



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Krister Laikka

# Kenttämittauksissa käytettävien valaistusvoimakkuus- ja värimittareiden arviointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

15.5.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Krister Laikka Kenttämittauksissa käytettävien valaistusvoimakkuus- ja värimittareiden arviointi 25 sivua + 3 liitettä 15.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Insinööriyössä on tutkittu Metropolia AMK:n omistamien valaistuksen kenttämittauslaitteiden toimintakuntoa vertaamalla niitä kahteen nykyaikaiseen laitteeseen. Työn keskeisenä tehtävänä oli verrata oppilaitoksen kalibroimattomia valaistusvoimakkuus- ja värimittareita Suomen Valoteknillinen Seura ry:n hallussa oleviin kalibroituhiin laitteisiin.</p> <p>Mittaukset suoritettiin asentamalla valaisin ensin metrin korkeudelle mittarin yläpuolelle ja mittaus toistettiin viisi kertaa. Sen jälkeen mitattiin vielä kertaalleen valaisimen ollessa kahden metrin korkeudessa.</p> <p>Työn toisena tarkoituksena tehdä lisäksi suomenkielinen pikakäyttöopas em. Suomen Valoteknillisen Seuran mittareihin. Käyttöoppaissa annetaan vain ohjeet laitteen käyttöönottoon ja siinä ei neuvota ohjelmiston käyttöä tai anneta ohjeita tuloksien tulkintaan. Ohjeet löytyvät liitteistä.</p> <p>Työn lähdetiedot ovat peräisin ammattikirjallisuudesta, Suomen Valoteknillisen Seuran järjestämän Valoakatemian luentomonisteista, oppimateriaalista, laitteiden ohjekirjoista ja internetistä.</p> <p>Lopuksi todettiin, että kalibroimattomat mittarit toimivat hyvin ikä huomioiden ja suositus olisi, että koulu ostaisi yhden nykyaikaisen mittarin. Jos uuden mittarin säännöllisestä kalibroinnista huolehditaan, voisi se toimia vertailumittarina vanhemmille laitteille.</p>	
Avainsanat	Valonmittaus, valaistuksen suure, mittalaite

Author Title Number of Pages Date	Krister Laikka Lighting Intensity and Color meter Evaluation Used for Field Measurements 25 pages + 3 appendices 15 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Thesis is to examine the working condition of the field measuring instruments owned by Metropolia University of Applied Sciences by comparing them with two modern devices. The main task of the work was to compare the calibrated illuminance and color meters of the institution with calibrated equipment in the possession of Illuminating Engineering Society of Finland. It is not possible to rely on the results of a non-calibrated device and, for example, therefore is not used for commercial purposes.</p> <p>Measurements were made by first installing the luminaire at the height of one meter above the device and measuring five times. It was then measured once more at a height of two meters.</p> <p>The second purpose of the work was to make a Finnish Quick Start Guide for the meters of Illuminating Engineering Society of Finland mentioned above. The manuals only provide instructions on how to use the device and do not advise you on the use of the software or give instructions for interpreting the results.</p> <p>The information sources of the thesis study are professional literature, lecture notes from the Light Academy of Finland organized by Illuminating Engineering Society of Finland, educational material, device manuals and the Internet.</p> <p>Finally, it was found that non-calibrated meters work well with age, and it would be recommended that the school purchase one modern meter. Providing regular calibration of the new meter could it serve as a benchmark for older meters.</p>	
Keywords	Light measurement, lighting quantity, measuring device

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valonmittauslaite	1
3	Valonmittaus ja valotekniset suureet	2
3.1	Valonmittauksen tarkoitus	2
3.2	Valaistusvoimakkuus [E]	4
3.3	Valovoima [I]	4
3.4	Valovirta [ $\Phi$ ]	5
3.5	Luminanssi [L]	5
3.6	Väriämpötila [CCT]	6
3.7	Värintoistoindeksi [CRI]	7
3.8	Spektrinen irradianssi	9
3.9	PAR	9
3.10	Bilirubiini	10
4	Mittarit	10
4.1	Minolta T-1	10
4.2	Minolta TL-1	12
4.3	Minolta T-10	12
4.4	Minolta CL-100	14
4.5	Konica Minolta CL-500	15
4.6	Gigahertz-Optik MSC15	15
4.7	Asensetek Lighting Passport Pro	17
5	Mittaukset	19
6	Käyttökohteita	21
7	Yhteenveto	22
	Lähteet	24

## Liitteet

Liite 1. Gigahertz-Optik MSC15 pikakäyttöohje

Liite 2. Asensetek Lighting Passport Pro pikakäyttöohje

Liite 3. Mittaustulokset

## Lyhenteet

CCT	Correlated color temperature. Valkoiseksi käsitetyn valon mitattava ominaisuus, jonka yksikkö on kelvin.
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage. Kansainvälinen valaistuskomissio.
CRI	Color rendering index. Värintoisto- tai Ra-indeksi on suure, jolla mitataan valonlähteen kykyä toistaa värejä.
E	Valaistusvoimakkuus ilmaisee tietyllä pinnalle osuvan valovirran määrän.
Es	Valaistusvoimakkuus skotooppinen.
Ev	Valaistusvoimakkuus fotooppinen.
LCD	Liquid crystal display. Nestekidenäyttö.
PAR	Photosynthetic active radiation. Fotosynteesiin eli kasvien yhteyttämiseen vaikuttava säteily.
PPFD	Photosynthetic photon flux density. Fotosynteesiin eli kasvien yhteyttämiseen vaikuttavan fotonivirran tiheys.
$\Phi$	Valovirta ilmoittaa valonlähteen tuottaman kokonaisvalomäärän.
R <sub>a</sub>	Värintoistoindeksi kertoo valonlähteen kykyä toistaa tiettyjä vertailuvärejä.
V( $\lambda$ )	Silmän herkkyyden funktio fotooppinen näkö.
V'( $\lambda$ )	Silmän herkkyyden funktio skotooppinen näkö.

W/m<sup>2</sup>

Irradianssin yksikkö. Irradianssi kuvaa säteilytysvoimakkuutta eli tietyssä ajassa jollekin pinta-alalle saapuneen sähkömagneettisen energian kokonaismäärää.

## 1 Johdanto

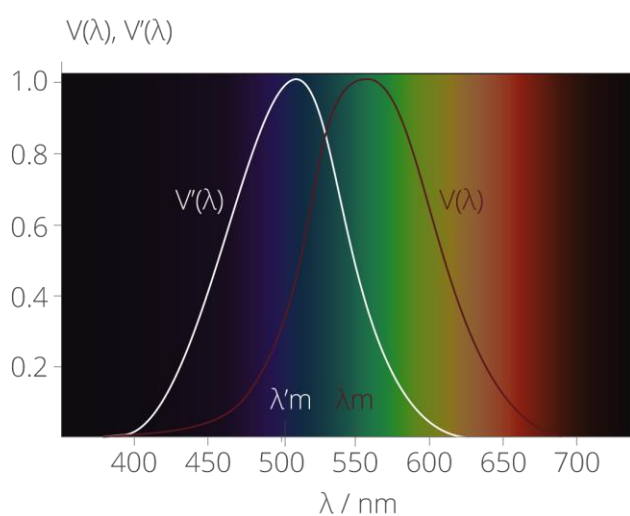
Tässä insinööriyössä perehdytään valonlähteiden kenttämittauksissa käytettäviin valaistusvoimakkuus- ja värimittareihin. Työssä tutustutaan valaistuksen suureisiin ja verrataan Metropolia AMK:n kalibroimattomien mittareiden tarkkuutta kahteen Suomen Valotekniseltä Seuralta lainattuun kalibroituun mittariin.

Suomen Valotekninen Seuralla on käytössään Gigahertz-Optik MSC15- ja Asensetek Lighting Passport Pro -mittarit. Niissä ei ollut suomenkielisiä ohjeita ja osana insinööriytöä laitteille laadittiin suomenkieliset pikakäyttöohjeet.

Työssä pohditaan myös Metropolia AMK:n mahdollisuutta tarjota kaupallisia palveluita valaistusmittauksiin.

## 2 Valonmittauslaite

Valomittari on valotekninen laite, joka mittaa näkyvän valon alueella tapahtuvaa sähkömagneettista säteilyä. Jos mittarin ilmaisimen spektrinen herkkyys on sovitettu vastaamaan CIE:n määrittelemää standardihavaintajan spektriherkkyyskäyrää eli  $V(\lambda)$ -käyrää (kuva 1), mittarista käytetään nimitystä fysikaalinen mittari.



Kuva 1. Spektriherkkyyskäyrä [1].



Valonmittauslaitteet voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan käyttötarkoituksensa ja tarkkuutensa mukaan: laboratorio- ja kenttämittauslaitteisiin. Laboratoriomittalaitteet ovat suurempia, tarkempia ja kalliimpia kuin kenttämittalaitteet. Laboratoriomittaukset suoritetaan standardiolosuhteissa, jossa kalibroidulla laitteella noudattaen mitattavalle ominaisuudelle annettuja standardin ohjeita. Valaistusominaisuuksia mitattaessa tällaisia ohjeita ovat esimerkiksi valonlähteen ikä ja käyttöaika ennen mittausta sekä valonlähteen tai valaisimen mittausasento. [2.]

