 standardi tunnustaa kolme erilaista menetelmää kauko-ohjattaville elektronisille liitäntälaitteille. Analoginen 1 – 10 V, DALI ja näiden välissä oleva PWM, pulse width modulation, eli pulssinleveydenmodulointi. PWM – signaalille on määritelty korkea ja matala jännitetaso. Matala on 0 – 1,5 V ja korkea on 10 – 25 V. Täysi valon ulostulo annetaan silloin, kun korkea taso on päällä 5 % tai vähemmän syklin ajasta. Minimi ulostulo valolle annetaan, kun korkea taso on päällä 95 % syklin ajasta. Poiskytkentä tapahtuu, mikäli korkea taso pidetään päällä yli 95 % syklin ajasta. Syklin aika voi vaihdella 1 – 10 ms. Pulssin leveyden ja valon ulostulon välillä on logaritminen riippuvuus. Vaikka PWM on määritelty kansainvälisessä standardissa, se ei ole laajasti käytetty. Se on kuitenkin tärkeä valaistuksenohjausmenetelmä. Sitä käytetään kylmäkatodiloisteputkissa ja LED-järjestelmissä. Järjestelmä on yhteensopiva DMX ja DALI järjestelmät hyväksyvien laitteiden kanssa. /1, s.283/

## **8.3 DIGITAALISET OHJAUSJÄRJESTELMÄT**

### **8.3.1 KÄYTETTÄVÄT SIGNAALIT**

Digitaalisessa valaistuksenohjauksessa tieto liikutetaan digitaalisena datana. Jokainen valmistaja voi kehittää oman tiedonsiirtoprotokollan, mutta on järkevämpää, jos kaikki käyttävät tiettyjä standardeja. Standardeja on kahdentyyppisiä. Toisessa määritellään käytettävät jännitteet, impedanssit, tiedostojen koko ja nopeus eikä puututa lainkaan lähetettävän tiedon sisältöön. Toinen taas järjestelmäpohjainen protokolla, kuten esimerkiksi DMX512, jossa määritellään tarkasti mitä tietoa siirretään ja miten. Nykyään on harvinaista, että järjestelmävalmistaja käyttäisi muuta kuin standardiprotokollia.

Digitaalinen tieto lähetetään sähköisinä pulsseina, jotka vastaanottava pää osaa tulkita oikein. Tiedonsiirtotapoja on kolmenlaisia; simplex, half-duplex ja duplex. Ensimmäinen on ainoastaan yhdensuuntaista liikennettä, tällainen järjestelmä on esimerkiksi DMX. Toinen järjestelmä toimii kuten radiopuhelin, yhden laitteen siirtäessä tietoa, toinen voi vain ottaa sitä vastaan. Esimerkkinä kyseisentyyppisestä järjestelmästä on DALI, joka sallii liitäntälaitteiden tiedustelevan tilannetietoja. Kolmas tyyppi on toiminnaltaan tavallisen puhelimen kaltainen, eli tieto kulkee molempiin suuntiin koko ajan laitteiden lähettäessä tilannetietoja ja ottaessaan uusia kommentoja vastaan.

Tieto liikkuu sarjamoitaisesti jatkuvana virtana laitteiden välillä, joten laitteiden on osattava tulkita milloin viesti alkaa ja milloin se loppuu. Yksi keino olisi käyttää synkronisointisignaalia, mutta se vaatisi ylimääräisen linjan ja muita osia. Tavallisempi tapa on lähettää tieto siten, että tiedon mukana kulkee aloitusbitti (0) ja lopetusbitti (1). Tiedot kulkevat samanmittaisina pätkinä, joten laitteet voivat helposti tunnistaa tiedon.



Vuosien ajan käytetyin menetelmä on ollut RS232 tiedonsiirtostandardi, joka myöhemmin määriteltiin EIA232 standardiksi. Se on fyysinen osa tiedonsiirrosta ja siinä määritellään myös käytettävät liittimet. Tarkasti määriteltynä siinä käytetään 25 pinnistä liittintä, mutta nykyään käytössä on useimmiten 9 pinninen liitin. EIA232 standardi on yksinkertainen, luotettava ja laajalle levinnyt, mutta siinä on muutamia heikkouksia. Se on kohtalaisen hidas järjestelmä ja kohinaongelmat pitemmille matkoille ovat huomattavat. Se on myös rajoittunut yhteen lähettimeen ja yhteen vastaanottimeen kerrallaan. Tämän takia käytössä on myös muita, kehittyneempiä standardeja, kuten EIA422 ja EIA485. Näiden kahden standardin ero aikaisempaan on suurempi tiedonsiirtonopeus, monen lähettimen ja vastaanottimen yhtäaikaisuus, sekä paljon pitemmät tiedonsiirtomatkat. Näiden etujen ansiosta myöhemmät protokollat ovat paljon monipuolisempia käytössä. Esimerkiksi EIA485-standardia Standardien erot on lueteltu taulukossa 8.3. /1, s.283/

Taulukko 8.3 Eri tiedonsiirtostandardien eroavaisuudet /1, s.287/

Tyyppi	EIA232	EIA422	EIA485
Ajurien määrä	1	1	32
Vastaanottimien määrä	1	10	32
Kaapelin pituus	20 m	1200 m	1200 m
Max. tiedonsiirtonopeus	20 kb/s	10 Mb/s	10 Mb/s

### 8.3.2 DMX

Vaikka valmistajat olivat saaneet sovittua, että käytettävä signaalina olisi EIA485, se ei silti tarkoittanut sitä, että eri valmistajien järjestelmät olisivat yhteensopivia toistensa kanssa. Tärkeä sana nykyajan markkinoilla on kuitenkin yhteensopivuus. Sen vuoksi pyrittiin kehittämään järjestelmiä, jotka toimisivat standardina. Tällä saataisiin eri valmistajien tuotteet toimimaan keskenään.

1980 – luvulla syntyi kaksi erilaista multiplekserijärjestelmää, toinen oli analoginen AMX192 ja toinen digitaalinen DMX512. AMX192 – järjestelmän analogisuus tarkoittaa nykyään melkein sitä, että se on vanhentunut. Mutta digitaalinen DMX512 saavutti maailmanlaajuisen kiinnostuksen. Kiinnostus on johtanut jopa siihen, että järjestelmää käytetään nykyään moniin eri tarkoituksiin kuin sitä edes oli suunniteltu käytettävän.

Nimensä mukaisesti DMX512 – järjestelmällä voidaan ohjata digitaalisesti 512 himmennyskanavaa. Järjestelmän teknisiä tietoja on lueteltu taulukossa 8.4. /1, s.289/

Taulukko 8.4 DMX512 – järjestelmän teknisiä arvoja /1, s.289/

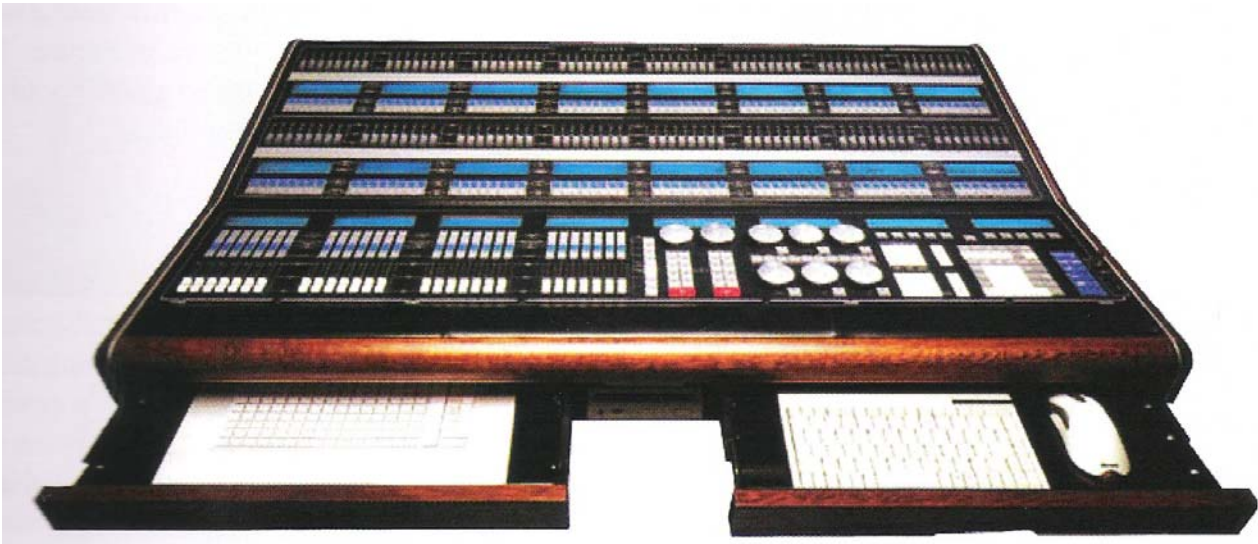
Liitin	5-pinninen XLR, myös RJ45 joissain tapauksissa
Max. ohjattavissa oleva laitemäärä	512
Tasojen määrä/laitte	256 (8bit)
Tiedonsiirtonopeus	250 kb/s
Päivitysaika 512:lle himmentimelle	22,67 ms

DMX512 – järjestelmässä tieto lähetetään paketteina. Paketin sisältämä tieto kertoo kaikille himmentimille tai muille laitteille mitä niiden tulee tehdä. Lähettimen ei tarvitse lähettää kaikkea tietoa kerralla, mutta se ei saa lähettää liian suuria paketteja ja sen on pakko totella ajoitussääntöjä, erityisesti bittien pituutta sekä aloitus ja lopetuskomentoja. Vastaanottavan pään on taas kyettävä ottamaan vastaan täysikokoisia paketteja maksiminopeudella, mutta toteltava vain komentoja, jotka

on tarkoitettu sille laitteelle. Tiedon valinta tapahtuu osoitekytkimien avulla. Jokaisen vastaanottavan laitteen oletetaan pitävän edellinen tila päällä kunnes sille annetaan uudet ohjeet.

