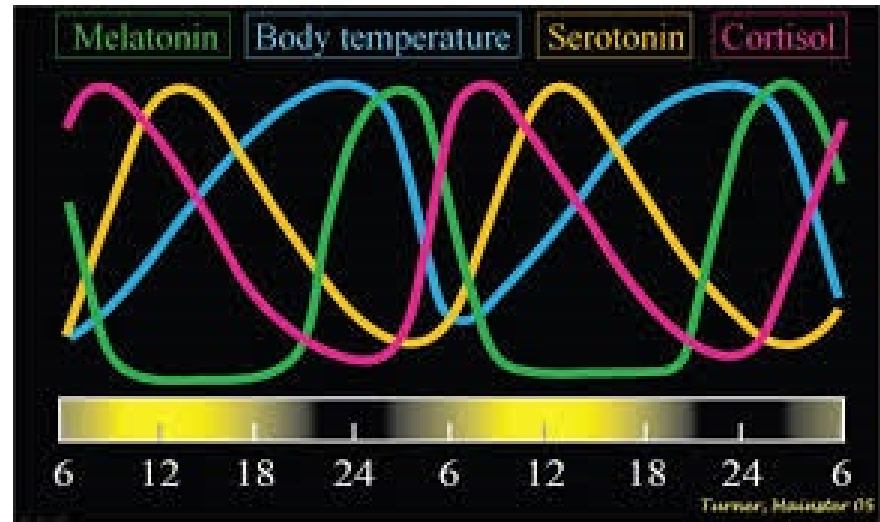


Valo ja valosuureet

Kari Kallioharju,
Tampereen ammattikorkeakoulu

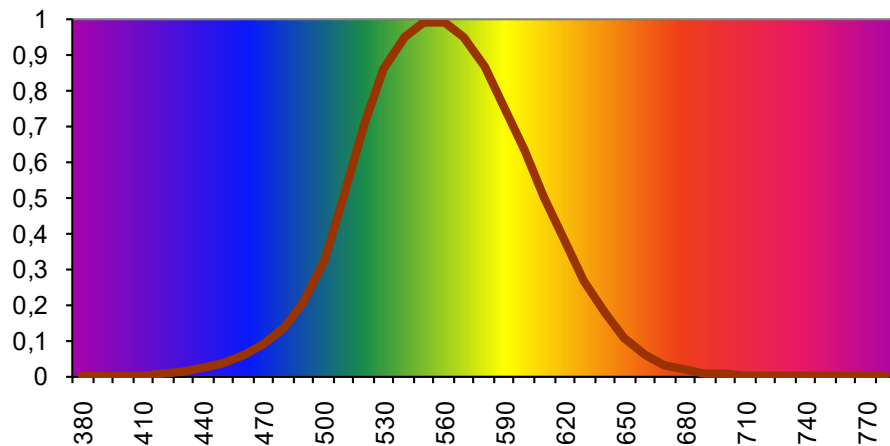


Valo – tärkein sisäolosuhde?

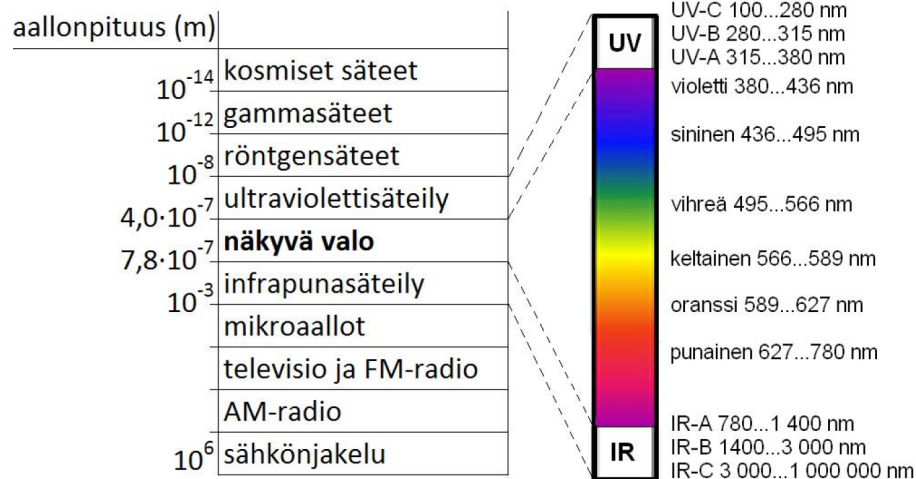


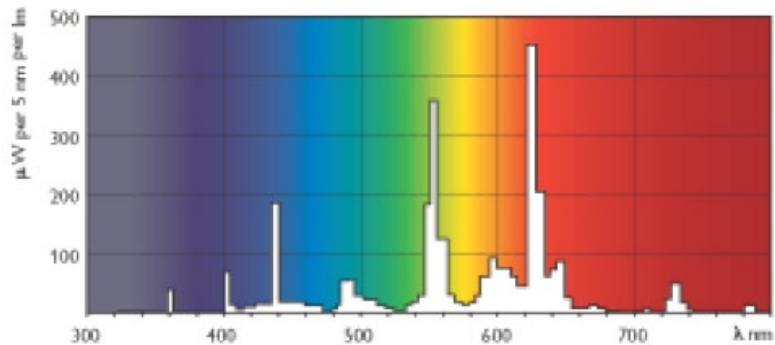
Mitä valo on?