Nykyinen teknologia mahdollistaa entistä pienemmät ja monipuolisemmat mittauslaitteet niin laboratorio- kuin kenttämittauslaitteissa. Insinööriyössä käytetyt valaistusmittarit ovat kenttämittauslaitteita. Osa Metropolia AMK:n laitteista on fotometrejä eli luksimittareita ja osa spektrofotometrejä, jotka pystyvät mittaamaan sekä valon perussuureita että erilaisia väriominaisuuksia. Kaksi lainassa olevaa testilaitetta ovat uudempaa sukupolvea ja pystyvät tuottamaan huomattavasti monipuolisempaa dataa kuin koulun laitteet.

### **3 Valonmittaus ja valotekniset suureet**

#### **3.1 Valonmittauksen tarkoitus**

Valonlähteiden valoteknisten mittausten tarkoitus on luotettavasti määrittää valaisimen valotekniset ominaisuudet valaistussuunnittelun pohjaksi. Tällaisia ominaisuuksia ovat muun muassa valaisimien käyttöhyötysuhde ja valonjakokäyrät. Näistä lasketaan edelleen valaistussuunnittelussa tarvittavia käyrästöjä ja taulukoita. [2.]

Erilaisia valaistusmittauksia suoritetaan valaisin- ja lamppuvalmistajien toimesta auttamaan ja helpottamaan niin valaistussuunnittelijoiden ja muiden ammattilaisten työtä kuin tavallisen kuluttajan avuksi lampun tai valaisimen valintaan.

Valotekniset ominaisuudet ovat tärkeitä myös värien määrittämisessä, sillä ihminen aistii valon silmien kautta ja ilman valoa silmä ei erota värjeä. Kuvassa 1 on esitetty ihmissilmän herkkyyttä eri aallonpituiselle sähkömagneettiselle säteilylle. Tumma  $V(\lambda)$  -käyrä kuvaa säteilyn aikaansaamaa valaistusaistimusta silmän tappisoluille. Se

kuvastaa fotooppista silmänherkkyyttä eli kirkkaassa valaistuksessa tapahtuvaa näkemistä. Tappisolujen herkin alue on keltavihreällä alueella noin 555 nanometrin kohdalla. [1.]

Vaalea  $V'(\lambda)$  -käyrä kuvaa säteilyn aikaansaamaa valaistusaistimusta silmän sauvasoluille. Se kuvastaa skotooppista silmänherkkyyttä eli hämärässä valaistuksessa tapahtuvaa näkemistä. Hämärässä ihmissilmän herkin alue siirtyy lyhyempiin aallonpituuksiin ja herkin alue noin 505 nanometrin kohdalla. Hämärässä näkeminen muuttuu monokromaattiseksi eli ihmissilmä ei enää erota värejä. [2.]

Kuten edellä todettiin, ilman valoa emme voi nähdä värejä. Värin voi nähdä erilaisena valonlähteestä riippuen ja siitä johtuen värin arviointi voi olla epäjohtonmukaista. Sen vuoksi CIE, Commission Internationale de l'Eclairage, eli Kansainvälinen valaistuskomissio, on määrittänyt standardivalaisimia, jotta värejä voidaan vertailla, vaikka valaistusolosuhteet olisivat erilaiset. Standardivalaisin on teoreettinen valonlähde, jolle on määritelty esimerkiksi valon tehospektrijakauma ja värilämpötila. Standardivalaisin luokkia on kuusi A, B, C, D, E ja F. Niitä ovat esimerkiksi seuraavat:

- **A** on esim. hehkulamppu, jonka värilämpötila on korreloitu 2 856 K.
- **B** simuloi keskipäivän auringonvaloa ja sen korreloitu värilämpötila on 4 874 K.
- **C** on keskimääräinen päivänvalo (ei sisällä ultraviolettia aallonpituusalueella), jonka korreloitu värilämpötila on 6 774 K.
- **D65** on keskimääräinen päivänvalo (mukaan lukien ultraviolettia säteilyalue), jonka korreloitu värilämpötila on 6 504 K. Se on yleisimmin käytetty valaisin ja kuvaa keskipäivän valaistusta.

Muita D luokan valaisimia ovat:  $D_{50}$ ,  $D_{55}$  ja  $D_{75}$ .

- **E** on vertailukäyttöön tarkoitettu valaisin ja sen tehospektrijakauma on tasainen kaikilla aallonpituuksilla.
- **F** luokan valaisimet ovat loisteputkivalaisimia. Niitä on 12 ja ne simuloivat loisteputkivalaisimen tehospektriä. [3.]

### 3.2 Valaistusvoimakkuus [E]

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luxi [lx] ja se kuvaa valonlähteen suorituskyyä eli kuinka paljon valoa saadaan tietyllä pinnalle. Valaistusvoimakkuus ei ole nähtävissä oleva suure ja sen seurauksena vasta pinnoilta heijastuminen tekee valon näkyväksi. Valaistusvoimakkuuteen vaikuttavat suoraan pinnalle tuleva valovirta ja kääntäen verrannollisesti valaistava pinta-ala. Näiden kahden ominaisuuden suhteesta seuraa käänteinen neliölaki, jonka mukaan etäisyyden kaksinkertaistaminen alentaa valaistusvoimakkuuden neljäsosaan.

Suuruusluokkana valaistusvoimakkuudesta voidaan mainita sisävalaistus, jonka voimakkuus vaihtelee 100 – 1 000 luksin välillä, ulkovalaistus yöaikaan 1 – 15 luksin välillä ja suora auringonpaiste, joka tuottaa jopa 100 000 luksia. [4.]

### 3.3 Valovoima [I]

Valovoiman yksikkö on kandela [cd] ja se kertoo kuinka paljon valoa valonlähteestä lähtee tiettyyn suuntaan. Valovoiman avulla ilmaistaan valonlähteen valonjako-ominaisuuksia. Se esitetään valonjakokäyrän avulla polaari- tai napakoordinaatistossa yhdessä tai useammassa pysty akselin suuntaisessa tasossa.

Polkupyörän ympärisäteilevän hehkulankaisen polttimon valovoima ilman heijastinta on noin 1 kandela ja heijastimen kanssa noin 250 kandela. Halogeeni-kohdelampun, jonka teho on 50 wattia ja keila 10 astetta, valovoima kohtisuoraan eteenpäin on noin 12 500 kandela.

Asennusgeometrian, valovoiman ja valaistusvoimakkuuden keskinäinen yhteys tunnetaan neliö- ja kosinilakina. Se tarkoittaa, että valaistusvoimakkuus on kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön ja suoraan verrannollinen valon tulokulman kosiniin. Sen kaava on

$$E = I_v \cdot \cos \gamma / d^2$$

jossa  $E$  on valaistusvoimakkuus,  $I_v$  on valaisimen valovoima tarkastelusuuntaan,  $\gamma$  on valon tulokulma suhteessa pinnan normaaliin ja  $d$  on valaisimen etäisyys valaistavasta pisteestä. [4.]

### 3.4 Valovirta [ $\Phi$ ]

Valovirran yksikkö on lumen [ $\text{lm}$ ] ja sitä käytetään valonlähteiden valontuoton ilmaisemiseen. Lamppuvalmistajien antamia valovirta-arvoja käytetään lähtötietona valaistuslaskennassa.

Sisävalaistuksessa käytettävillä lampputyypeillä valovirta on 400 – 12 000 lumenin ja ulkovalaistuksessa 2 – 47 kiloluumenin tietämillä. Valovirta-arvoissa käytetään yleisesti etuliitettä kilo (k) eli 1 000 lumenia on 1 kilolumen.

Monilla valaisintyypeillä valovirta on voimakkaasti riippuvainen ympäristön lämpötilasta ja myös polttoasennolla voi olla vaikutusta.

Valovirran ja tilan pinta-alan avulla on laskettavissa tilan keskimääräinen valaistusvoimakkuus hyötysuhdemenetelmällä, jonka peruskaava on

$$E_m = k \cdot \eta \cdot N \cdot \varnothing L / A$$

jossa  $E_m$  on tilankeskimääräinen valaistusvoimakkuus,  $k$  on alenemakerroin,  $\eta$  on valaistushyötysuhde,  $N$  on valaisinmäärä,  $\varnothing L$  on valaisimen valonlähteiden yhteenlaskettu valovirta ja  $A$  on tilan lattia pinta-ala. [4.]

### 3.5 Luminanssi [ $L$ ]

Luminanssin yksikkö on kandela neliömetriä kohden [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ] ja se ilmaisee valaistun kappaleen pinnan valotiheyden. Valotiheys on valaistustekniikan ainoa suoraan nähtävä suure eli se, kuinka valoisana tai kirkkaana jokin pinta näyttää.

Luminanssia tarvitaan näköympäristön ominaisuuksien ja esimerkiksi näyttöpäätelöjen valaisimien valoaukon kirkkauden määrittämiseen.

Suuruusluokkana mainittakoon, että yöllä valaistun kadun luminanssi on noin 2 cd/m<sup>2</sup> ja 36 watin loistelampun pinta on noin 10 000 cd/m<sup>2</sup>.

Pinnan luminanssi riippuu pinnan valovoimasta ja sen projektiopinta-alasta tarkastelusuuntaan.