DMX – järjestelmässä yksinäinen tietoaihio ei sisällä minkäänlaista varsinaista tunnistetta ja niiden käyttökohde selviää ainoastaan järjestyksestä, jossa ne ovat datapaketin sisällä. Eli aloituskäskyn jälkeen ensimmäinen tietoaihio menee ensimmäiselle himmentimelle ja toinen toiselle jne. Teoriassa pienemmät järjestelmät voisivat toimia nopeammin, kuin isot järjestelmät, mutta käytännössä 44 aihiota sekunnissa on riittävä useimpiin tarpeisiin. Järjestelmä mahdollistaa 8 – bittisen tiedonleveyden, eli 256 eri tasoa jokaisella kanavalla, mutta se ei ota kantaa siihen, mitä mikäkin bitti tarkoittaa valaistustasossa. Tämä ”lain” tulkitseminen on jätetty himmentimen hommaksi.

DMX on yksisuuntainen- eli simplex – järjestelmä. Tämä tarkoittaa, että järjestelmässä lähetin lähettää tietoa vastaanottajille, mutta vastaanottajilta ei tule tilannetietoa takaisin lähettävään yksikköön. Siihen on myös suunniteltu lisä, joka toimii paluutietojen keräämistä varten ja sen avulla järjestelmä toimisi puolittain kaksisuuntaisesti, eli half duplex – menetelmällä.



Kuva 8.2 Valaistuksenohjauskonsoli, jossa kuusi DMX – linjaa /1, s.363/

Järjestelmän heikkouksia ovat sen mm. kapasiteetti. Nimensä mukaan järjestelmällä voi ohjata 512 kanavaa. Sen luulisi hyvin riittävän moniin tarpeisiin, mutta koska järjestelmää käytetään myös tavalla, johon se ei ole suunniteltu, kuten liikkuviin valoihin, eivät kanavat yhdessä yksikössä riitä. Esimerkiksi yksi liikkuva valo tarvitsee käyttöönsä jo 24 kanavaa. Tämän vuoksi ohjainkonsoleissa on useita DMX – laitteita. Tyypillisessä suuressa konsolissa on yleensä 4 DMX – laitetta, joten sillä saadaan 2048 kanavaa käyttöön. Toinen ongelma on kanavien resoluutio, eli kanavalla voi olla 256 eri tasoa valolle. Tämä on havaittavissa valon hyppäyksinä matalilla valaistustasoilla ja hitaalla muutoksella. Tämä ongelma on kuitenkin yleensä hoidettu pois interpoloimalla siirtymät, eli tuomalla tavallaan analogisen komponentin säätöön. Signaali ei myöskään kulje niin pitkälle, kuin EIA485 – standardi antaisi, eli 1200 m, vaan rajoittuu noin 250 m. /1, s.288/

### 8.3.3 DSI

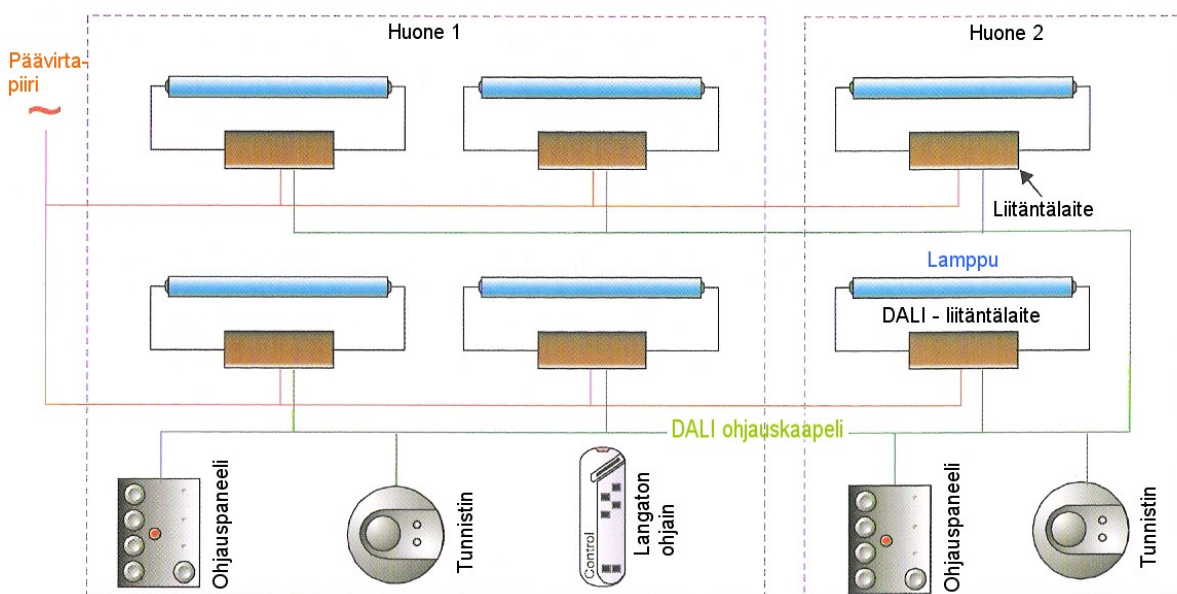
DSI – protokollan kehitti vuonna 1991 Itävaltalainen Tridonic ATCO – yhtiö. DSI – järjestelmässä digitaalinen tieto siirretään osoitteettomasti liitälaitteelle. Järjestelmällä on mahdollista ohjata eritehoisia lampuja samassa ohjauksessa, koska liitälaitteisiin on ohjelmoitu silmän herkkyyttä vastaava korjaus. Järjestelmä vaatii vaihe-, nolla- ja suojajohdinten lisäksi kaksi johdinta 12 V:n ohjaussignaalia varten. Laitteeseen menevät ohjain- ja päävirtajohdot saavat kulkea samassa putkessa. Virtapiirin pituus ei vaikuta ohjattavuuteen. Järjestelmä vaatii keskusyksikön.

Järjestelmän etuna on sen yksinkertaisuus. Siinä ei myöskään ole rajoitettu ryhmäkokoja mitenkään. Sitä ei tarvitse erikseen ohjelmoida, mutta eri valaistustilanteet täytyy tallentaa järjestelmän muistiin. Järjestelmään voidaan liittää läsnäolotunnistimia, päivänvalotunnistimia, kytkimiä ja kauko-ohjaimia sekä monia muita laitteita. Järjestelmää voidaan myös ohjata tietokoneella ja sen yhteensopiva monien eri järjestelmien kanssa. Järjestelmän haittapuoleksi voidaan lukea sen standardisoimattomuus. Sen hankintahinta pieniin kohteisiin voi olla turhan suuri, koska järjestelmä vaatii keskusyksikön. /3/ Liitteissä 4 – 6 kerrotaan lisää DSI – järjestelmästä

Pienempiin kohteisiin on suunniteltu SwitchDim – järjestelmä, joka perustuu DSI – järjestelmään, mutta ei käytä DSI – protokollaa. Sen etuna on hinta ja järjestelmän helppous, mutta sillä ei voi tehdä suuria valaisinohjausryhmiä. Yhdellä säätimellä voi ohjata 15:sta valaisinta. /3/ Liitteessä 7 on SwitchDim – järjestelmän teknisiä tietoja.

### 8.3.4 DALI

Järjestelmä syntyi Euroopan suurten liitälaittevalmistajien, kuten Osramin, Philipsin ja Helvarin aloitteesta. Ne esittivät ajatuksen, että pitäisi saada jonkinlainen standardi digitaalisesti ohjattaville elektronisille liitälaitteille. Siitä syntyi avoimen standardin valaistuksenohjausjärjestelmä DALI. Sitä ennen Tridonic oli kuitenkin jo kehittänyt digitaalisen ohjausjärjestelmän, mutta se oli heidän valmistamien laitteiden omassa käytössä. Nykyään Tridonicin laitteet toimivat sekä DSI -, että DALI – protokollan mukaan.



Kuva 8.3 Esimerkki kahden huoneen ohjauksesta DALI – järjestelmällä /1, s.293/

DALI – protokolla kehitettiin vastaamaan tavanomaisia kaupallisia ja arkkitehtuurillisia valaistuksenohjaustarpeita, toisin kuin DMX, joka oli suunnattu pääasiassa teattereihin ja muuhun ammattikäyttöön. DALI – järjestelmä ei vaadi niin suuria kapasiteetteja ja siirtonopeuksia linjoilta. Alun perin se oli tarkoitettu loistelamppujen ohjaukseen, mutta se sopii kaikenlaisten lamppujen ohjaamiseen. DALI – järjestelmän kantavana ideana on, että jokainen valaisin on erikseen ohjattavissa, mutta se ei silti vaadi kuin yhden ohjauskaapelin koko järjestelmään. Siinä ei siis ole erillistä keskusyksikköä. Järjestelmää voidaan ohjata myös tietokoneella.