- sähkömagneettisen säteilyn alue välillä 380 – 760 nm
- valkoista valoa tuotetaan aina monen eri säteilyn summana
- normaalissa päivänäkemisessä ihmissilmä aistii herkimmin kellanvihreän, 555 nanometrin valon

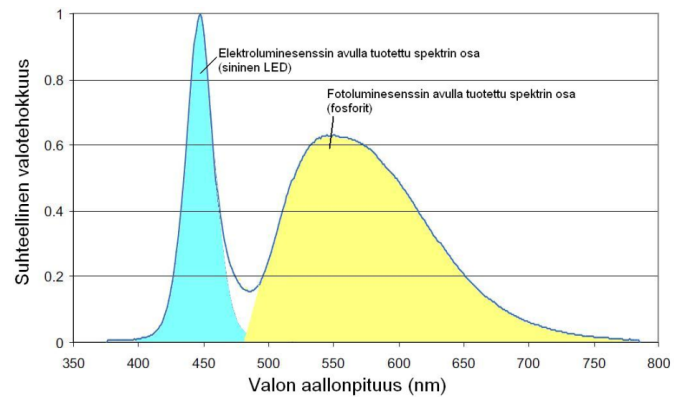


Kuva: Suhteellinen silmäherkkyyssuku valosäteilyn eri aallonpituuksilla päivänäkemisessä (silman spektriherkkyyssäyrä).





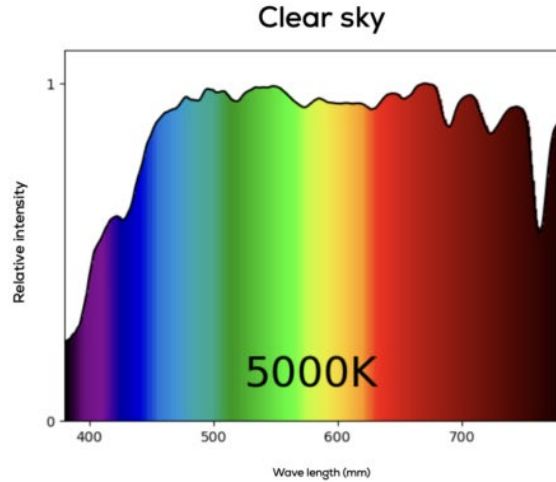
Lämpimän valkoisen (3000 K) loisteputken säteily



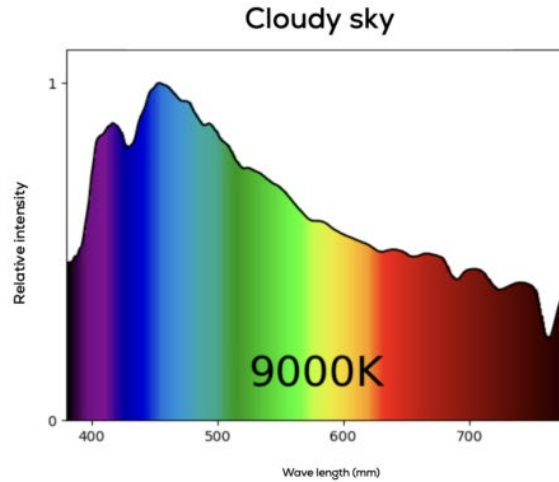
Valkoisen LEDin säteily



Kuva 2.15. Lämpimän valkoinen (3000 K) loisteputki vasemmalla ja kylmän valkoinen (6500 K) loisteputki oikealla.

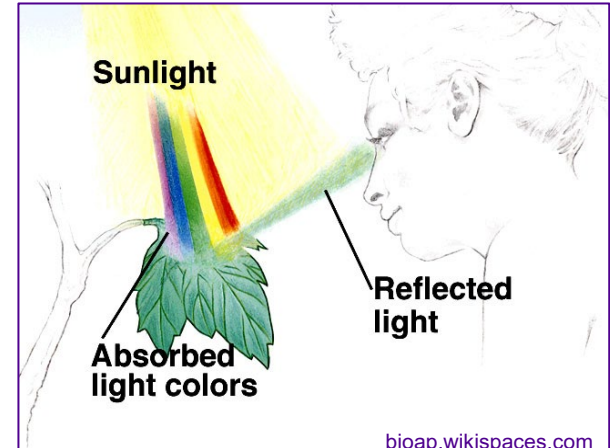


The Sun (without cloud cover)