Hajaheijastavan pinnan luminanssi saadaan laskettua kaavalla

$$L = \rho \cdot E / \pi$$

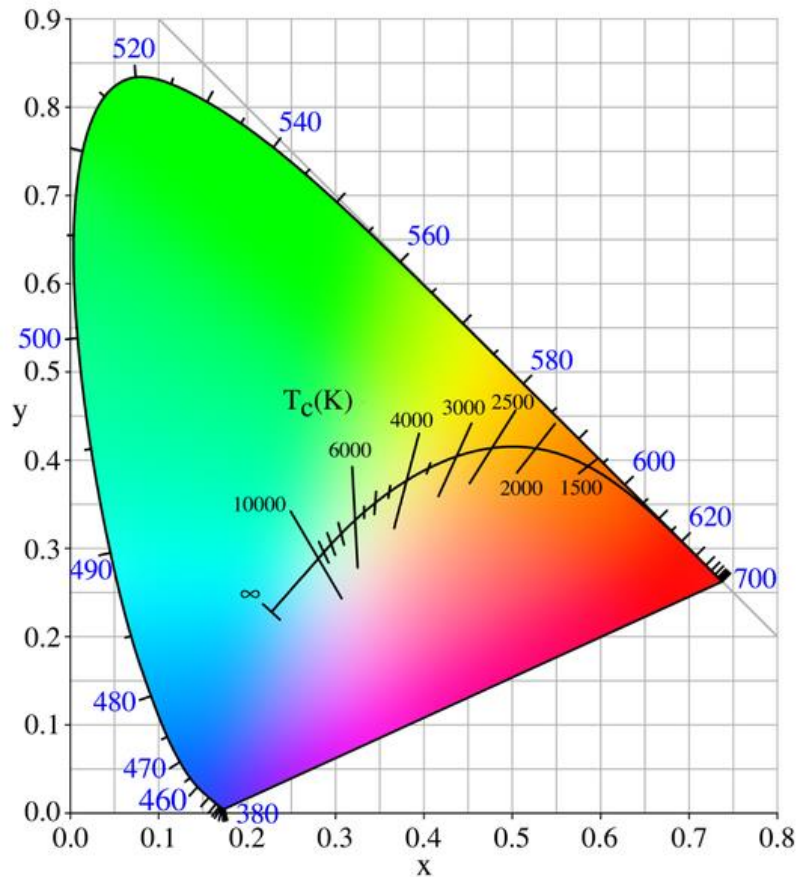
jossa L on luminanssi,  $\rho$  on heijastuskerroin, E on valaistusvoimakkuus ja  $\pi$  on pii. [4.]

### 3.6 Värilämpötila [CCT]

Värilämpötilan avulla määritellään valon värilaji ja yksikkö on kelvin [K]. Valkoinen valo syntyy eri värien sekoituksesta ja valon ominaisuudet määräytyvät niihin sisältyvien värien mukaan. Värilämpötila kuvaa ns. mustan kappaleen valon valkoista väriä eri lämpötilassa. Musta kappale on esimerkiksi rautatanko tai hehkulanka, jonka värilämpötila voidaan määritellä tarkasti.

Kuumennettaessa mustan kappaleen valkoinen väri on punertavan lämmin alhaisemmissa lämpötiloissa muuttuen neutraalin kautta kylmän valkoiseksi lämpötilan kasvaessa. Mustan kappaleen tai hehkusäteilijän värilämpötila esitetään väriavaruudessa Planckin käyrällä (kuva 2). [5.]

Muille valonlähteille määritellään ekvivalenttinen värilämpötila CCT, koska niiden väripiste ei sijoitu väriavaruudessa hehkusäteilijän kanssa samalle käyrälle. Ekvivalenttinen värilämpötila on arvioitu lämpötila läheltä Planckin käyrää. [6.]



Kuva 2. 1931 CIE xy -väriavaruus ja Planckin käyrä [5].

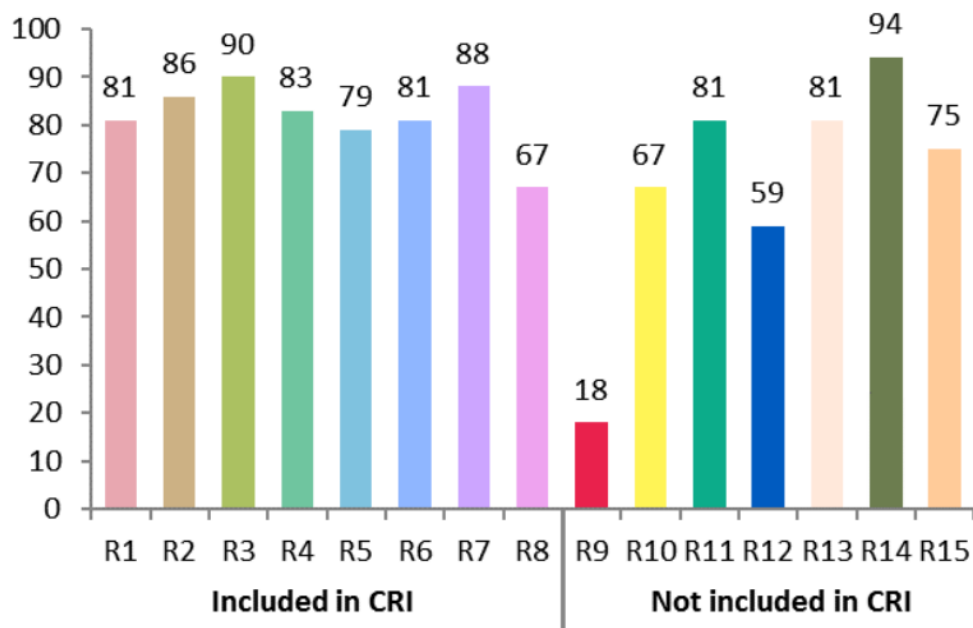
### 3.7 Värintoistoindeksi [CRI]

Värintoistoindeksi on pelkkä lukuarvo 0 – 100 ja kuvaa valonlähteen hyvyyttä toistaa värejä (taulukko 1). Se on tärkeä arvo, koska kaksi samalta valkoiselta vaikuttavaa valoa voivat olla erilaisten aallonpituusyhdistelmien tulos. Sen seurauksena sama materiaali voi näyttää eriväriseltä toisessa valkoisessa valaistuksessa [7]. Jotta valo yleensäkin näyttää valkoiselta, tulee siinä olla vähintään kolmea eri aallonpituutta, mutta valossa tarvitaan kaikkia aallonpituuksia, jos sen halutaan toistaa kaikkia värejä.

Taulukko 1. Värintoistoindeksin arvoasteikko[7].

Ra -vaihteluväli	Värintoisto-ominaisuudet
57 – 66	huono
67 – 76	kohtalainen
77 – 86	hyvä
87 – 100	erinomainen

Yleinen värintoistoindeksi tai  $R_a$  -indeksi on käytetyin värintoistoindeksi, ja se määritellään vertaamalla kahdeksan testiväripinnan värin muuttumista, kun tutkittava valonlähde vaihdetaan vertailuvalonlähteeseen (kuva 3). Lampuilla, joiden värilämpötila on 2 300 K – 5 000 K, vertailuvalo on Planckin säteilijä eli hehkusäteilijä. Yli 5 000 kelvinin lamppuja verrataan päivänvalostandardeihin. [6.]



Kuva 3. Värintoistoindeksin värit R1 – R15, joista R1 – R8 värit kuuluvat yleiseen värintoistoindeksiin  $R_a$  [8].

### 3.8 Spektrinen irradianssi

Valaistuksessa spektrinen irradianssi tarkoittaa pinnan säteilytehoa aallonpituutta kohti. Spektrisen irradianssin yksikkö on wattia neliometriä kohti metriä kohti  $\frac{W}{m^2 \cdot m}$  tai yleisemmin wattia neliometriä kohti nanometriä kohti  $\frac{W}{m^2 \cdot nm}$  [9].

### 3.9 PAR

Ihmiset ja kasvit aistivat valon hyvin eri tavalla. Ihmissilmä on herkin fotooppisen silmänherkkyysalueen vihreillä aallonpituuksilla. Kasvit pystyvät hyödyntämään huomattavasti tehokkaammin myös sinistä ja punaista aallonpituusaluetta, kuten kuvasta 4 voidaan todeta. Tästä syystä esimerkiksi kasvihuonevalaistusta mitattaessa ei voida käyttää tavallista luksimittaria, koska sinisen ja punaisen valon alue on siinä esitetty ihmissilmälle näkyvän valon alueella.