Aikaisemminkin on pyritty samankaltaisen järjestelmän luomiseen, mutta ongelmana on ollut korkea yksikköhinta. DALI – järjestelmässä ei pyritä koko rakennuksen kattavaan ohjausjärjestelmään, vaan pikemminkin pyritään yhden suuren huoneen tai huoneistojen ohjaamiseen. Se on suunniteltu helposti asennettavaksi ja uudelleen aseteltavaksi. Järjestelmällä pystyy suoriutumaan noin 95 % erilaisia valaistusvaatimuksia, joita tavanomaisten rakennusten valaistuksenohjauksessa tarvitaan. Se on myös suunniteltu erittäin yhteensopivaksi muiden automaatiojärjestelmien kanssa. Taulukossa 8.5 on esitetty DALI – järjestelmän teknisiä tietoja. /1, s.293/

Taulukko 8.5 DALI – protokollan teknisiä tietoja /1, 294/

Max. laitemäärä	64
Tiedonsiirtonopeus	1200 b/s
Tiedon koodaus	Manchester
Matala signaali	0 V keskiarvo; (-4,5 V - +4,5 lähetys; -6,5 - +6,5 vastaanotto)
Korkea signaali	16 V keskiarvo; (+11,5 V - +20,5 lähetys; +9,5 - +22,5 vastaanotto)
Max. jännitteen pudotus ohjauslinjalla	2 V
Max. kaapelin pituus	300 m
Keskimääräinen virta signaalille	2 mA
Tasojen määrä/laite	255 + OFF-signaali (8bit)

DALI – järjestelmän toiminta perustuu siihen, että järjestelmän jokainen lamppu sisältää ohjattavan elektronisen liitäntälaitteen, joihin ohjainlaitteet liitetään yksinkertaisella johdinparilla. Tämä mahdollistaa jokaisen lampun yksittäisen ohjauksen millä tahansa ohjainlaitteella. Sen ansiosta tilan muuttuessa on helppo määrittää valaistusasetukset uudelleen. Järjestelmä täytyy ohjelmoida alussa, mutta sen jälkeen käyttö ei vaadi suurempaa tuntemusta järjestelmään.

DALI – protokollan käyttämä tiedonsiirtonopeus on niin alhainen, että siinä ei tarvitse määrittää tarkasti mitkä yksiköt kytketään mihinkin. Järjestelmä voidaan kytkeä väylä-, rengas- tai hybriditopologiseen muotoon. Systemin matalan ja korkean signaalin väli on suuri, joten se on lähes immuuni sähköiselle kohinalle. Päävirtapiiri ja ohjainvirtapiiri ovat galvaanisesti erotetut. DALI – järjestelmä käyttää tiedonsiirtoon Manchester – koodattua signaalia, jossa ei ole suurta tasajännitekomponenttia. Se mahdollistaa tiedon siirron muuntajien läpi. Järjestelmässä on määritelty selkeästi OFF – signaali, mutta se koskee vain aina kyseistä valaisinta, joten järjestelmässä täytyy olla huoltoa varten selkeä päävirran katkaisija.

Vaikka osoitekytkimien käyttö ei olekaan erityisesti kielletty, on koko järjestelmän perustana se, ettei tarvitse mennä joka valaisimelle erikseen painamaan kytkintä aina, kun järjestelmän

kokoonpanoa halutaan muuttaa. Kytkimien sijaan järjestelmässä käytetään osoitebittejä. Osoite on kuusibittisenä tietopakettissa. Paketin tietobiteillä kerrotaan halutut säädöt. Säätojen avulla voidaan luoda haluttuja valaistustiloja. Järjestelmässä tieto voi kulkea kahteen suuntaan, mutta vain yksi laite kerrallaan. Tämän avulla on mahdollista pollata, eli kysellä vuoron perään kultakin lampulta sen nykyinen tila ja saada tiedot mahdollisista vioista nopeasti. DALI – järjestelmä koostuu pääasiallisesti neljänlaisista komponenteista; valaisimissa olevista DALI – kuormalaitteista, ohjainpaneeleista, tunnistimista ja järjestelmien välisistä ohjainliittymistä. /1, s.292/ Liitteissä 8 – 12 lisää tietoa DALI – järjestelmään kuuluvista laitteista.

## 8.4 MUUT JÄRJESTELMÄT

Valaistuksenohjauksessa käytetään myös järjestelmiä, joita ei varsinaisesti ole luotu tehtävää varten. Nämä ovat yleensä erilaisia rakennusautomaatiojärjestelmiä, jotka ohjaavat kokonaisten rakennusten toiminnan. Tällaiset rakennusautomaatiojärjestelmät ovat aikaisemmin esiteltyjä valaistuksenohjausjärjestelmiä huomattavasti monimutkaisempia. Niiden käytössä ja ohjelmoinnissa vaaditaan hyvää tietoa järjestelmän toiminnasta. /1, s.306/

Useita protokollatoteutuksia verrataan ISO (International Standard Organization)– standardin OSI (Open Systems Interconnection) – malliin (Taulukko 8.6). Protokollat pyrkivät noudattamaan kyseistä mallia, mutta eivät välttämättä pilkuntarkasti.

Taulukko 8.6 OSI – standardin mukainen rakenne /1, s.304; 7, s.3-1/

Kerros	Nimitys	Selitys
7	sovellus	sovellus jolla tietoa käytetään
6	esitystapa	määrittelee eri sovellusten mahdollisuudet käyttää tietoa
5	yhteysjakso	huolehtii kahden sovelluksen välisistä kyselyistä/vastauksista
4	kuljetus	huolehtii tiedon luotettavasta siirrosta
3	verkko	määrittelee miten tietopaketit siirretään
2	siirtoyhteys	pakkaa tiedon siirtoa varten
1	fyysinen	kerroksessa määritellään esim. liittimet

### 8.4.1 LON

Echelonin kehittämä LON – järjestelmä on erittäin yhteensopiva monien erilaisten ohjainjärjestelmien kanssa, sen vuoksi se on erittäin suosittu rakennusautomaatiojärjestelmä. Se on digitaalinen kaksisuuntainen sarjaväylä monipisteyhteyksineen. Sen perusideana on yhdistää toisistaan riippumattomien laitteiden ohjaus ja käyttö laitevalmistajasta riippumattomalle väylälle. /1, s.306; 7, s.2-1/

Järjestelmään voi sulauttaa hyvin toimivasti esimerkiksi DMX – tai DALI – järjestelmän. LON käyttää EIA485 – signaalia tiedonsiirtoon. Järjestelmässä itsessään on tarpeelliset ohjauskäskyt erilaisten valaistustilojen luomiseen. LON on hajautetun älyn järjestelmä, kuten DALI, mutta LONin yksiköt eli solmut, ovat monipuolisemmin ohjelmitavissa ja siten myös suurempia sekä kalliimpia. Sen vuoksi LONia ei kannata käyttää pelkästään valaistuksenohjaukseen, vaikka se siihen kykeneekin. Jokainen solmu sisältää Neuron-piirin, väyläsovittimen, virtalähteen ja kiteen tai keraamisen oskillaattorin, jonka avulla prosessori ja väyläsovitin tahdistetaan. /1, s.306; 7, s.2-8/

## 8.4.2 CAN

CAN kehitettiin Robert Bosch GmbH:n toimesta autotehtaita silmälläpitäen, mutta sen käyttö levisi laajasti muillekin aloille. Toisin kuin LON, CAN ei pyri olemaan täysin yhteensopiva kaikkien järjestelmien kanssa. CAN – protokolla pyrkii ainoastaan säilyttämään kahden alimman OSI – standardin tason yhteensopivuuden.

CAN ei käytä tiedonsiirrossa osoitteellisuutta, vaan lähettää kaikki viestit eteenpäin ilman osoitteita. Vastaanottava pää suodattaa kaikki viestit ja päättää mitä se käyttää. CANilla kyetään tehokkaaseen ja nopeaan reaaliaikaiseen ohjaukseen. CAN on tärkeä valaistuksenohjauksessa kahdesta syystä. Se on erittäin tärkeä osa kulkuvälineiden valaistuksenohjauksessa ja sen piirit kykenevät huolehtimaan helposti keskikokoisten valaistusjärjestelmien ohjauksesta. /1, s.311/

## 8.4.3 MUUT PROTOKOLLAT

### EIB

EIB – protokolla, joka on eräs taloautomaation väyläratkaisu, käytetään myös valaistuksen ohjaukseen. Sillä ohjataan monia eri järjestelmiä teollisuuden alalla kelloista antureihin, mutta sitä käytetään myös erilaisissa taloautomaation käytöissä. /1, s.314/

### Sähköverkko

Sähköverkon kautta on mahdollista lähettää korkeataajuisena ohjaussignaaleja ilman, että se häiritsee normaalia sähköverkon käyttöä. Ongelmana järjestelmässä on sähköverkon monimutkaisuus, sen vaihtelevat reitit, umpikujat jne. Ilman erikoistuneita välineitä signaalien lähetyksen ja vastaanottamisen kapasiteetti huononee huomattavasti. Myös sähköverkon häiriöt voivat aiheuttaa tiedon korruptoitumisen ja siten häiriötä haluttuun ohjaukseen. Tällaisesta esimerkkinä on X10 – protokolla. Se käyttää tiedonsiirrossa 1 ms mittaisia 120 kHz pulsseja. /1, s.317/

## 9 YHTEENVETO

Menneinä aikoina päreen valo oli riittävä. Teollistumisen ja kaupungistumisen myötä valoisan ajan tarve ihmisillä on lisääntynyt. Sähkövalo on mullistanut elämäntavan tarjoamalla ihmisille mahdollisuuden toimia täysipainoisesti vuorokaudenajasta riippumatta. Tämä on johtanut siihen, että valaistus kuluttaa nykyään suuren määrän energiaa. Siitä taas on seurannut tarve kyetä säättämään valoa optimaalisesti energian kannalta. Myös oikeilla lamppuvalinnoilla on tärkeä osa energiansäästöissä.