The Sun hidden by a cloud

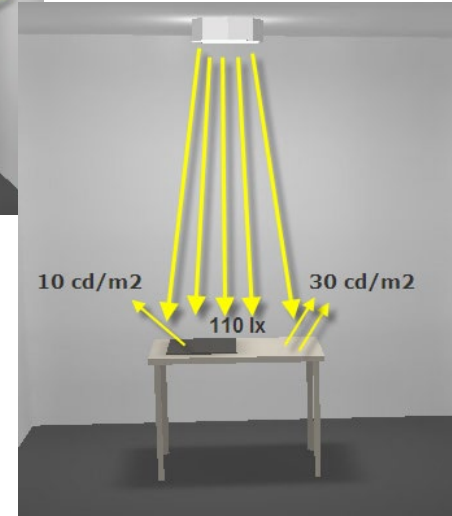
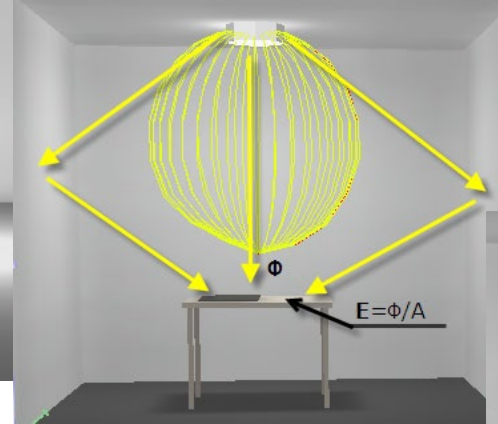
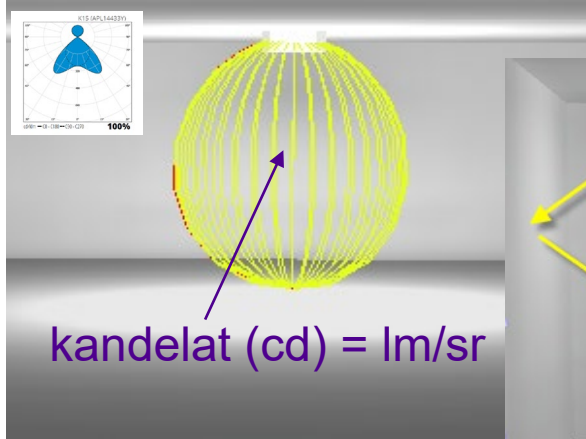
<https://www.sollumtechnologies.com/white-papers/natural-light>



Valosuureet



lumenet (lm)



luminanssi (cd/m²)

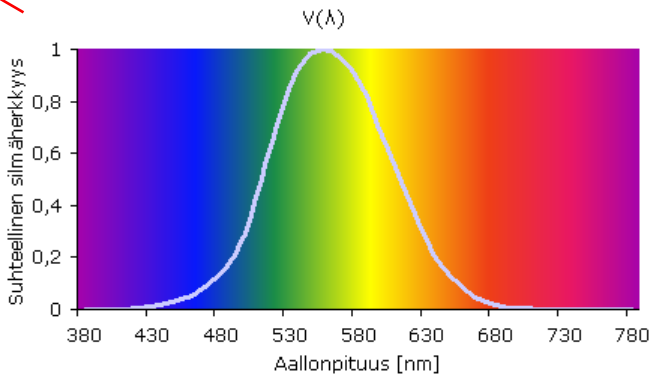
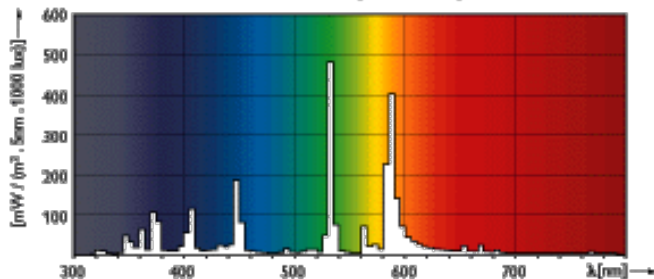
Suure	Yksikkö	Symboli	Kuvaus
Valovirta	lumen (lm)	Φ	Ilmaisee valonlähteen tuottaman näkyvän valon kokonaismäärän
Valovoima	kandela (cd)	I	Kuvaa valonlähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuutta (intensiteettiä)
Valaistusvoimakkuus	luksi (lx)	E	Pinnalle saapuvan valovirran määrä pinta-alayksikköä kohti (valovirran tiheys)
Luminanssi	cd / m ²	L	Kohdekappaleen pinnan valotiheys (pintakirkkaus)

Valovirran (lumenet) laskenta

$$\Phi = \int_{380nm}^{780nm} K_m V(\lambda) \Phi_{e,\lambda} d\lambda$$

K_m valotehokkuusvakio, 683 lm/W
 $\Phi_{e,\lambda}$ säteilytehon spektritiheys (W/nm)
 $V(\lambda)$ suhteellinen silmäherkkyyssuku