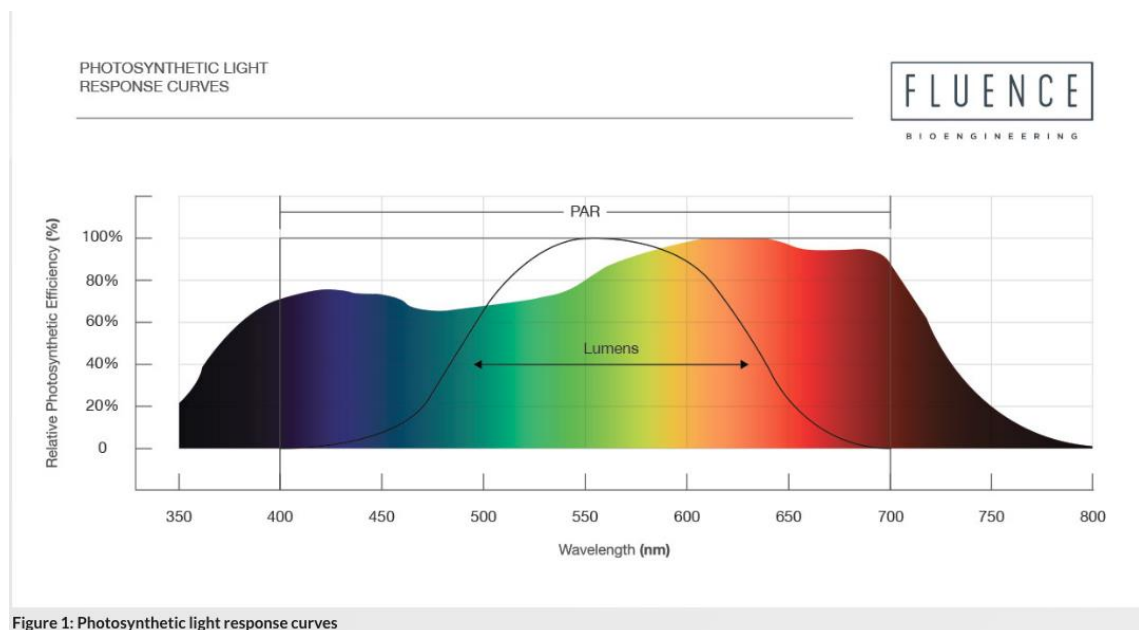


Figure 1: Photosynthetic light response curves

Kuva 4. Fotooppinen ja fotosynteesinen herkkyyskäyrä [10].

PAR mittaa fotosynteettisesti aktiivisen säteilyn näkyvän valon alueella. PAR mitataan määräyksikköinä ja sen yksikkö on mikromoolia neliömetrisekuntia kohti  $\frac{\mu mol}{m^2 \cdot s}$ . [10.]



### 3.10 Bilirubiini

Bilirubiini on veren punasolujen hemoglobiinissa oleva hemin hajoamistuote.

Vastasyntyneen lapsen ihon ja silmänvalkuaisten keltaisuus eli hyperbilirubinemia on yleinen ja harmiton ilmiö. Se johtuu maksan aineenvaihdunnan kypsyttömyydestä. Keltaisuuden hoidossa käytetään sinivaloterapiaa. Hoidossa käytettävän sinisen valon ihanteellisen aallonpituus on 459 nm. Bilirubiinimittauksella voidaan minimoida valoterapien sivuvaikutuksia ja varmistaa oikea valohoidon annostus. [11.]

## 4 Mittarit

### 4.1 Minolta T-1

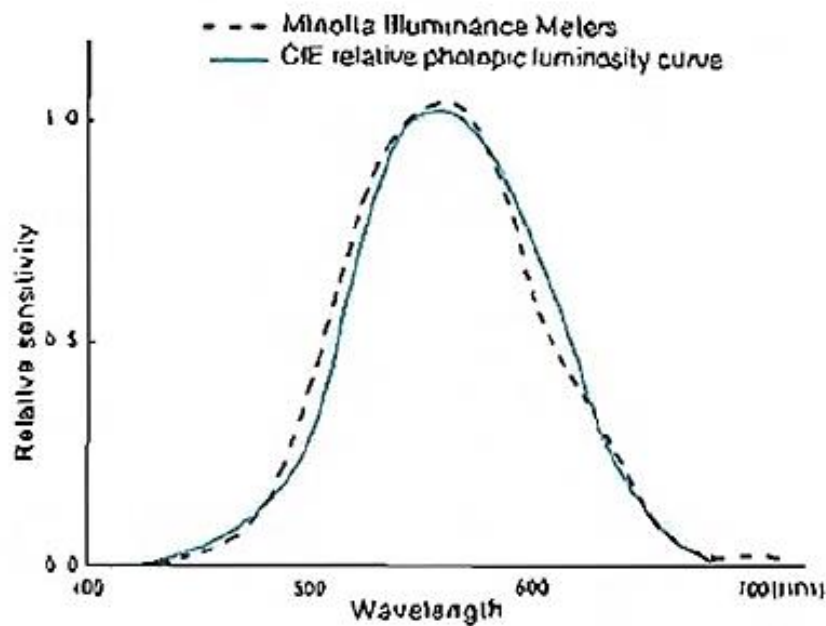
Metropolia AMK:n malliltaan vanhin valaistusvoimakkuusmittari on Minolta T-1. Mittari on kevyt ja helppokäyttöinen. Siinä on kolme mittaussuoritus:

- Tasaista tai välkkyvää valoa tuottavan valonlähteen valaistusvoimakkuuden mittaaminen voidaan tehdä säätämällä vastaaikaa.
- Kokonaisvalaistusvoimakkuus voidaan ajanjakson summana muodossa luksituntia tai ajanjaksona muodossa tuntia. Minimi, jonka mittari voi esittää on 0,01 luksituntia eli 36 luksituntia tai ajanjakso, jonka minimi 0,01 tuntia eli 36 sekuntia.
- Kahden eri valonlähteen mittaustulokset voidaan tallentaa laitteen muistiin ja verrata niitä keskenään.

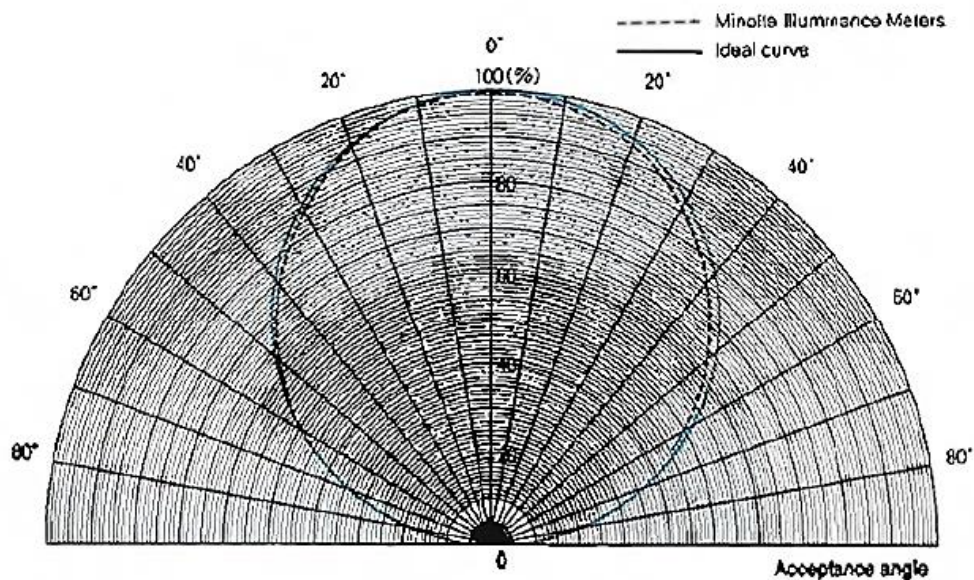
Vaikka mittari on vanha, voidaan sitä vielä nykyäänkin käyttää sisätilojen valaistusmittauksia tehtäessä tietyin rajoituksin. Sisällä aurinkoisena päivänä lähellä ikkunoita saatetaan helposti ylittää mittarin mittaussuoritus, joka on 0,1 ja 19 900 luksin välillä.

Spektrivaste Minolta T-1 mittarissa on  $\pm 2$  prosenttia CIE:n suhteelliseen silmänherkkyyskäyrään verrattuna (kuva 5). Tulevan valon mittaustarkkuus eli kosini-

virhe on  $\pm 2$  prosenttia 30 asteen kulmassa,  $\pm 7$  prosenttia 60 asteen kulmassa ja  $\pm 25$  prosenttia 80 asteen kulmassa (kuva 6). [12.]



Kuva 5. Kuvassa esitetään Minolta T-1 -mittarin spektrinen vaste verrattuna CIE:n fotooppiseen silmänherkkyyssäyrykseen [12].



Kuva 6. Minolta T-1 mittarin tulevan valon mittauskulman muutoksen vaikutuksen kuvaaja verrattuna ideaalivalonlähteen kuvaajaan [12].

#### 4.2 Minolta TL-1

Minolta TL-1 on uudempi versio Minolta T-1 -mittarista. Käytettävyydeltään se on identtinen Minolta T-1 -mallin kanssa. Suurin ero on kääntyvässä mittapäässä, joka helpottaa sivusta tulevan valon ja pystysuorista pinnoista heijastuvan valaistusvoimakkuuden mittaamista.

Teknisiltä ominaisuuksiltaan Minolta TL-1 poikkeaa hieman Minolta T-1 -mittarista, joista spektrivasteen tarkkuus on heikompi ja tulevan valon mittauskulman vaikutus mittaustuloksen tarkkuuteen on suurempi. Spektrivaste Minolta TL-1 -mittarissa on  $\pm 4$  prosenttia CIE:n suhteelliseen silmänherkkyyskäyrään verrattuna ja kosini -virhe on  $\pm 3$  prosenttia 30 asteen kulmassa ja  $\pm 10$  prosenttia 60 asteen kulmassa. [13.]