Lampuista pyritään kehittämään pitkäikäisiä, hyvän valonvärin omaavia ja riittävän tehokkaita, mutta silti vähän kuluttavia. Tällaisen optimaalisen lampun kehittäminen on vaikeaa, sillä aina jonkin osa-alueen löytyessä, tulee ongelmia toisella. Silti kehitys näyttää hyvältä. LED – lamput, joiden läpimurrosta on jo vuosia puhuttu, alkavat pikkuhiljaa saavuttaa halutun tason. Niiden valonväriin ja lämmönkestävyyteen sekä valokeilan kapeuteen liittyvät ongelmat ovat vielä olemassa, mutta todennäköistä on, että niistä selvitään. Myös nykyiset induktiolamput voivat osoittaa hyödyllisyytensä näinä aikoina, jolloin luontoystävällisyys on avainsana. Niiden pitkä ikä ja hyvä valovirran määrä ovat etuina kilpailussa, vaikka lamppujen hinta on vielä suhteellisen korkea.

Valaistustekniikassa pyritään nykyään luomaan mahdollisimman energiatehokkaita, mutta silti riittävästi valaisevia ympäristöjä, jotka myös miellyttävät ihmissilmää. Järjestelmistä pyritään tekemään käyttäjäystävällisempiä ja hinnaltaan sopivia tavanomaiseen kotikäyttöön. Järjestelmät ovat jo löytäneet tiensä työpaikoille, joissa niillä pystytään tehokkaasti muihin järjestelmiin yhteytettynä säästämään energiaa ja siten selvää rahaa sekä luontoa.

Tulevaisuudessa on suuressa osassa koteja todennäköisesti tietoverkkojärjestelmät, joilla kodin toimintoja voidaan ohjata paikan päältä ja etäältä. Valaistuksenohjaus on todennäköisesti integroituna näihin järjestelmiin. Tällaiset järjestelmät ovat olemassa jo nykyään, mutta vielä ei ihan keskivertokansalaisen hintaluokassa. Todennäköisesti valaistuksesta tulee entistä automaattisempaa läsnäolotunnistimiseen ja päivänvaloantureineen, mutta koskaan ei niistä tule täysin automaattisia ihmisen kontrollin tarpeen vuoksi. Tiedossa on kirkas tulevaisuus pienellä energiamäärällä.

## LÄHDELUETTELO

### Painetut lähteet:

- 1            Lighting control - technology and applications. Robert S. Simpson  
              Focal Press, Italy, 2003
- 2            Valaistustekniikka, Liisa Halonen – Jorma Lehtovaara  
              Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 1992
- 3            Fagerhult - Tuoteluettelo 2006-2007
- 4            Valaistuksesta sisätiloissa, Seppo Rihloma  
              Kustantaja Tikkurila Oy, Vantaa 1993
- 5            Sähkötekniikan historia, Ismo Lindell  
              Tammer-Paino Oy, Tampere 1994
- 6            Ihmisen fysiologia ja anatomia, Nienstedt-Hänninen-Arstila-Björkqvist,  
              WS Bookwell Oy, Porvoo 2002
- 7            LonWorks – tekniikan perusteet, Veijo Piikkilä,  
              Tammertekniikka, Tampere 2004
- 8            Suomen standardisoimisliitto, SFS-EN 12464-1, Valo ja valaistus.  
              Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus



**Sähköiset lähteet:**

- 9 WILLIAM DAVID COOLIDGE: INVENTOR, PHYSICIST, RESEARCH DIRECTOR 1873-1975, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.harvardsquarelibrary.org/unitarians/coolidge.html>
- 10 Gross Anatomy of the Eye, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://webvision.med.utah.edu/anatomy.html>
- 11 Pieni Tietosanakirja, IV San Remo-Öölanti 163-164  
[www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://runeberg.org/pieni/4/0096.html>
- 12 Ancient Lamps, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.romulus2.com/lamps/index.shtml>
- 13 Scientific & Medical Antiques, Old Technology & Books,  
[www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
[http://www.scienceantiques.com/leyden\\_jar.htm](http://www.scienceantiques.com/leyden_jar.htm)
- 14 Thomas Alva Edison, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
[http://www.americaslibrary.gov/aa/edison/aa\\_edison\\_subj\\_e.html](http://www.americaslibrary.gov/aa/edison/aa_edison_subj_e.html)
- 15 Toiminnalliset näön ongelmat, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.arlainst.fi/nv-peda/naonkaytto/ongelmat.htm>
- 16 L'histoire de l'éclairage, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://petit-bazar.unige.ch/www/2-objets/sites/lampe/4eclai.htm>
- 17 Flambeaux Procession, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.whatsonwhen.com/events/event.asp?/events/~14913.jml>
- 18 Clay Olive Oil Lamps, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.victorie-inc.us/oliveoilamps2.html>
- 19 Oil Lamp, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Oil\\_lamp](http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_lamp)
- 20 Joseph Swan, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://chem.ch.huji.ac.il/~eugeniik/history/swan.html>
- 21 The Project Gutenberg EBook of Artificial Light, by M. Luckiesh;  
[www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.gutenberg.org/files/17625/17625-h/17625-h.htm#image12>
- 22 Neon Signs & More, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.neon-signage.com/>

- 23 Macq Electronique-Home Page, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
[http://www.macqel.be/index\\_EN.php?menu=3&page=076](http://www.macqel.be/index_EN.php?menu=3&page=076)
- 24 Electromagnetic spectrum, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.yorku.ca/eye/spectru.htm>
- 25 Fluorescence in various sized CdSe quantum dots, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Fluorescence\\_in\\_various\\_sized\\_CdSe\\_quantum\\_dots.png](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Fluorescence_in_various_sized_CdSe_quantum_dots.png)
- 26 Phosphorescent, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Phosphorescent.jpg>
- 27 LAX50GUF, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
[http://www.tlc-direct.co.uk/Images/Products/size\\_3/LAX50GUF.JPG](http://www.tlc-direct.co.uk/Images/Products/size_3/LAX50GUF.JPG)
- 28 Sylvania incandescent lamps, [www-sivu][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.summit.com/markets/lighting/lamps/incandescent.asp>
- 29 Glamox Suomi (tuotteet: Index Light control\_FIN, [pdf][viitattu 15.12.2006] saatavissa:  
<http://www.glamox.fi/glx/DesktopDefault.aspx?tabindex=1&tabid=65&itemid=131598>

### Tehtäväkohtaiset suositukset

Oheiseen taulukkoon on koottu otteita standardin EN12464-1 mukaisista valaistusvaatimuksista. Standardissa käytetään jäsentelyä teollisuusalan mukaan.

EN 12464-1 on vanhoja suosituksia yksityiskohtaisempi erityisesti kouluvalaistuksessa ja sairaalataloissa. Standardissa ei ole enää omia suosituksia koskien esimerkiksi asuntoja, huoltoasemia, hissejä, kaivoksia, kirkkoja, paloasemia, posteja, pankkeja tai poliisilaitoksia. Näitä tiloja suunniteltaessa tulee käyttää soveltuvin osin muiden vastaavien tilojen suosituksia.


### Selityksiä -merkinnöille:

- 4 = värilämpötilan tulee olla vähintään 4000 K
- 5 = värilämpötilan tulee olla vähintään 5000 K
- 6 = värilämpötilan tulee olla vähintään 6000 K
- B = vuodetasolla
- C = valaistuksen tulisi olla säädetty
- E = suuret luminanssit potilaan näkökentässä estettävä
- F = stroboskooppi-ilmiö estettävä
- G = kiinnitettävä huomiota häikäisyyn
- H = syvä säteilyvalaisimien värinvalaistus voi yleisvalaistuksen osalta olla vaadittua alempi
- I = valaistussuunnittelun tavoitteena on luoda tilaan sopiva ilmapiiri
- L = lasketaan lattiatasolla
- M = yöaikaan pienempi valaistusvoimakkuus on hyväksyttävä
- N = näyttöpäätelaistuksen ohjeet otettava huomioon suunnittelussa
- P = peilivalaistuksen tulee olla häikäisemätön
- R = kiiltokuvastuminen estettävä
- S = sisään- ja uloskäyntien yhteydessä tulee olla sopeutumisyöhyke, joka auttaa silmää soputumaan valaistuseroihin tilojen välillä
- T = turvavärien tulee näkyä oikein
- U = ota huomioon myös EN12193
- V = kiinnitä huomiota pystypintojen valaistukseen


### Kulkuväylät ja rakennuksen yleiset sisätilat

Tehtävä tai tila	$E_m$	$UGR_L$	$R_a$	
<b>Liikennealueet (sisätilassa)</b>				
Liikennealueet ja käytävät (R <sub>a</sub> ja UGR <sub>L</sub> sovitettava yhteen naapuritilojen kanssa)	100	28	40	LS
Käytävät, jossa ajoneuvoja	150	28	40	L
Portait, liukuportaat				
kuljettimet	150	25	40	
Ajoluokat, lastausalueet	150	25	40	
<b>Lepohuoneet, saniteettitilat ja ensiapuhuoneet</b>				
Kahvihuoneet	200	22	80	
Lepohuoneet	100	22	80	
Kuntoilutilat	300	22	80	
Vaate-, pesu-, kylpyh. ja WC:t	200	25	80	
Sairashuone	500	19	80	
Lääkintähuone	500	19	90	4
<b>Valvomot</b>				
Talotekniset huoneet				
kytkentälaittehuoneet	200	25	60	
Telex, postitus, puhelinkeskus	500	19	80	
<b>Varastot, kylmät varastot</b>				
Varastotilat	100	25	60	
Jatuvasti miehitetyt varastot	200	25	60	
Lähetämö- ja käsittelyalueet	300	25	60	
<b>Varastointi- ja hyllystöalueet</b>				
Käytävät, ei henkilöliikennettä	20	-	40	
Käytävät	150	22	60	
Käyttö- ja ohjauspaikat	150	22	60	