3000K loistelampun spektri



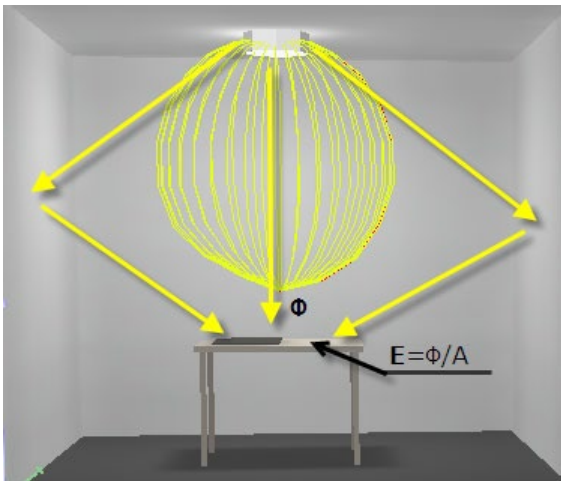
<https://www.tokmanni.fi/led-lamppu-13-w-e27-vakio-op-1560-lm-4000k-6435200215260>

E

$[E] = 1 \text{ lx (luksi)} = 1 \text{ lm/m}^2$

Valaistusvoimakkuus, E (luksit)

Valovirran kulkiessa pois valonlähteestä se lopulta osuu johonkin pintaan, josta se heijastuu, jonka se läpäisee tai johon se absorboituu. Pinnalle saapuvan valovirran tiheyttä kutsutaan valaistusvoimakkuudeksi.



Valaistusvoimakkuus ei ole nähtävissä oleva suure, sillä vain pinnasta heijastunut valo nähdään. **Valaistusvoimakkuus on kuitenkin valon määrällisen suunnittelun peruslähtökohta.**

Tyypillisiä valaistusvoimakkuuden arvoja:

- kuun valo 0,25 lx
- ulkona päivällä 5000 – 100 000 lx
- työpaikoilla 100 – 1000 lx (standardein ohjattu)
- kotona usein < 100 lx (ei standardeja)

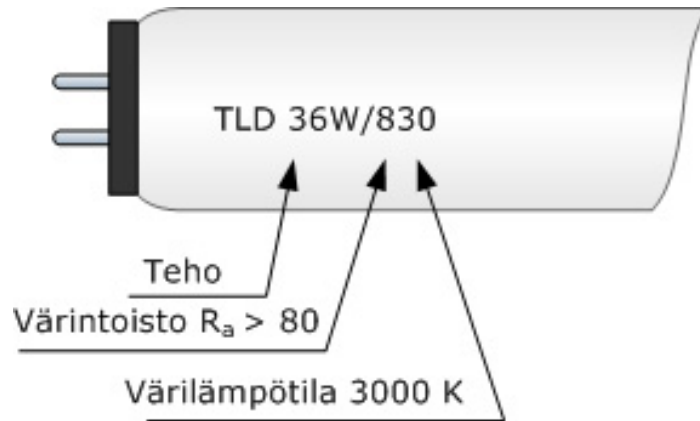
SFS-EN 12464-1:2021 TYÖKOHTEIDEN VALAISTUS

5-7,5-10-15-20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000-7500-10000

Värintoistoindeksi (R_a -indeksi tai myös CRI)

- Valonlähde toistaa ne värit mitä se itse lähettää, joten 100% värintoistajia ovat esimerkiksi halogeenilamppu ja päivänvalo
- Valonlähteiden värintoistokyky määritellään R_a -indeksillä, joka voi olla myös termillä CRI (Color Rendering Index)
- Värintoisto esittää valonlähteen värintoistokyvyn välillä 0 – 100 %.
- Värintoistoindeksi ilmoitetaan lamppupakkauksessa tai lampun kyljessä (esim. loistelamppu 58W/830 $\Rightarrow R_a > 80$).

Värintoisto-luokka	Värintoisto-ominaisuudet	R_a
1A	erittäin hyvät	$R_a \geq 90$
1B	hyvin hyvät	$80 \leq R_a < 90$
2	hyvät	$60 \leq R_a < 80$
3	tydyttävät	$40 \leq R_a < 60$
4	välttävät	$20 \leq R_a < 40$



Tunnetko pakkausmerkinnät?



The diagram shows the packaging for a MEGAMAN CL407-E14-2700-10000 light bulb. The packaging is blue and yellow, featuring a large image of the bulb and various technical specifications and certifications. Labels with arrows point to specific parts of the packaging:

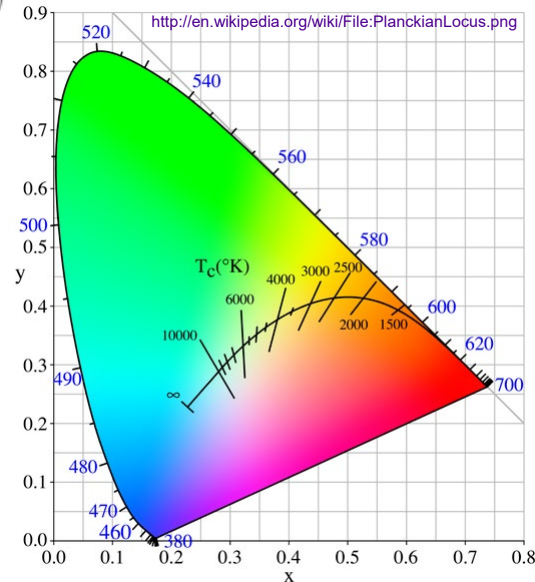
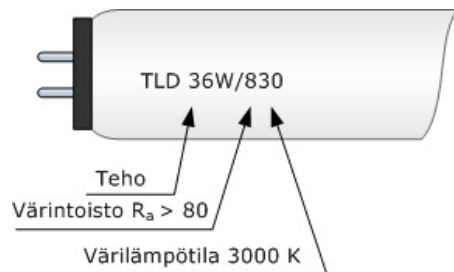
- Lampun valovirta.** Lumenit kertovat lampun valon määrän. Watit kertovat lampun tehon. (Points to the '286 lumen' and '7W' labels)
- Lampun keskimääräinen käyttöikä** (Points to the '10,000 h' label)
- Valon värilämpötila** (Points to the '2700K WARM WHITE' label)
- Lampun kanta** (Points to the 'E14' label)
- Lampun syttymisnopeus** eli aika, jolloin 60 % täydestä tehosta on saavutettu (Points to the '45 sec' and '60%' labels)
- Värintoistokyky** – kertoo kuinka hyvin lamppu toistaa esineiden väriä – yli 90 % on erittäin hyvä. (Points to the 'CRI: Ra(82)' label)
- Lamppu kestää näissä lämpötilaolosuhteissa** (Points to the temperature range label: '-20°C to +40°C')
- Himmennettävyyden**, tämä lamppu ei ole himmennettävä (Points to the 'Non-dimmable' symbol)
- Sytytyskertojen määrä** (Points to the '50,000X' label)
- Lampun hävittäminen** (Tätä ei saa hävittää tavallisen kotitalousjätteen mukana, vaan se on jätettävä SER-pisteeseen) (Points to the '1,5 mg Hg' label and the recycling symbol)

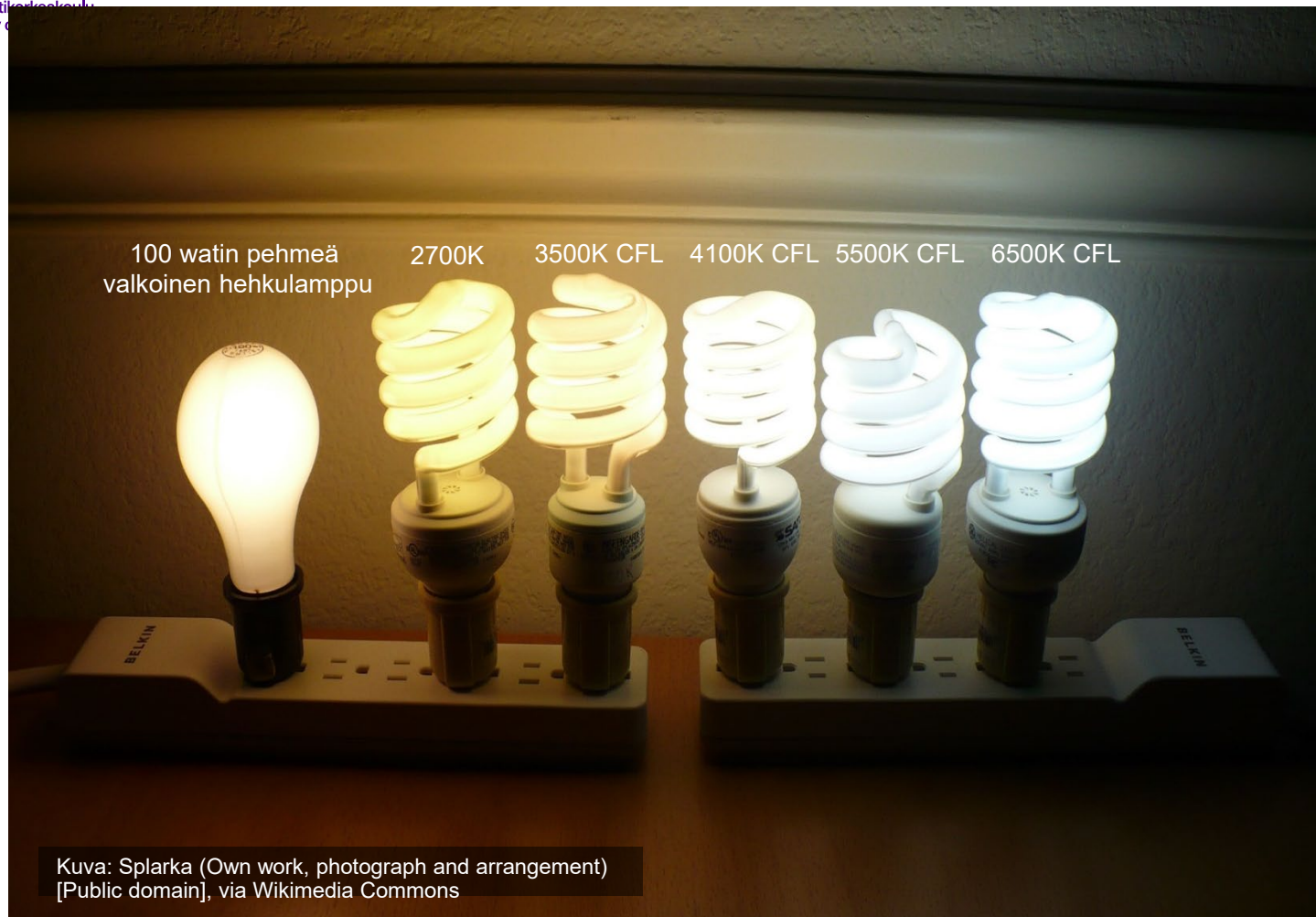
<http://energianeuvonta.ksoy.fi/file/729/516/1/468/pakkausmerkinn-t.jpg>