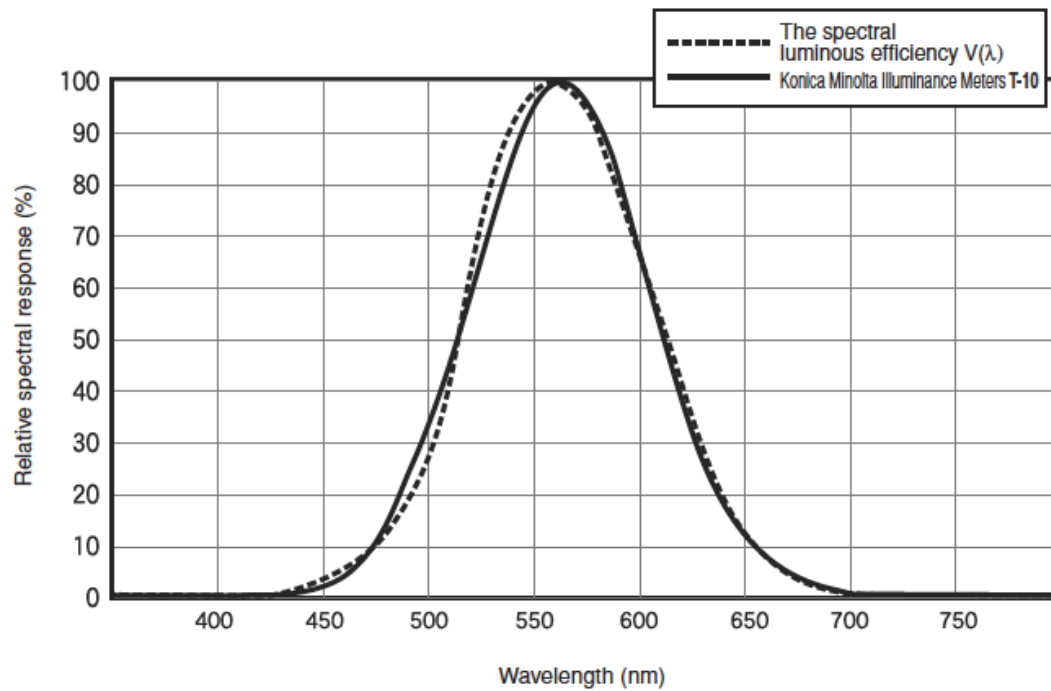
#### 4.3 Minolta T-10

Minolta T-10 eroaa edellisistä valaistusvoimakkuusmittareista lähinnä laajemman mittausalueen kautta. Mittausalue on 0,01 luksia – 299 900 luksia.

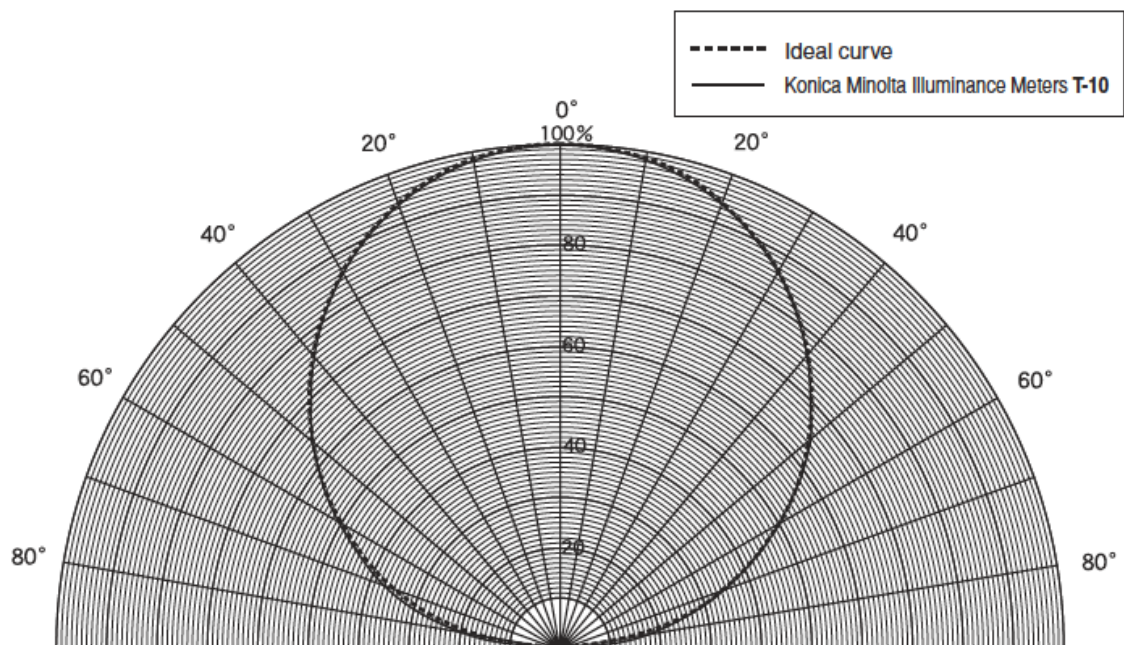
Spektrinen vaste on  $\pm 6$  prosenttia (kuva 7) ja kosinivirhe on  $\pm 1$  – 25 prosentin välillä (taulukko2). [14.]

Taulukko 2. Minolta T-10 kosinivirhekulman valon tulokulman suhteen[14].

Valon tulokulma [°]	Kosini -virhe [%]
10	$\pm 1$
30	$\pm 2$
50	$\pm 6$
60	$\pm 7$
80	$\pm 25$



Kuva 7. Minolta T-10 -mittarin spektrinen vaste verrattuna CIE:n fotooppiseen silmänherkkyysskäyrään [14].



Kuva 8. Minolta T-10 mittarin tulevan valon mittauskulman muutoksen vaikutuksen kuvaaja verrattuna ideaalivalonlähteen kuvaajaan [14.].

#### 4.4 Minolta CL-100

Minolta CL-100 on väriluksimittari, joka mittaa valaistusvoimakkuuden lisäksi kromaattisuuden (kuva 9). Valaistusvoimakkuus ilmaistaan Y -arvona ja kromaattisuus joko x,y- tai u,v -arvoina. Kromaattisuus tarkoittaa väriä (hue) ja värikylläisyyttä (saturation).

Valaistusvoimakkuus mittausalue on 5,1 – 32 700 luksia. Mittarilla voidaan mitata kromaattisuus joko Y x y -(CIE 1931) tai Y u' v' -(CIE 1974) värikoordinaatteina. Lisäksi siinä on kolme erilaista värieron mittaustapaa:  $\pm \Delta (Y \ x \ y)$ ,  $\pm \Delta (Y \ u' \ v')$  ja  $\Delta u' \ v'$ . [15.]

##### Chromaticity

###### Yxy

2460	.444	.327
Yxy		

Y = 2460 lx  
x = 0.444  
y = 0.327

###### Yu'v'

2460	.294	.487
Yu'v'		

Y = 2460 lx  
u' = 0.294  
v' = 0.487

##### Color deviation

###### $\pm \Delta (Yxy)$

- 39	+14.5	-42.9
Yxy		

$\Delta Y = -39$   
 $\Delta x = +0.0145^*$   
 $\Delta y = -0.0429^*$

###### $\pm \Delta (Yu'v')$

- 39	+33.1	-18.7
Yu'v'		

$\Delta Y = -39$   
 $\Delta u' = +0.0331^*$   
 $\Delta v' = -0.0187^*$

###### $\Delta u'v'$

38.0
$\Delta u'v'$

$\Delta u'v' = 0.0380^*$

\* for actual value, displayed value is multiplied by  $10^{-3}$ ; meter calculates value to the ten thousandths' place ( $10^{-4}$ )

Kuva 9. Esimerkinäyttöjä eri mittaustapoista [15].

#### 4.5 Konica Minolta CL-500

Konica Minolta CL-500 on Metropolia AMK:n kenttämittauslaitteista uusien, monipuolisien ja tarkien. Sillä voidaan mitata kaikissa edellisissä mittareissa esitettyjen moodien lisäksi värintoistoindeksi ja esittää mittaustulokset graafisesti laitteen omassa LCD näytössä. Laite kykenee mittaamaan värit R1 – R15 eli laajemmin kuin yleinen värintoistoindeksi CRI pitää sisällään (kuva 3, s. 9).

#### 4.6 Gigahertz-Optik MSC15

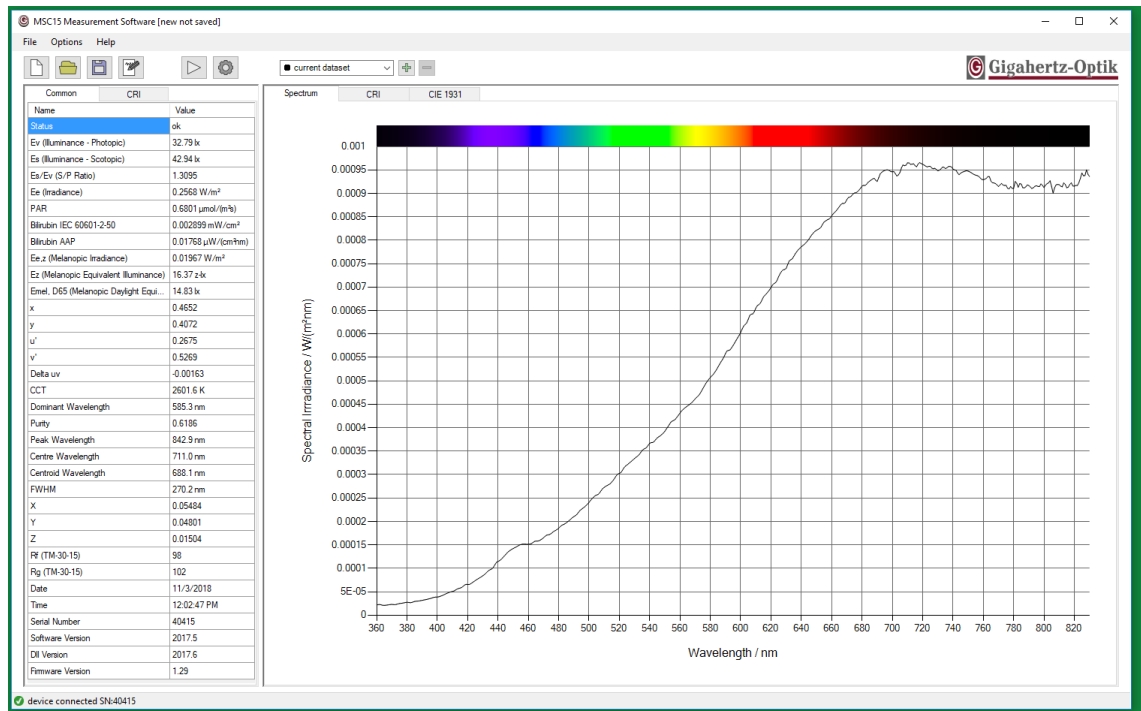
MSC15 on kompakti valaistusvoimakkuusspektrofotometri, joka on toiminnoiltaan monipuolinen ja kompakti mittari. Laitteessa on värikosketusnäyttö, joka tekee mittaamisesta ja tulosten tarkastelusta yksinkertaista.