### Opetustilat


Tehtävä tai tila	$E_m$	$UGR_L$	$R_a$	
<b>Lastentarhat, esikoulu</b>				
Leikki, askartelu, lastenhoito	300	19	80	
<b>Oppilaitokset</b>				
Luokat, opetustilat	300	19	80	C
Iltaopetus, aikuiskoulutus	500	19	80	C
Luentosalit	500	19	80	C
Liitutaulu	500	19	80	R
Havaintopöydät	500	19	80	
Havaintopöydät luentosalissa	750	19	80	
Piirustusallit	500	19	80	
Piirustusallit taideoppilaitoks.	750	19	90	5
Tekninen piirustus	750	16	80	
Harjoitusallit ja laboratoriot	500	19	80	
Käsityöluokat, tekniset työt	500	19	80	
Musiikkiluokat	300	19	80	
ATK-luokat (valikko-ohjaus)	300	19	80	N
Kielilaboratoriot	300	19	80	
Valmistelualueet ja työpajat	500	22	80	
Sisäänkäyntihallit	200	22	80	
Kulkuväylät, käytävät	100	25	80	
Portaat	150	25	80	
Oppil. yhteis- ja kokoontumist.	200	22	80	
Opettajainhuoneet	300	19	80	
Kirjaston hyllyjen pystypinta	200	19	80	
Kirjaston lukualueet	500	19	80	
Opetusvälinevarasto	100	25	80	
Voimistelusalit ja uimahallit	300	22	80	U
Kouluruokala	200	22	80	
Koulukeittiö	500	22	80	

### Liiketilat

Tehtävä tai tila	$E_m$	$UGR_L$	$R_a$	
<b>Liiketilat</b>				
Myyntialue*	300	22	80	
Kassa-alue ja pakkauspöytä	500	19	80	

\* Valaistusvoimakkuus ja UGR<sub>L</sub> tulee valita myymälätyypin mukaisesti

### Toimistot

Tehtävä tai tila	$E_m$	$UGR_L$	$R_a$	
<b>Toimistot</b>				
Arkistointi ja kopionti	300	19	80	
Kirjoitus, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	500	19	80	N
Tekninen piirtäminen	750	16	80	
CAD-työasemat	500	19	80	N
Kokous- ja neuvottelutilat	500	19	80	C
Vastaanottotiski	300	22	80	
Arkistot	200	25	80	

### Julkiset kokoontumistilat

Tehtävä tai tila	$E_m$	$UGR_L$	$R_a$	
<b>Yleiset alueet</b>				
Eteiset	100	(22)	80	
Vaatesäilöt	200	25	80	
Odotusaulat	200	22	80	
Lipputoimistot	300	22	80	
<b>Ravintolat ja hotellit</b>				
Vastaanottotiski, kassa	300	22	80	
Keittiö	500	22	80	S
Ravintolasali ja vastaavat tilat	-	-	80	I
Itsepalveluravintola	200	22	80	
Tarjoilupöytä	300	22	80	
Kokoushuoneet	500	19	80	C
Käytävät	100	25	80	M
<b>Teatterit, konserttisalit, elokuvateatterit</b>				
Harjoitus- ja pukeutumistilat	300	22	80	P
<b>Messut, näyttelyhallit</b>				
Yleisvalaistus	300	22	80	
<b>Kirjastot</b>				
Kirjahyllyt	200	19	80	
Lukualueet, palvelutiskit	500	19	80	
<b>Pysäköintilaitokset</b>				
Sisään/ulosajorampit (päivä)	300	25	20*	L
Sisään/ulosajorampit (yö)	75	25	20*	L
Ajoradat	75	25	20*	L
Pysäköintialueet	75	-	20*	LV
Lipunmyynti	300	19	80	L

\* Turvavärien havaitsemiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota

### Kuljetus- ja liikennealueet

Tehtävä tai tila	$E_m$	$UGR_L$	$R_a$	
<b>Lentoasemat</b>				
Tulo- ja lähtöhallit				
matkatavarahallit	200	22	80	H
Yhdyskäytävät, liukuportaat, kuljettimet	150	22	80	
Lähtöselvitys, neuvonta	500	19	80	N
Tulli ja passintarkastus	500	19	80	V
Odotustilat	200	22	80	
Matkatavaratilat	200	25	80	
Turvataarkastusalueet	300	19	80	N
Lennonjohtotorni*	500	16	80	CN
Huolto- ja korjaushallit	500	22	80	H
Moottorien testausalueet	500	22	80	H
Mittausalueet lentokonehalleissa	500	22	80	H
<b>Rautatiet</b>				
Katetut laiturialueet ja matkustajatunnelit	50	28	40	
Asemahalli	200	28	40	
Lippu- ja matkatavara-toimistot sekä palvelutiskit	300	19	80	
Odotushuoneet	200	22	80	

\* Päivänvalon aiheuttamaa häikäisyä on rajoitettava. Heijastukset ja kiillot ikkunoista yöaikaan estettävä.

## Terveydenhoitotilat

Tehtävä tai tila	$E_m$	UGR <sub>t</sub>	$R_a$	i
<b>Yleiskäyttöhuoneet</b>				
Odotushuoneet	200	22	80	L
Käytävät päivällä	200	22	80	L
Käytävät yöllä	50	22	80	L
Päivähuoneet	200	22	80	L
<b>Henkilökunnan huoneet</b>				
Toimistotilat	500	19	80	
Henkilökuntatilat	300	19	80	
<b>Vuodosastot, synnytysosastot</b>				
Yleisvalaistus	100	19	80	EL
Lukuvalaistus	300	19	80	
Yksinkertaiset tarkastukset	300	19	80	
Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	90	
Yö- ja huomiovalaistus	5	-	80	
Potilas WC:t ja kylpyhuoneet	200	22	80	
<b>Tutkimushuoneet (yhteis-)</b>				
Yleisvalaistus	500	19	90	
Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	90	
<b>Silmätutkimus</b>				
Yleisvalaistus	300	19	80	
Silmän ulkopuolinen tutkimus	1000	-	90	
Näkö- ja värinäkö tarkastus	500	19	90	
<b>Korvatutkimus</b>				
Yleisvalaistus	300	19	80	
Korvatutkimus	1000	-	90	
<b>Synnytyshuoneet</b>				
Yleisvalaistus	300	19	80	
Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	80	
<b>Toimenpidehuoneet (yhteis-)</b>				
Dialyysi	500	19	80	C
Dermatologia	500	19	90	
Endoskopia	300	19	80	
Kipsaushuoneet	500	19	80	
Lääkekylyt	300	19	80	
Hieronta ja radioterapia	300	19	80	
<b>Leikkaussalit</b>				
Valmistelu ja heräämö	500	19	90	
Leikkaussali	1000	19	90	
Toimenpidealue	10k-100k			
<b>Teho-osasto</b>				
Yleisvalaistus	100	19	90	B
Yksinkertaiset tarkastukset	300	19	90	B
Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	90	B
Yövalvonta	20	19	90	
<b>Hammaslääkärit</b>				
Yleisvalaistus	500	19	90	G
Hoitotuoli (potilas)	1000	-	90	
Toimenpidealue	5000	-	90	
Hampaan valkoisuuden arvointi	5000	-	90	6
<b>Laboratoriot ja apteekit</b>				
Yleisvalaistus	500	19	80	
Värintarkastus	1000	19	90	6
<b>Sterilointitilat</b>				
Sterilointi ja desinfektio	300	22	80	

## Toellisuuden valmistus ja käsityö

Tehtävä tai tila	$E_m$	UGR <sub>t</sub>	$R_a$	i
<b>Maatalous</b>				
Tavaroiden lastaus, käsittely laitteiden ja koneiden käsittely	200	25	80	
Karjarakennukset	50	-	40	
Sairaseläinkarsinat, vasikoita	200	25	80	
Rehunkäsittely, maitohuoneet ja laitteiden puhdistus	200	25	80	
<b>Leipomot</b>				
Valmistelu ja leivonta	300	22	80	
Viimeistely, kuorutus, koristelu	500	22	80	
<b>Jalokiviteollisuus</b>				
Jalokivien työstäminen	1500	16	90	4
Korujen valmistus	1000	16	90	
Kellojen valmistus (käsityö)	1500	16	80	