Värilämpötila (T_c tai T_{cp})

- Värilämpötilalla (T_c) esitetään valkoisen valon sävyä. Valo voi olla esimerkiksi kylmä- tai lämminsävyistä.
- Esimerkkejä värilämpötiloista:
 - hehkulamppu (T_c) n. 2700 K
 - halogeenilamppu (T_c) n. 2900 K
 - loistelamput, LEDit, purkauslamput (T_{cp}): ilmoitettu tyypissä. Yleensä liikutaan välillä 2700 - 6500 K (esim. loistelamppu 58W/830 => 3000 K)

Väri vaikutelma	Ekvivalenttinen värilämpötila T_{cp}
Lämmin	< 3000 K
Neutraali	3300 5300 K
Kylmä	> 5300 K





Tunnetko pakkausmerkinnät?



The diagram shows the packaging for a MEGAMAN CL407-E14-2700-10000 light bulb. The packaging is blue and yellow, featuring a large image of the bulb and various technical specifications and certifications. Labels with arrows point to specific parts of the packaging:

- Lampun valovirta.** Lumenit kertovat lampun valon määrän. Watit kertovat lampun tehon. (Points to the '286 lumen' and '7W' labels)
- Lampun keskimääräinen käyttöikä** (Points to the '10,000 h' label)
- Valon värilämpötila** (Points to the '2700K WARM WHITE' label)
- Lampun kanta** (Points to the 'E14' label)
- Lampun syttymisnopeus** eli aika, jolloin 60 % täydestä tehosta on saavutettu (Points to the '45 sec' and '60%' labels)
- Värintoistokyky** – kertoo kuinka hyvin lamppu toistaa esineiden väriä – yli 90 % on erittäin hyvä. (Points to the 'CRI: Ra(82)' label)
- Lamppu kestää näissä lämpötilaolosuhteissa** (Points to the temperature range label: '-20°C to +40°C')
- Himmennettävyyden**, tämä lamppu ei ole himmennettävä (Points to the 'non-dimmable' symbol)
- Sytytyskertojen määrä** (Points to the '50,000X' label)
- Lampun hävittäminen** (Tätä ei saa hävittää tavallisen kotitalousjätteen mukana, vaan se on jätettävä SER-pisteeseen) (Points to the recycling and disposal symbols)

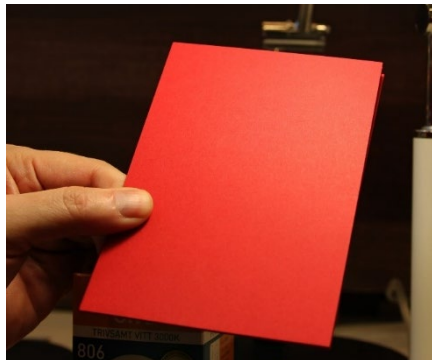
<http://energianeuvonta.ksoy.fi/file/729/516/1/468/pakkausmerkinn-t.jpg>