Valaistusvoimakkuuden mitta-alue on laaja 1 luksista 350 000 luksiin aallonpituusalueella 360 nm – 830 nm [16].

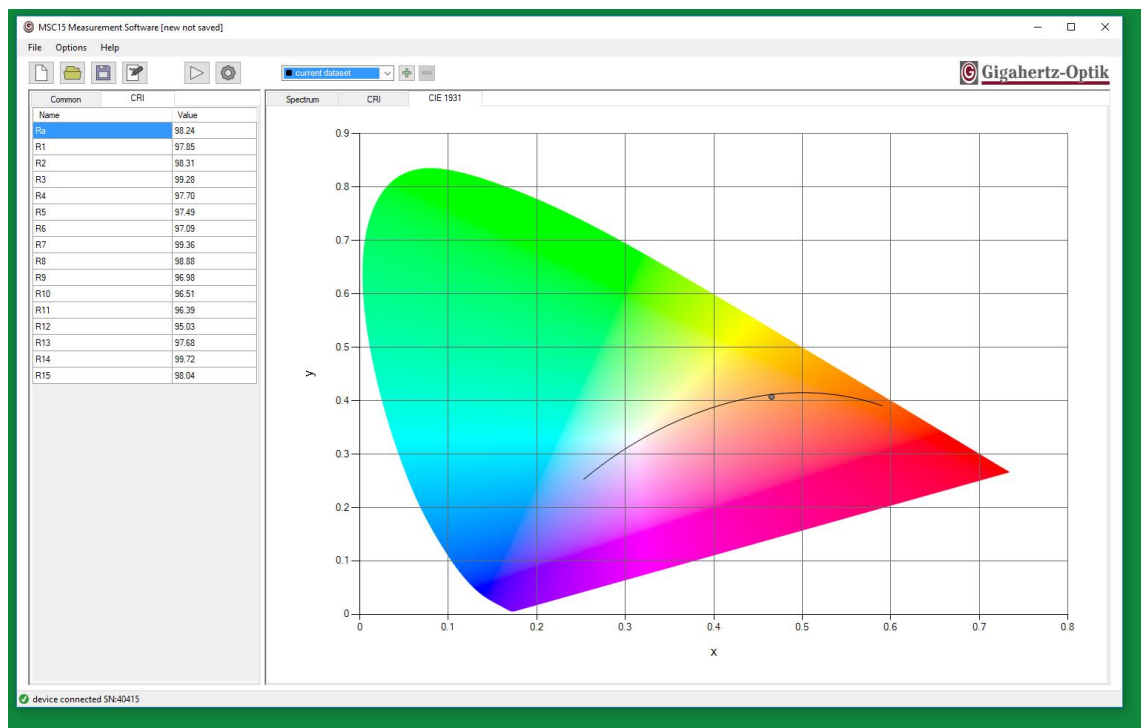
Valaistuksen perusmittausten lisäksi laitteella voidaan mitata kasvien yhteyttämiseen liittyvää PAR -arvoa ja sairaanhoitoon liittyvää bilirubiiniarvoa.

Laitteen mukana tuleva tietokoneohjelma on selkeäkäyttöinen ja tekee mittaustulosten tarkastelun vaivattomaksi.

Kuvissa 10 – 12 on muutamia esimerkkejä laitteella tehdystä mittauksesta.

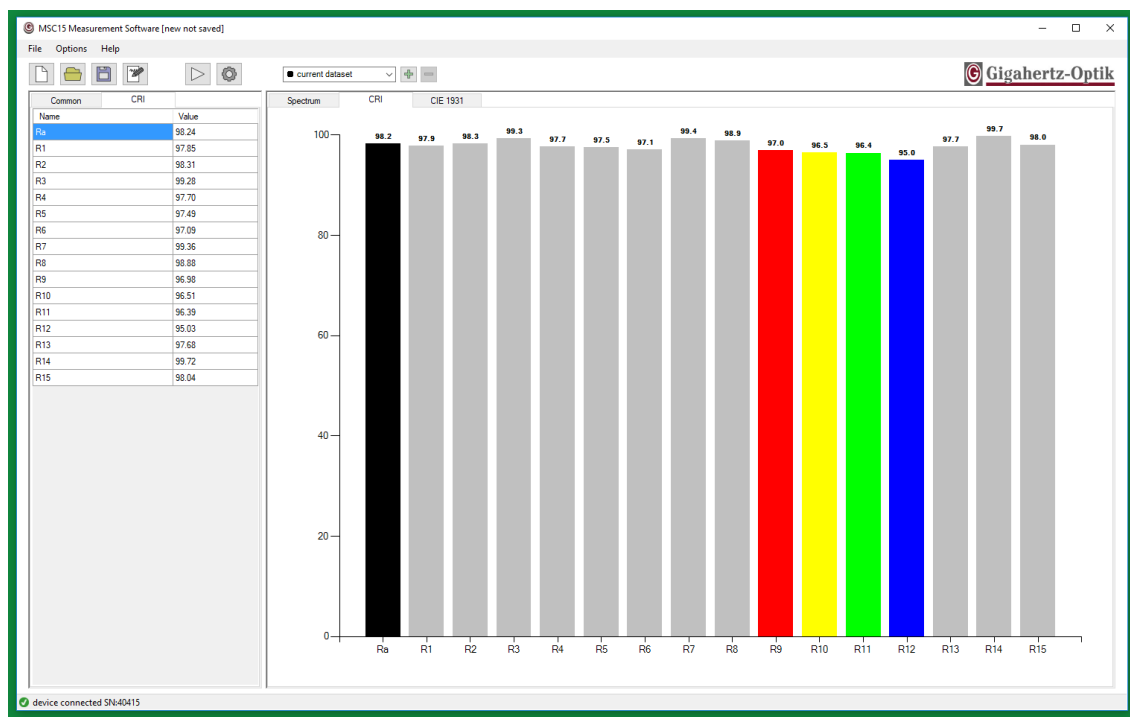


Kuva 10. Kaikki mittaustulokset eriteltynä ja spektrijakauma esitettyä graafisesti.



Kuva 11. Värintoistoindeksi CRI esitettyä x,y -koordinaatistossa (CIE 1931).





Kuva 12. Värintoistoindeksi CRI esitettynä pylväsdiagrammina.

#### 4.7 Asensetek Lighting Passport Pro

Lighting Passport Pro on käyttötavaltaan poikkeava kaikkiin edellisiin mittareihin verrattuna. Siinä on erillinen mittausyksikkö (kuva 13), joka yhdistetään bluetooth -yhteyden välityksellä mobiililaitteeseen. Mittausyksikön voi kiinnittää mobiililaitteeseen tai se voi olla erillisenä yksikkönä oman jalustan varassa.





Kuva 13. Lighting Passport Pro on kiinnitettyä puhelimeen.

Mainittavia eroja Gigahertz-Optic MSC15 -mittariin on välkyksenmittaus, CIE 1976 esitystapa ja suppeampi valaistuksen voimakkuuden mittaustalue, joka on 5 – 50 000 luksia.

Laitteen mukana oleva tietokoneohjelma on monipuolinen.

## 5 Mittaukset

Mittaukset suoritettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun Myyrmäen kampuksen uudessa valaistuslaboratorion mustaksi huoneeksi nimetyssä tilassa (kuva 14). Huoneessa on alaslaskettava asennuskehikko, josta saadaan valonlähteeseen stabiloitu jännite.

Mittauksissa käytettiin MBerg työmaavalaisinta, jonka tyyppi on 212010xx. Valaisimessa on 24 wattinen LED-valonlähde ja sen värilämpötilaksi on ilmoitettu tyyppikilvessä 5000K. Se asetettiin metrin korkeudelle mittalaitteen sensorin yläpuolelle, minkä jälkeen huoneen muu valaistus sammutettiin (kuva 15). Mittaukset toistettiin jokaisella laitteella viisi kertaa (taulukko 3). Sen lisäksi jokaisella laitteella mitattiin vielä kerran valaisimen ollessa kahden metrin korkeudessa (taulukko 4).