## Toellisuuden valmistus ja käsityö

tila	$E_m$	UGR <sub>t</sub>	$R_a$	i
<b>Kemian-, muovi- ja kumiteollisuus</b>				
Kauko-ohjatut prosessit	50	-	20	T
Miehitetyt prosessitilat	300	25	80	
Tarkkuusmittaus, laboratoriot	500	19	80	
Farmaseuttinen tuotanto	500	22	80	
Renkaiden valmistus	500	22	80	
Värien tarkastus	1000	16	90	4
Leikkaus, viimeistely, tarkastus	750	19	80	
<b>Sähköteollisuus</b>				
Kokoonpano, isot (muuntaja)	300	25	80	H
Kokoonpano, keskikoko (keskus)	500	22	80	H
Kokoonpano, pieni puhelin	750	19	80	
Kokoonpano, tarkkuustyö	1000	16	80	
Elektronikkapajat, testaus, säätö	1500	16	80	
<b>Elintarvike- ja nautintoaineteollisuus</b>				
Työpisteet yleensä	200	25	80	
Lajittelu, pesu, jauhatus, sekoitus, pakkaus, hedelmien ja vihanneksen viipalointi ja lajittelu	300	25	80	
Kriittiset alueet ja työpisteet	500	25	80	
Lasien ja pullojen tarkastus, tuotevalvonta, koristelu	500	22	80	
Laboratoriot	500	19	80	
Väritarkastus	1000	16	90	4
<b>Parturit- ja kampaamot</b>				
Hiusuutuotilo	500	19	90	
<b>Pesulat ja kemialliset pesulat</b>				
Vastaanotto, merkintä, lajittelu	300	25	80	
Pesu, kuivapesu, silitys	300	25	80	
Tarkastus ja korjaus	750	19	80	
<b>Nahka- ja nahkatuotteet</b>				
Lajittelu	500	22	90	4
Tikkaus, ompelu, kiilloitus, leikkaus	500	22	80	
Laaduntarkastus	1000	19	80	
Väritarkastus	1000	16	90	4
Kenkien, käsineiden valmistus	500	22	80	
<b>Metalliteollisuus ja metallin käsittely</b>				
Hitsaus	300	25	60	
Karkea/keskitarkka koneistus	300	22	60	
Tarkka koneistus, hionta	500	19	60	
Levyntyöstö (paksuus yli 5 mm)	200	25	60	
Levyntyöstö (paksuus alle 5 mm)	300	22	60	
Leikkausvälineiden valmistus	750	19	60	
Kokoonpano (isot kappaleet)	200	25	80	H
Kokoonpano (hieno)	500	22	80	H
Pintakäsittely ja maalaus	750	25	80	
Työkalut, hienomekaniikka	1000	19	80	
<b>Paperi- ja paperituotteet</b>				
Kuulamylyt, sellutehtaat	200	25	80	
Paperin ja kartongin valmistus	300	25	80	
Taitto, leikkaus, sidonta, liimaus	500	22	80	
<b>Kirjapainot</b>				
Painotyöt, leikkaus, lajittelu	500	19	80	
Ladonta, retusointi, litografia	1000	19	80	
Moniväripainatuksen väritarkastus	1000	19	90	
Teräksen ja kuparin kaiverrus	2000	16	80	
<b>Tekstiiliteollisuus</b>				
Karstausta, pesu, silitys, veto	300	22	80	
Kehruu, vyyhteäminen, keriminen	500	22	80	F
Kudonta, punonta, neulominen	500	22	80	F
Käsinsuunnittelu, kaavojen teko	750	22	90	4
Viimeistely, värjäys	500	22	80	
Kuivaushuone	100	28	60	
Automaattinen painatus	500	25	80	
Nukan poisto, puhdistus	1000	19	80	
Väritarkastus, kudoksen tarkastus	1000	16	90	4
<b>Puutyö ja puunkäsittely</b>				
Sahaus	300	25	60	F
Puusepäntyö, liimaus	300	25	80	
Kiilloitus, maalaus, tarkkuustyö	750	22	80	
Työskentely puuntyöstökoneilla	500	19	80	F
Viilun lajittelu, upotus, koristelu	750	22	90	4

## Suunnittelun muistilista:

### 1. Selvitä, mitä töitä tilassa tehdään?

- Mikä on tyypillisin tehtävä?
- Mitä töitä tehdään vain harvoin?
- Miten tehtävät vaihtelevat eri vuorokauden ja vuodenaikoina?
- Aseta energiankulutukseen ja valaistushuoltoon sekä ympäristönsuojeluun liittyvät tavoitteet.

### 2. Mitä arvoa tilassa on käytettävä (suuri, normaali, pieni)?

- Valitse valaistustaso yleisimmän tehtävän mukaan, mikäli kriittiset tehtävät eivät edellytä parempaa valaistusta. Ota huomioon myös turvallisuus, viihtyvyys ja valaistusestetiikka.
- Noudata sivun 443 muistilistan ohjeita poikkeamisesta ylös/alas
- Valitse arvo lukusarjan avulla
- Selvitä, mitä muita vaatimuksia tilassa on noudatettava

### 3. Paikallista työaluetta

- Mikäli nämä tunnetaan, valaistus voidaan mitoittaa tarkasti työalueille
- Määritä työalueen koko yhteistyössä tilaajan kanssa
- Mikäli työalueiden sijaintia ei tunneta, tulee käyttää siirrettävää valaistusta tai mitoittaa valaistus niin, että vaatimukset toteutuvat kaikissa paikoissa, johon työpiste voidaan sijoittaa.
- Näkökohteen tulee olla paremmin valaistu kuin taustansa, jotta näkö tarkkuus olisi mahdollisimman hyvä.

### 4. Päätä välittömän lähiympäristön mitat

- Se ulottuu vähintään 0,5 m työalueen ulkopuolelle.
- Kasvata välittömän lähiympäristön kokoa, kun:
  - työalue on pieni
  - työalueella esiintyy suuria valaistusvoimakkuuksia
  - työ on liikkuvaa
  - mikäli välittömät lähiympäristöt tulevat lähelle toisiaan (esim < 1 m)
- Muista myös tilan muunneltavuus
- Valitse välittömän lähiympäristön valaistusvaatimukset työskentelyalueen valaistusvoimakkuuden avulla s. 443 taulukosta.

### 5. Päätä tilan yleisvalaistustaso

- 1/3 työalueen valaistusvoimakkuudesta, ellei tilaaja vaadi muuta.
- Vähintään 200 lx, mikäli tilassa oleskellaan jatkuvasti.
- minimi vähintään 1/5 työalueen vaatimuksesta

### 6. Näköympäristö

- Noudata pintojen väriyksessä sivun 444 suosituksia.
- Käytä pinnoilla sivun 449 ohjeiden mukaisia valaistusvoimakkuuksia.
- Muista pystypintojen valaistus (erityisesti pienluminanssi- ja downlight-valaisimien kanssa).

### 7. Häikäisyn rajoittaminen

- Avoimien valaisimien rakenteellisen häikäisysojauksen vaatimukset ovat sivulla 444
- Häikäisysojauksen valintaohjeita on sivulla 460-461.

### 8. Muista myös valaistuksen muut laatuvaatimukset, s. 452 - 453.

# 1-10V Analoginen ohjaus

- Standardoitu tekniikka
- Laaja valikoima tuotteita
- Himmentää 1 % asti

Yleisin tapa ohjata loistevalaisimia on 1-10V ohjaus. Valaisimissa tulee olla 1-10V ohjaukseen soveltuvat elektroniset HFDa liitännälaitteet. Valaistusta ohjataan 1-10V ohjausjännitteellä säätöpotentiometrillä. Markkinoilla on myös muuntajia matalajännitteisiä halogeenivalaisimia varten, joita voidaan ohjata 1-10V ohjausjännitteellä.

## Etuja

Järjestelmä on standardoitu ja useilla toimittajilla on sekä pieniä että suurempia säätöyksiköitä.

## Haittoja

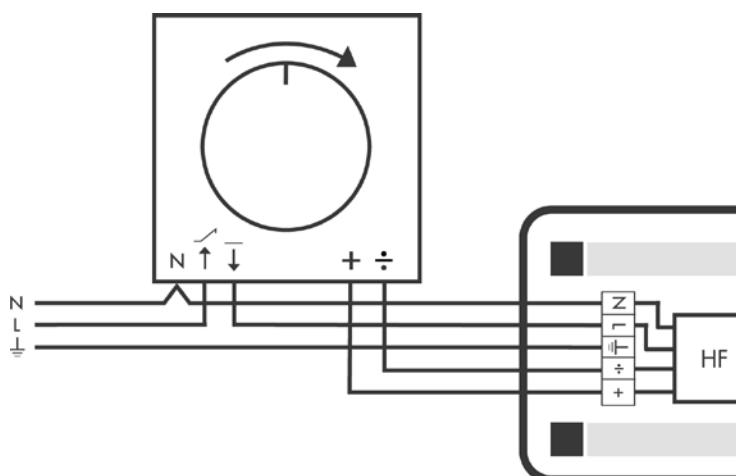
Valaistuksen säätäminen on riippuvainen loistelampun tyypistä ja värisävystä. Säätimellä tulisi säätää vain samantyyppisiä lamppeja. Koska ohjausjännite on analoginen 1-10V saattaa häviö olla suuremmissa kohteissa niin suuri, että systeemin ensimmäinen ja viimeinen valaisin säätävät silmin nähdessä eri lailla. 1-10V ohjausta ei voi käyttää päälle / poislytkimänä.

## Asennus

Vaihe-, nolla- ja suojamaajohtimet sekä kaksi johdinta 1-10V ohjausjännitteitä varten. Ohjausjännitteen häviömahdollisuuden takia tulee käyttää vähintään 0,75 mm ohjauskaapelia. Kohteessa tulee käyttää 1-10V ohjaukseen soveltuvaa säädintä.

## Valaisimet

Analogiseen 1-10V säätöön soveltuvat valaisimet on tässä luettelossa merkitty tunnuksella HFDa. Jos haluamaasi tuotetta ei löydy ota yhteyttä alueesi myyjään.



# DSI - Digitaalinen ohjaus

- Ei polariteettiongelmia
- Ohjausjännitteen vaihtelusta riippumaton
- Valaistus saadaan kokonaan pois päältä
- Voidaan jakaa ohjausalueisiin valaisinten ryhmyksestä riippumatta

Valaistuksen digitaalinen ohjaus tuli mahdolliseksi vuonna 1992, kun Tridonic lanseerasi DSI-järjestelmänsä. Valaisimissa tulee olla elektroniset liitäntälaitteet ja toimintaperiaate on sama kuin 1-10V ohjauksessa. Ohjauksikäsky valaisimille menee digitaalisessa muodossa ja näin on välttytty häiriöiltä. DSI-signaalilla voidaan ohjata myös halogeeni- ja hehkulamppuja tätä varten kehitettyjen säätötarvikkeiden avulla.

## Etuja

Häiriötön järjestelmä. Järjestelmän avulla voidaan valot sammuttaa kokonaan. Varsin pienikokoisilla ja kohtuhintaisilla säätöyksiköillä voidaan ohjata samanaikaisesti monta valaisinta.