LEDin värilämpötilan vaikutus värintoistoon

LED-valo, 6500 K



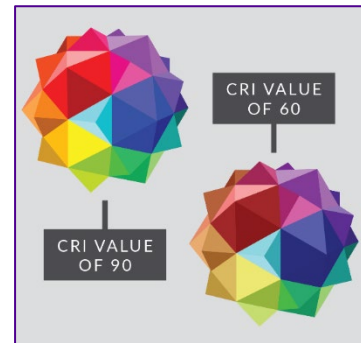
LED-valo, 4000 K



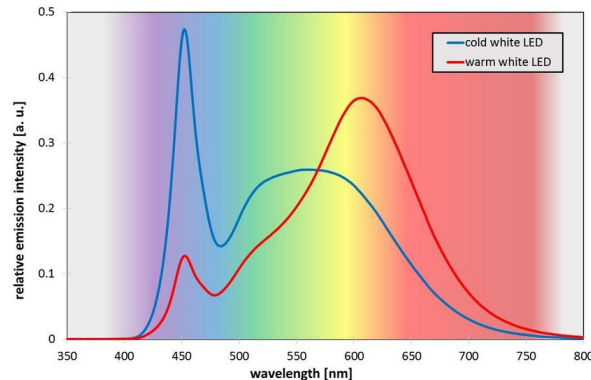
LED-valo, 3000 K



Kuvat: Miia Törmänen, CC BY-SA



<https://www.alconlighting.com/blog/lighting-design/color-rendering-index-cri/>

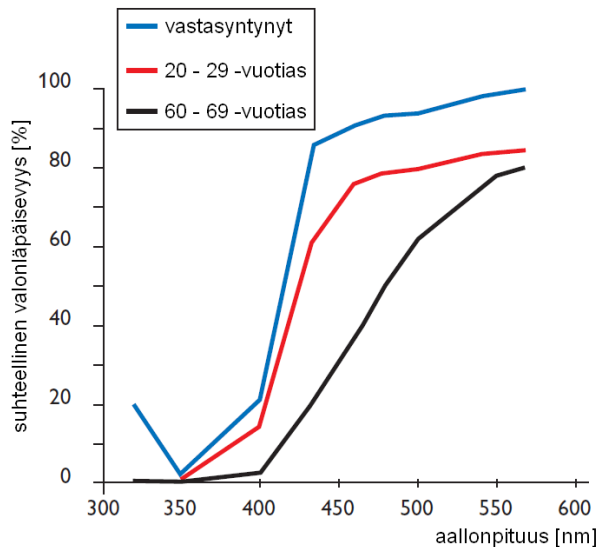


https://www.researchgate.net/figure/a-White-LED-setup-b-photograph-of-cold-neutral-and-warm-white-LEDs-with-color_fig2_328507251

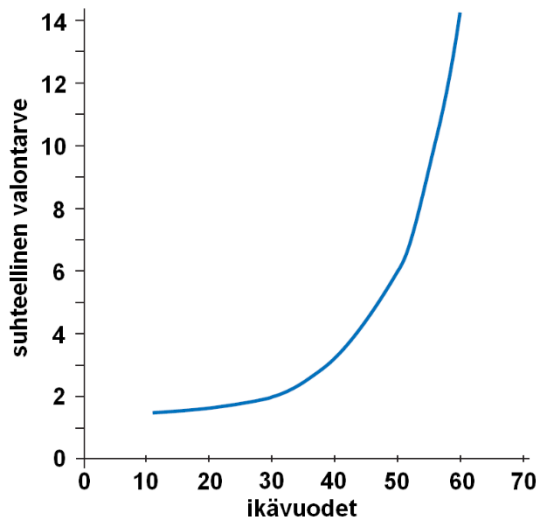
Ikääntymisen vaikutukset näkemiseen

Iän karttuessa ihmisen näkökyky heikkenee. Syynä tähän ovat mm. lisääntyvä mykiön samentuminen ja pupillin koon pieneneminen, joiden vuoksi verkkokalvon valaistusvoimakkuus pienenee.

Esimerkiksi 60 vuoden iässä on tarpeen kolme kertaa niin suuri valaistusvoimakkuus kuin 20 vuoden iässä, jotta verkkokalvo saisi yhtä paljon valoa. Myös hämäränäkeminen heikkenee ja häikäisyherkkyys kasvaa iän myötä.



Suhteellinen mykiön valonläpäisevyys eri ikäluokissa
(alkuperäinen lähde: van Bommel & van den Beld 2004).

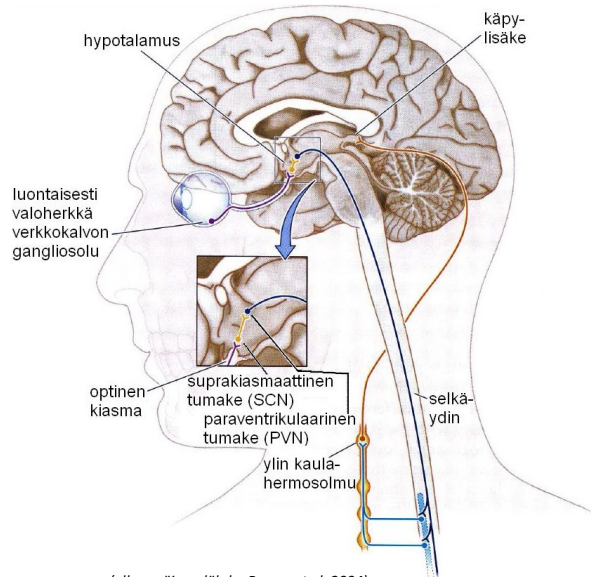


Suhteellinen lukutehtävän vaatima valontarve eri-ikäisillä ihmisillä (alkuperäinen lähde: van Bommel & van den Beld 2004).