Kuva 14. Näkymä valaistuslaboratorion mustasta huoneesta asennuskehikko alaslaskettuna.



Kuva 15. Näkymä valaistuslaboratorion mustasta huoneesta mittausvalaistuksessa.

Taulukko 3. Oleellisimpien mittaustulosten keskiarvot 1 metrin päästä mitattuna.

Mittari	T-1/ 208142	TL-1/ 90645889	TL-1/ 90745945	T-10/ 37221045	CL-100/ 203386
Valaistusvoimakkuus [E]	150	141	137	155	149

Mittari	CL-500A/ 10001680	MSC-15/ 40415	Passport/ 703130010120
Valaistusvoimakkuus [E]	151	139	138
Väriämpötila [T]/ K	4683	4746	4742
Vätintoistoindeksi [Ra]/	84	84	86

Taulukko 4. Oleelliset mittaustulokset 2 metrin päästä mitattuna.

Mittari	T-1/ 208142	TL-1/ 90645889	TL-1/ 90745945	T-10/ 37221045	CL-100/ 203386
Valaistusvoimakkuus [E]	40	37	36	41	39

Mittari	CL-500A/ 10001680	MSC-15/ 40415	Passport/ 703130010120
Valaistusvoimakkuus [E]	42	N/A	36
Väriämpötila [T]/ K	4697	N/A	4750
Vätintoistoindeksi [Ra]/	84	N/A	85

Yllä olevista taulukoista nähdään, että 1 metrin mittausetäisyydeltä Metropolia AMK:n epätarkin mittari näytti valaistusvoimakkuuden noin 10% väärin ja Minolta TL-1 -mittareiden arvot olivat erittäin lähellä Suomen Valoteknillisen Seuran mittareiden arvoja.

Kahden metrin etäisyydeltä mitattuna, valaistusvoimakkuus oli samoissa arvoissa kaikilla mittareilla mitattuna.

Mittausetäisyydestä riippumatta Metropolia AMK:n Minolta CL-500 -mittarin ja Suomen Valoteknillisen Seuran mittareiden väriämpötilamittausten arvot olivat lähellä toisiaan.

Koska valtaosa nykyisin asennettavista valaisimista on varustettu LED-valonlähteellä, niin valaisin soveltui hyvin mittareiden tutkimiseen,. Tutkimusta olisi voinut laajentaa tekemällä mittauksia muunlaisilla valonlähteillä, esimerkiksi eri päivänvalostandardin loisteputkivalaisimilla. Lisäksi olisi voitu tutkia mittareiden kosinivirhettä siirtämällä valonlähteen paikkaa mittariin nähden.

## 6 Käyttökohteita

Kaupallisten palveluiden tarjoaminen edellyttää hyvin organisoitua ja johdettua koulutustoimintaa sekä laitteiden säännöllistä kalibrointia ja huolenpitoa. Mittareiden kaupallinen hyödyntäminen on vaikeata oppilaitokselle, koska jonkun täytyy ottaa vastuu opiskelijan tekemästä työstä ja varmistaa että se on oikeaoppisesti suoritettu. Resursseja sellaiseen ei nykyään ole.

Metropolia AMK:n eri yksiköt voisivat kuitenkin yhteistyössä toteuttaa erilaisia oppilasprojekteja, joissa nykyaikaiselle valaistusmittarille olisi käyttöä. Sellaisia projekteja voisivat olla:

- Valaistusjärjestelmien tarkastus yhteistyössä talonrakennus ja kiinteistönhoitoyksikön kanssa.
- Esittävän taiteen näyttämöiden, elo- ja valokuvausstudioiden valaistuksen kehittäminen yhdessä mediateknikanyksikön kanssa.
- Ihmiskeskeinen valaistus , joka tarkoittaa valkoisen valon säätämistä käyttäjän tarpeiden mukaaan. Sillä on vaikutusta hyvinvointiin, virkeyteen ja toipumiseen. Tällaiset projektit voisivat tulla kyseeseen sosiaali- ta terveysyksikön kanssa .
- Suunnitteilla olevan Metropolia AMK:n Myyrmäen kampuksen Urban Farming - ekosysteemin oppimisympäristön tukeminen oikeanlaisen viljelyvalaistuksen tutkimisessa.

## 7 Yhteenveto

Mittauks tulokset osoittivat, että Metropolia AMK:n kalibroimattomat laitteet toimivat hyvin korkeasta iästä huolimatta. Mittauks tulokset osoittivat, että yhden metrin etäisyydeltä mitattuna valaistusvoimakkuusarvot poikkesivat toisistaan paljonkin. Mutta kahden metrin etäisyydeltä mitattuna arvot olivat samaa luokkaa kaikilla mittareilla. Mittauks tulokset olisivat koulun mittareiden osalta saattaneet muuttua vielä hieman parempaan suuntaan, jos niillä testaustilanteessa olisi ollut kiinteä asennusteline. Mittari on saattanut hieman liikkua mittausnappia painettaessa ja näin ollen vaikuttaa tulokseen. Täytyy muistaa kuitenkin se, että kenttämittauks tilanteessakin laite on useimmiten kädessä eikä esim. pöytätasolla kuten testitilanteessa ja näin ollen mittauks ten toistettavuus on käytännössä mahdotonta. Lainamittareita käytettiin suoraan tietokoneesta, ja ne pysyivät vakaasti kaikkien mittauks ten aikana samassa pisteessä.

Kalibroinnin laiminlyönti aiheuttaa sen, että laitteita ei voi hyödyntää esimerkiksi kaupallisiin tarkoituksiin, mutta koulutuskäytössä niiden toimintaa voi hyvin käyttää erilaisten valaistustuotteiden ja -asennusten mittauksissa. Aina on kuitenkin muistettava, että kyseessä on kalibroimaton mittari ja sen antaman tuloksen oikeellisuudesta ei voi olla varma.

Lainassa olleet Gigahertz-Optik MSC15 ja Asensetek Lighting Passport Pro olivat keskenään täysin erilaiset laitteet, mutta mittaustulokset olivat hyvin lähellä toisiaan. MSC15 on fyysisesti jämäkkä, kestävän oloinen laite. Sen ohjelmisto on helppokäyttöinen ja selkeä, mutta graafisesti vanhanaikainen. Lighting Passport Pro on fyysisesti kilpailijaansa heppoisampi, mutta sen ohjelmisto on nykyaikaisempi ja monipuolisempi.

Suosittelen Metropolia AMK:a ostamaan ainakin yhden nykyaikaisen mittarin, joka tulisi kalibroida säännöllisesti. Säännöllisesti kalibroituna mittaria voisi käyttää vertailumittarina vanhoille mittareille.



## Lähteet

- 1 Spectral sensitivity of the human eye. Verkkoaineisto. Gigahertz-Optik GmbH. <<https://www.gigahertz-optik.de/en-us/basics-light-measurement/light-color/spectr-sens-eye/>>. Luettu 4.10.2018.
- 2 Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto, Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry ja Suomen Valoteknillinen Seura ry, 1996.
- 3 CIE standardivalaisin. Verkkoaineisto. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/CIE\\_standardivalaisin](https://fi.wikipedia.org/wiki/CIE_standardivalaisin)>. Luettu 13.2.2019.
- 4 Fagerhult Oy. Valaistussuunnittelijan käsikirja. Verkkodokumentti. <[http://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo\\_fi\\_09.pdf](http://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo_fi_09.pdf)>. Luettu 7.4.2016.
- 5 File:PlancianLocus.png. Verkkoaineisto. <<https://en.wikipedia.org/wiki/File:PlanckianLocus.png>>. Luettu 8.4.2018.
- 6 Kallasjoki, Tapio. 11/2012. Valaistustekniikan perusteita. Luentomoniste.
- 7 Näin vertaillet ledivalaisimia 2.0. Verkkodokumentti. <[https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/nain\\_vertaillet\\_ledivalaisimia\\_2.0\\_2016\\_final.pdf](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/nain_vertaillet_ledivalaisimia_2.0_2016_final.pdf)>. Luettu 24.1.2019.
- 8 CRI: understanding the color rendering index. Verkkoaineisto. <<https://techsensitive.com/cri-understanding-the-color-rendering-index/>>. Luettu 13.2.2019.
- 9 Irradiance. Verkkoaineisto. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Irradiance>>. Luettu 12.2.2019.
- 10 Horticulture Lighting Metrics. Verkkoaineisto. <<https://fluence.science/science/par-ppf-ppfd-dli/>>. Luettu 17.1.2019.
- 11 Keltaisuus. Verkkoaineisto. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Keltaisuus>> ja Gigahertz-Optik GmbH. Verkkoaineisto. <<http://mitaten.fi/valomittaritmenu/gigahertz-optik-valo/17-suomi/tuoteartikkelit/369-gigahertz-optik-msc15.html>>. Luettu 25.3.2019.
- 12 Illuminance meters. Verkkoaineisto. <[https://www.atecorp.com/atecorp/media/pdfs//data-sheets/konica-minolta-t1-t1h-t1m\\_datasheet.pdf](https://www.atecorp.com/atecorp/media/pdfs//data-sheets/konica-minolta-t1-t1h-t1m_datasheet.pdf)>. Luettu 15.5.2019.