## Haittoja

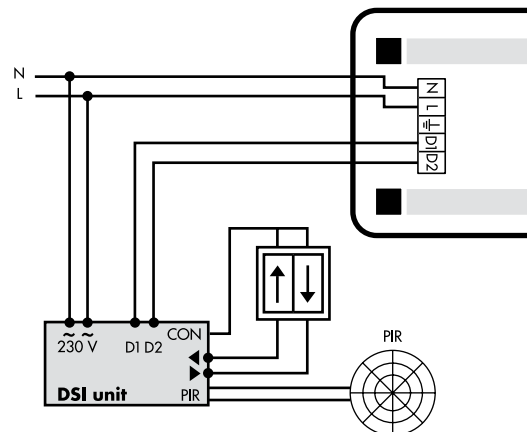
Koska kohteessa tulee olla DSI-signaalia lähettävä keskusyksikkö nousee hankintahinta pienissä kohteissa korkeaksi. Siksi suosittelemme pieniin kohteisiin "SwitchDimiä".

## Kytkenä

Valaisimissa tulee olla 5-napainen ryhmäjohton liitin ja HFDD liitäntälaitte. Kaikien valaistukseen ohjaukseen käytettävien komponenttien tulee olla DSI-BUS yhteensopivia.

## Valaisimet

DSI-säätöön soveltuvat valaisimet on tässä luettelossa merkitty tunnuksella HFDD. Jos haluamaasi tuotetta ei löydy ota yhteyttä alueesi myyjään.



# Digital DSI - Osat

- Liike
- Päivänvalo
- Pulssiohjaus



**DSI-V/T: 66 302 68**

## DSI-V/T

Ohjausmoduuli yhdelle tai kahdelle pulssikytkimelle sekä tuloliitännät liikeanturille (PIR) ja valaistustason esiasetuskytkimelle.

Yksikkö toimii myös DSI-ohjaussignaalin vahvistimena. Voit liittää myös 50 DSI-liitintä DSI-jakorasiasta. Jos se ei riitä, liitä DSI-V/T, niin saat 50 lisäliitintä.



**DSI-A/D: 20823263**  
**DSI-A/DS: 61500014**

## DSI-A/D

Ohjausmoduuli/liitintä 1–10 voltin potentiometrille tai näkyvälle jännitteelle. Yksikkö muuntaa 1–10 voltin analogisen signaalin DSI-signaaliksi, jota voidaan sen jälkeen käyttää DSI-liitännällä varustetuilla valaisimilla. Yhteen DSI-AD-moduuliin voidaan liittää enintään 50 DSI-liitintä.



## DSI-RK

DSI-rajapinta, jolla voidaan kytkeä muita kuormia kuin himmennettäviä loistevalaisimia päälle ja pois päältä. Suurin induktiivinen ja kapasitiivinen kuorma on 200 VA. Suurin suhteellinen kuorma on 500 W.

## Dimlight 1000 DALI/DSI CR

Rajapinta DSI:stä tai DALI:sta elektronisten muuntajien tai hehkulamppujen himmennuksen vaiheistamiseen. Kuorma on 20–1 000 VA.

Puolivalo 1000 DALI/DSI R: **1410514**

### Valaistustavan ohjaus LCP4/8

Neljän (LCP4) tai 8 (LCP8) valaisinryhmän ohjaus, jolla voidaan asettaa jopa seitsemän valaistustapaa. Ohjauspaneeli sopii yhteen seinärasiaan. Se voidaan toimittaa kaukosäädöllä varustettuna.

LCP4-ohjauspaneeli:	<b>24011298</b>
LCP8-ohjauspaneeli:	<b>1410558</b>
LCP4-kaukosäädin:	<b>24011277</b>
LCP8-kaukosäädin:	<b>1410559</b>
LCP4-infrapunavastaanotin:	<b>24011278</b>
LCP8-infrapunavastaanotin:	<b>1410560</b>
DSI Excel -säätörasia:	<b>1430276</b>

Voidaan toimittaa myös 1–10 voltiin järjestelmään. Ota yhteyttä ja kysy lisätietoja.

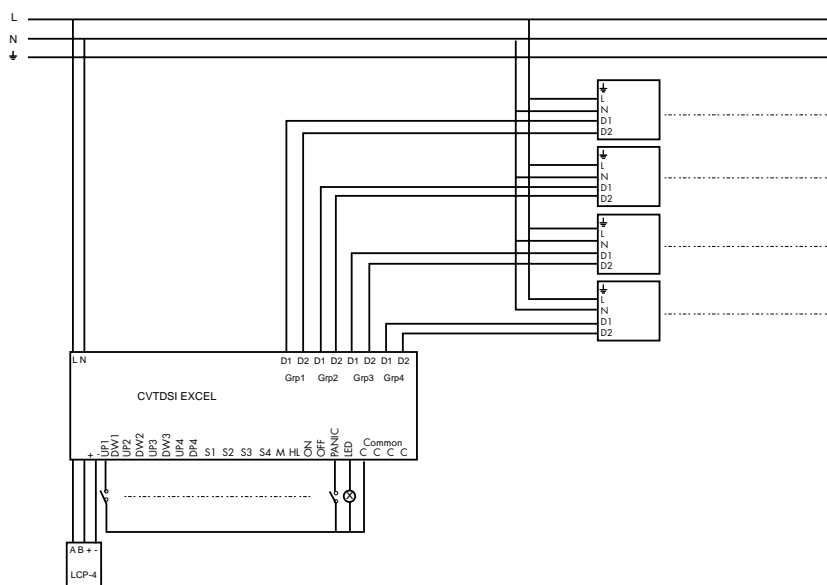


### Piirikaavio

Kaaviossa on CVT-DSI EXCEL -alakeskus, joka on kytketty LCP4-ohjauspaneeliin.

Voit sijoittaa valaistustavan kytkimet helposti haluamiisi paikkoihin huoneessa. Ne on kytketty pisteisiin S1–S4.

Kaukosäädintä käytettäessä infrapunavastaanotin kytketään samaan kytkentäpisteeseen kuin LCP4.





# SwitchDim

- Pieniin valaistuskohteisiin
- Helppo asentaa
- Helppo käyttää

SwitchDim ohjaus perustuu DSI-teknikkaan, mutta signaalin lähettämiseen ei käytetä DSI:tä. Kytintä käytettäessä alkaa ohjausjärjestelmä säätää valaisinta noin kahden sekunnin kuluttua. Säätö tapahtuu ylös- ja alaspäin joka toinen kerta ensin.

## Etuja

Yksinkertainen ja luotettava järjestelmä. Edullinen silloin, kun säädettäviä valaisimia on vähän.

## Haittoja

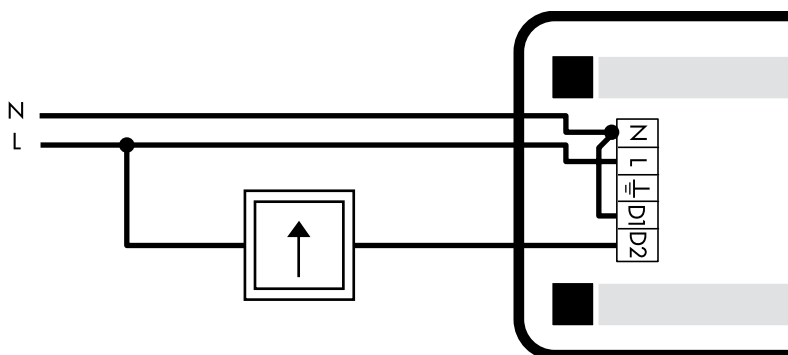
Yhtä säädintä kohden voi olla korkeintaan viisitoista valaisinta. Kaikki ohjattavat valaisimet täytyy kytkeä samalle vaiheelle.

## Kytcentä

Valaisimen kytkentä toteutetaan viereisen kaavion mukaisesti.

## Valaisimet

Switch Dim-säätöön soveltuvat valaisimet on tässä luettelossa merkitty tunnuksella HFDd. Jos haluamaasi tuotetta ei löydy ota yhteyttä alueesi myyjään. Saatavissa on myös vetonarukytkimellä ohjattavia SwitchDim valaisimia.



# DALI

- Digitaalinen
- Osoitteellinen
- Valaistus
- Linkki
- Himmentää 1 % asti



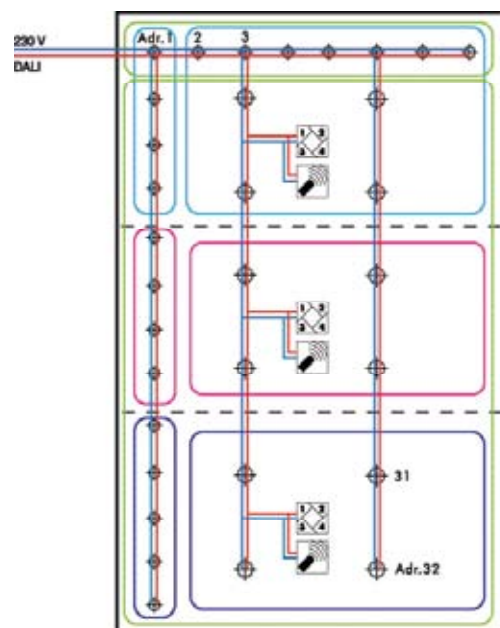
## DALI

Vuonna 1996 alettiin kehittää digitaalista standardia valaisinvalmistajille ja syksyllä 1999 se valmistui. Nimekseen se sai DALI -sanoista Digital Adressable Light Interface. Digitaalisesta DSI systeemistä DALI eroaa siten, että DALI:ssa on kaksisuuntainen tiedonkulkua mahdollista. Saadaan tietoa onko loisteputki OK, onko se toiminnassa. Vallankumouksellista on, että valaisimilla on osoite. Väylää kohden voi olla 64 osoitteellista valaisinta, jotka voidaan ryhmitellä 16 ryhmään. Tilan uudelleen kalustaminen ja muut muutokset voidaan toteuttaa erittäin joustavasti. Suurin ero perinteiseen BUS-järjestelmään on hankintahinta.