Valaistuksen merkitys terveydelle ja hyvinvoinnille

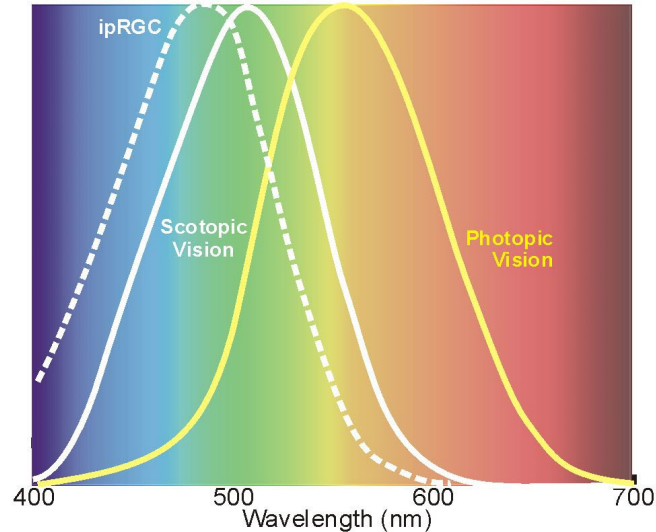
Näköelimen ei-näköaistimusta synnyttävä järjestelmä säätelee muun muassa ihmisen biologista kelloa, mielialaa ja vireystilaa.

Ei näköaistimusta synnyttävä järjestelmä aistii herkimmin sinisen valon. Kylmänvalkoinen valo siis tyypillisesti nostaa vireystilaa ja tahdistaa sisäisen kellomme

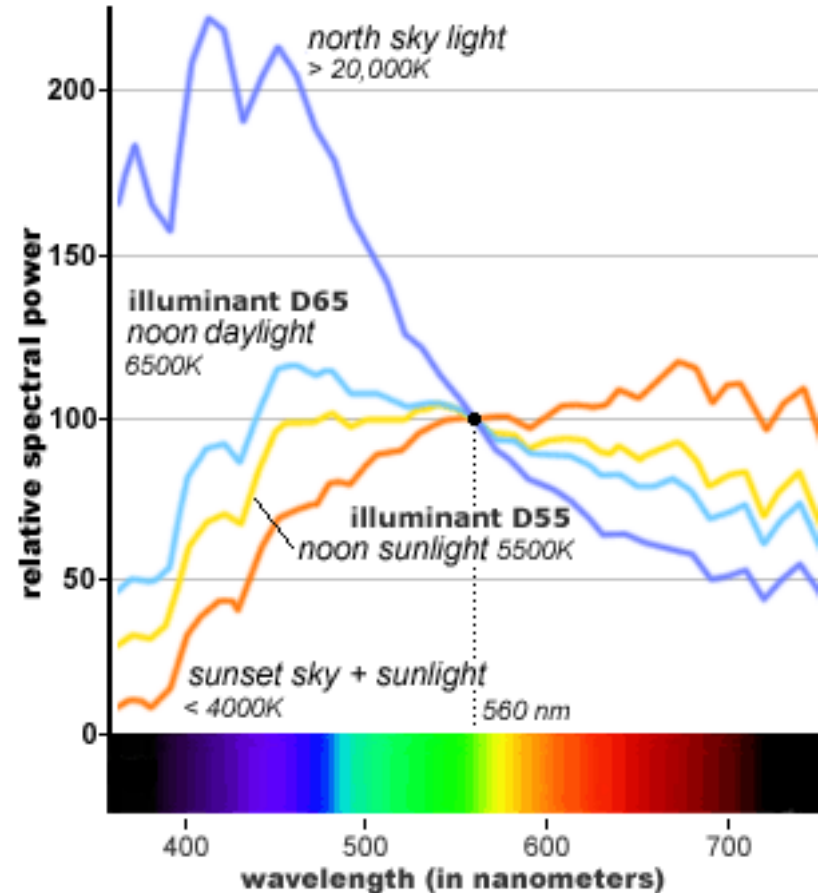


(alkuperäinen lähde: Purves et al. 2004)

ipRGC = ei-näköaistimusta synnyttävän
järjestelmän herkkyyssäyrä



- Oikeanlainen valo pitää ihmisen sisäisen kellon 24 h vuorokausirytmissä.
- Ihminen on kehittynyt ulkoympäristöön, jossa 12/12 h valo-pimeärytmi.
- Kun valorytmi, valon voimakkuus tai spektrisisältö muuttuu poikkeavaksi, kello alkaa jätättää tai edistää.
- Nykyään ihmisten oleskelu sisätiloissa vaihtelevissa valo-olosuhteissa on aina haaste, johon ollaan kuitenkin vastaamassa uusilla valaistusratkaisuilla.



Valaistuskentaohjelma DIALux EVO