- 13 Konica Minolta Sensing inc. 1996. Illuminance meter TL-1. Verkkoaineisto. <<https://www.av-iq.com/avcat/images/documents/pdfs/tl-1%20brochure.pdf>>. Luettu 8.4.2019.
- 14 Konica Minolta Sensing inc. 1999-2008. Luminance meter T-10/T-10M instruction manual.
- 15 Minolta Camera Co. 1984. Chroma metrer CL-100 operation manual.
- 16 Gigahertz-Optik GmbH. MSC15. Verkkoaineisto. <<https://www.gigahertz-optik.de/en-us/product/msc15>>. Luettu 8.4.2019.
- 17 Asensetek Incorporation. Asensetek Lighting Passport Pro specs. Verkkoaineisto. <<http://www.asensetek.com/lighting-passport/>>. Luettu 7.11.2018.



## Gigahertz-Optik MSC15 pikakäyttöohje

### Gigahertz-Optik MSC15 spektrofotometri pikakäyttöohje

Tämä pikakäyttöohje on tehty osana insinööritoimistoa Suomen Valoteknillisen Seuran omistamalle laitteelle, jonka tyyppi on MSC15, tuotenumero on 15298960 ja sarjanumero on 40415.

Ohje on otsikon mukaisesti pikakäyttöohje ja sillä pääsee alkuun laitteen käytössä. Laitteen ohjelmiston käytön ja tulosten tulkintaan vaaditaan valaistuksen analysointi osaamista ja hieman kielitaitoa.

Ohjeen käyttämisestä ja oikeellisuudesta osana Suomen Valoteknillisen Seuran omistamaa laitetta vastaa laitteen omistaja.

Laitteen mukana on toimitettu todistus kalibroinnista, joka on ollut voimassa pikaohjeen teon aikana.

Kalibrointi suositellaan tehtäväksi 12 kuukauden välein.

#### Kun vastaanotat laitteen:

- ☐ Ennen käyttöönottoa tarkista laitteen kunto.
- ☐ Tarvittaessa lataa laite käyttäen laitteen mukana tullutta laturia.
- ☐ Älä ota laitetta käyttöön, jos siitä puuttuu osia tai on muuten vioittunut.
- ☐ Jos laite on vioittunut, niin ota yhteys Suomen Valoteknilliseen Seuraan.

#### Laitteen kuvaus:

1. Diffusori valon vaimennukseen ja hajauttamiseen
2. Aukon liukusuljin.
3. Kosketusnäyttö laitteen käyttöön ja mittaustulosten näyttöön.
4. USB-portti (laitteen päällä oikeassa yläkulmassa).



Kuva 1. MSC15 spektrofotometrin kuvauksessa esitetty numerointi ja osien sijainti

## KÄYTTÖ

### Laitteen avaaminen ja sammuuttaminen:

Kosketa näyttöä (3) muutaman sekunnin ajan.

### Laitteen kennon kalibrointi:

Jos laite vaatii sensorin kalibrointia, seuraa näytössä olevia ohjeita:

1. Siirrä liukusuljin (2) vasemmalle.
2. Paina näytössä olevaa nuolta oikealle.
3. Siirrä liukusuljin (2) oikealle.
4. Paina näytössä olevaa nuolta oikealle.

### Mittaus ja tulosten tarkastelu:

1. Paina näytön oikeassa alakulmassa olevaa kolmionäppäintä ja laite suorittaa mittauksen.
2. Näytön oikeassa reunassa olevalla nuolinäppäimellä voit siirtyä tarkastelemaan eri mittaustuloksia.

### Mittaustavat:

Näytön vasemmassa alanurkassa olevasta 0/10/∞ -painikkeesta saa valittua mittaustavan. Valittu mittaustapa näkyy painikkeessa vaalealla taustalla korostettuna.

- ☐ Kertamittaus (0)
- ☐ Kertamittaus 10 sekunnin viiveellä (10)
- ☐ Jatkuva mittaus (∞)

### Käyttö PC:n kanssa:

Saadaksesi parhaan hyödyn laitteesta, asenna laitteen mukana tullut ohjelma CD-levyltä seuraavien ohjeiden mukaan. Ohjelman kieleksi voidaan valita vain englanti tai saksa.

1. Lue S-MSC15 "measurement software" - dokumentaatio ennen asennusta
2. Sulje muut ohjelmat ennen asennuksen aloitusta
3. Asenna CD-levy CD-asemaan
4. Aloita asennus kaksoisnapauttamalla "setup.exe" tiedostoa
5. Seuraa asennusohjeita

## Asensetek Lighting Passport Pro pikakäyttöohje

### Asensetek Lighting Passport Pro spektrofotometri pikakäyttöohje

Tämä pikakäyttöohje on tehty osana insinööritoimistoa Suomen Valoteknillisen Seuran hallitsemalle laitteelle, jonka tyyppi on ALP-01 ja sarjanumero on 0703130010120.

Ohje on otsikon mukaisesti pikakäyttöohje ja sillä pääsee alkuun laitteen käytössä. Laitteen ohjelmiston käytön ja tulosten tulkintaan vaaditaan valaistuksen analysointi osaamista ja hieman kielitaitoa.

Ohjeen käyttämisestä ja oikeellisuudesta osana Suomen Valoteknillisen Seuran omistamaa laitetta vastaa laitteen omistaja.

Laitteen mukana on toimitettu todistus kalibroinnista, joka on ollut voimassa pikaohjeen teon aikana.

Kalibrointi suositellaan tehtäväksi 12 kuukauden välein.

#### Kun vastaanotat laitteen:

- ☐ Ennen käyttöönottoa tarkista laitteen kunto.
- ☐ Tarvittaessa lataa laite käyttäen laitteen mukana tullutta laturia.
- ☐ Älä ota laitetta käyttöön, jos siitä puuttuu osia tai on muuten vioittunut.
- ☐ Jos laite on vioittunut, niin ota yhteys Suomen Valoteknilliseen Seuraan.

#### Laitteen kuvaus:

1. Diffuusori valon vaimennukseen ja hajauttamiseen (kuvassa suljin on kiinni).
2. Virtakytkin
3. USB-portti
4. Aukon liukusuljin
5. Merkkivalot:
  - ☐ Sininen LED palaa silloin, kun laite on päällä ja välkkyä datan siirron aikana.
  - ☐ Vihreä LED palaa silloin, kun virtalähde on kytketty.
  - ☐ Punainen LED palaa silloin, kun laite lataa, on sammuneena kun akussa on täysi virta ja välkkyä kun akun virta on vähäinen.



Kuva 1. Lighting Passport spektrofotometrin kuvauksessa esitetty numerointi ja osien sijainti

## KÄYTTÖ

### Ohjelman lataus ja mittalaitteen yhdistäminen mobiililaitteeseen:

1. Ennen laitteen päälle kytkemistä lataa ja asenna "Spectrum Genius Mobile" -ohjelma mobiililaitteeseen, joko App Store:sta tai Google Play kaupasta.
2. Kytke mobiililaitteen bluetooth ominaisuus päälle.
3. Kytke virta mittalaitteeseen virtakytkimestä (kuva 1. kohta 2.).
4. Mittalaitteen sininen LED vilkkuu ja voit yhdistää mittalaitteen mobiililaitteeseen oman laitteesi ohjeiden mukaisesti.
5. Kun olet "parittanut" mittalaitteen ja mobiililaitteesi voit aloittaa haluamasi mittaukset.

### Käyttöliittymän toiminnot:

1. Asetukset
2. Ohje
3. Kertamittaus
4. Monikertamittaus
5. Jatkuva mittaus
6. Vertailu kahden yksittäisen mittauksen välillä
7. Valonmittauksen "Wiki"
8. Tallennettu historia



Kuva 2. Käyttöliittymän toimintojen valintanäkymä Android laitteessa.

Mittaus:

Kertamittaus:

- ☐ Valitse "Yksittäinen" (Kuva 2. kohta 3.)
- ☐ Valitse mitattavat suureet
- ☐ Valitse taustavalonpoisto tai jätä valitsematta ja mittaa painamalla "Measure" -painiketta
- ☐ Selaa mittaustuloksia liuttamalla näyttöä tai painamalla näytön alareunassa olevia harmaita "pallukoita".
- ☐ Tallenna "data" halutessasi "Save" -painikkeesta näytön vasemmassa alalaidassa.
- ☐ Jos tallensit "datan", on sinulla mahdollisuus lisätä: kuva tuotteesta, tuotenimi, valmistaja ja/ tai käyttäjä.
- ☐ Suorita uudelleenmittaus painamalla "Re-test" -painiketta näytön oikeassa alalaidassa.

Monikertamittaus:

- ☐ Valitse "Monikertainen" (Kuva 2. kohta 4.)
- ☐ Valitse mitattavat suureet
- ☐ Aloita mittaus painamalla "Measure" -painiketta
- ☐ Voit mitata useita valonlähteitä tai suureita samasta valonlähteestä.
- ☐ Poista halutessasi mittaustuloksia liuttamalla valitsemaasi mittaustulosta mobiililaitteen näytössä.

Jatkuva mittaus:

- ☐ Valitse "Jatkuva" (Kuva2. kohta5.)
- ☐ Valitse mittausviive "Measure delay" ja mittauskerrat "Measure times".
- ☐ Tuloksissa punainen piste osoittaa huippuarvot ja sininen piste minimiarvot.

Käyttö PC:n kanssa:

Saadaksesi parhaan hyödyn laitteesta, asenna joko laitteen mukana tullut maksuton versio tai osta tuote laitteen valmistajan sivustolta.

## Mittautulokset

[illegible]