DALI helpottaa valaistuksen keskitettyä ohjausta myös BUS-järjestelmässä. Käytettävissä on väylän 64 osoitetta 16 ryhmässä kyseessä olevassa järjestelmässä.

Valaisimissa, joita ohjataan DALI-järjestelmällä tulee olla DALI-ohjauskomponentti. DALI-ohjattuja valaisimia voi säätää säätöohjelmaa käyttäen PC:llä.

Meiltä saat halutessasi lisää tietoa.



Zone 1-2 Zone 3-4 Zone 5-6 Zone 7-8

Suuret salit voidaan jakaa kolmeen pienempään osaan. Ohjaus DALIlla.

## DALI KISS/Tridonic

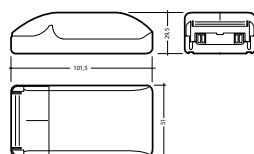


Keep It Simple and Smart (KISS) on Tridonicin DALI-tuotteiden nimi. Tuotteet ovat hinnaltaan kilpailukykyisiä, voidaan asentaa rasiaan ja ohjelmointi on helppoa. Ohjelmointi voidaan tehdä itse komponentissa tai Pcllä DALI-SCI:llä.

TRIDONIC.ATCO



1410592

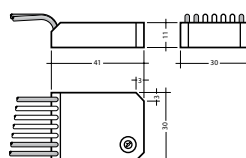
**DALI - SCI**

Rajapinta tietokoneella tapahtuvaan ohjaukseen ja ohjelmointiin.

Syöttö DALI-väylän ja RS232:n kautta  
Virrankulutus: 6 mA  
Tulo: RS232  
Lähtö: 1 DALI



1410594

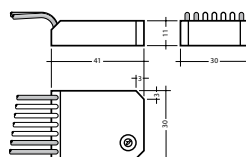
**DALI - SC-A**

Asenna DALI-yksikkö.  
Ohjaa enintään neljää valaistustapaa pulssikytkimillä.

Syöttö DALI-väylän ja RS232:n kautta  
Virrankulutus: 6 mA  
Tulo: 4, yksittäinen  
Lähtö: 1 DALI  
Valaistustavat: 16



1410595

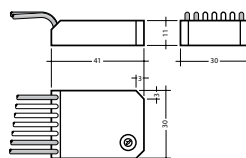
**DALI - GC-A**

Asenna DALI-yksikkö.  
Ohjaa kahta valaisinryhmää pulssikytkimillä.

Syöttö DALI-väylän ja RS232:n kautta  
Virrankulutus: 6 mA  
Tulo: 4, yksittäinen  
Lähtö: 1 DALI  
Valaistustavat: 16



1411063

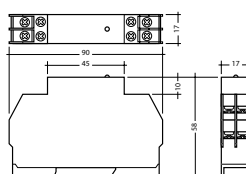
**DALI - DSI**

Rajapinta DALI:sta DSI:hin. Käytetään kytkemään suuri määrä yksiköitä DALI:n.

Syöttö DALI-väylän ja RS232:n kautta  
Virrankulutus: 6 mA  
Tulo: DALI  
Lähtö: DSI (Maks. viisi DSI-kytkentää).



1410593

**DALI - PS**

DALI-väylän virransyöttö. Asennetaan kaappiin.

Syöttö 220–240 V 50/60 Hz  
Virrankulutus: Määräytyy kuorman mukaan  
Lähtö: 1 DALI  
Suurin kuorma: 200 mA

# DALI Helvar - Digidim



## Helvar



Helvar oli yksi ensimmäisistä yrityksistä, jotka valmistivat osia DALI:lle. Kytkinpaneelien ja infrapunavastaanotinten kehittämisen lisäksi Helvar on kehittänyt yleisanturin, jossa on yhdysrakenteinen liiketunnistin, infrapunavastaanotin ja päivänvaloanturi. Näillä osilla voimme rakentaa DALI-järjestelmästä täydellisen valaistuksen ohjausjärjestelmän.

### Multisensor 312

Yleisanturi, jossa on yhdysrakenteinen liiketunnistin, päivänvaloanturi ja kaukosäädön infrapuna-anturi.

Syöttö DALI-väylän kautta  
Jatkuva valaistus: 5–5 000 luksia  
40 tai 100o avoin kulma  
PIR-tunnistin: 360o avoin kulma  
8 metrin alue.

Sensor 312: **1472567**  
Kauko-ohjain 303: **1472570**



### DALI-virtalähde 402

Virtalähde DALI-verkkoon 250 mA:n maksimikuormalla. 85–264 voltin syöttöjännite. Yhdysrakenteinen ylikuormenemissuoja.

Digidim 402: **1472540**



### DALI - LON Gateway 430

DALI-yhdysväylä Lonwork-verkkoliitintä varten. Lonmark 3.2 LPT10-virralla. Flash-päivitetävä ohjelmisto.

Gateway 430: **1472572**



### Yleishimmennin 452

DALI-yhteensopiva vaihesiirtohimmennin kaikille kuormille 1 000 wattiin asti. Kuorman tyyppi valitaan käyttämällä kannessa olevaa vaihtokytkintä.



### Ohjauspaneeli

Ohjauspaneeli, joka voidaan ohjelmoida ennakkoon tai käyttämällä DALI-ohjelmistoa. Yhdysrakenteinen infrapunavastaanotin Helvar Digidim 303 -kaukosäädintä varten.

Digidim 125,  
Valkoinen: **1472524**  
Digidim 125,  
Teräs: **1472527**

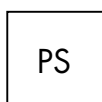


# DALI Liitântä

Esimerkki auditorioliitännöistä, jotka voidaan jakaa kolmeen pienempään tilaan tarpeen mukaan.



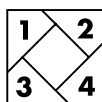
## Käytetyt komponentit



**Tridonic**  
DALI-PS  
**Helvar**  
Virtalähde 402

1410593

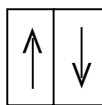
1472540



**Tridonic**  
DALI-SC-A  
**Helvar**  
Digidim 124, Valkoinen

1410594

1472524



**Tridonic**  
DALI-GC-A  
**Helvar**  
Digidim 124, Valkoinen

1410595

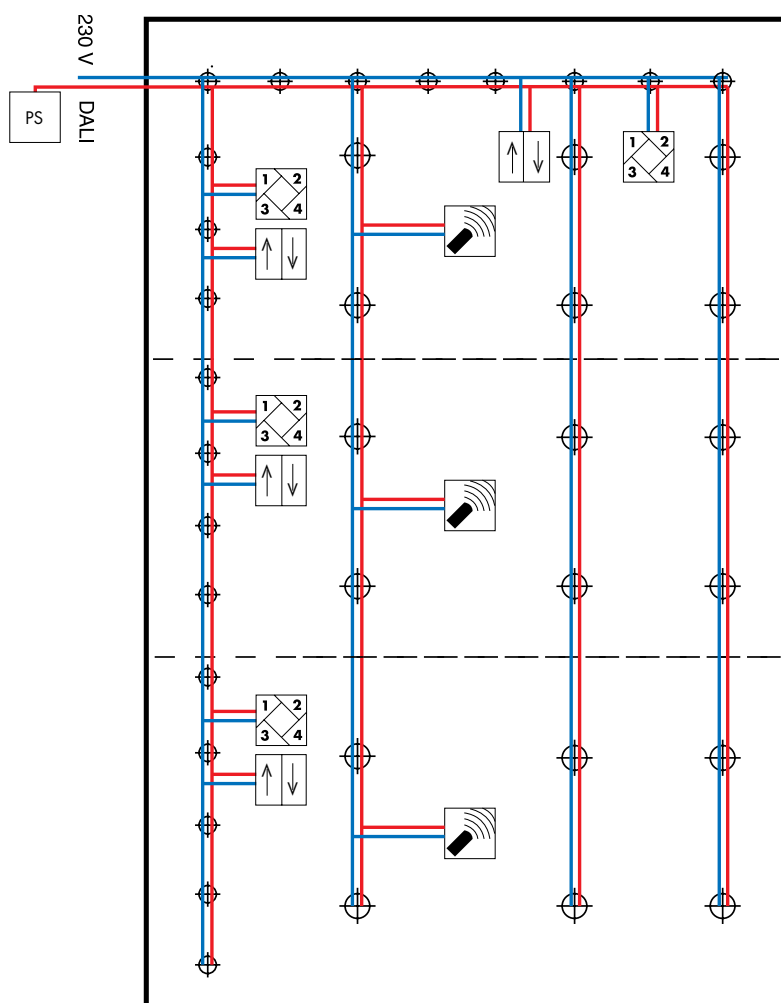
1472524



**Helvar**  
Multisensor 312  
Kauko-ohjain 303

1472567

1472570



# DALI Liitântä

Esimerkki auditorioliiännöistä, jotka voidaan jakaa kolmeen pienempään tilaan tarpeen mukaan. Osoitteiden määrää rajoitetaan DALI-DSI-yhdysvälillä.

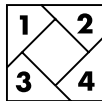


## Käytetyt komponentit



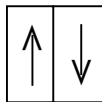
**Tridonic**  
DALI-PS  
**Helvar**  
Virtalähde 402

**1410593**  
**1472540**



**Tridonic**  
DALI-SC-A  
**Helvar**  
Digidim 124, Valkoinen

**1410594**  
**1472524**



**Tridonic**  
DALI-GC-A  
**Helvar**  
Digidim 124, Valkoinen

**1410595**  
**1472524**



**Helvar**  
Multisensor 312  
Kauko-ohjain 303

**1472567**  
**1472570**



**Tridonic**  
DALI-DSI

**1411063**

