

Antti Pekkala

## **OULUHALLIN VALAISTUKSEN KARTOITUS JA ESISUUNNITTELU**

# OULUHALLIN VALAISTUKSEN KARTOITUS JA ESISUUNNITTELU

Antti Pekkala  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Talotekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Antti Pekkala

Opinnäytetyön nimi: Ouluhallin valaistuksen kartoitus ja esisuunnittelu

Työn ohjaaja: Heikki Kurki

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2016

Sivumäärä: 76 + 16 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella Ouluhallin nykyisen valaistuksen ongelmakohtia sekä selvittää mahdollinen uuden valaistuksen toteuttamistapa tulevan peruskorjauksen jälkeen. Työssä on käyty läpi erilaisten valaistustekniikkojen hyviä ja huonoja puolia sekä niiden tulevaisuuden näkymiä. Työn tilaaja oli Oulun tekninen liikelaitos

Työssä selvitettiin nykyisen valaistuksen ongelmakohdat vieraillemalla erilaisissa tapahtumissa, joita järjestettiin Ouluhallissa sekä mittaamalla valaistusvoimakkuus hallissa. Hallin nykyisen valaistuksen ongelmakohtia olivat valaistuksen tilanneohjauksen puute, energiatehokkuus sekä huoltokustannukset. Uudelle valaistukselle asetettiin tavoitteeksi olla valoteholtaan suurempi, energia- ja huoltotehokkaampi sekä monipuolisempi Ouluhallin käyttötarkoituksiin.

Valaistussuunnittelu toteutettiin yhteistyössä Philipsin kanssa. Suunnittelussa Ouluhallin uusi valaistus toteutettiin led-valaisimilla, jotka ovat energiatehokkaammat kuin nykyiset monimetallilamput. Lisäksi suunnittelussa otettiin huomioon valaistusohjauksen lisäys Ouluhalliin. Valaistussuunnitelman pohjalta suoritettiin kustannuslaskenta uudelle valaistukselle ja tarkkailtiin kustannusten takaisinmaksuaikaa. Uusi valaistus on energiatehokkaampi sekä tarjoaa mahdollisuuden erilaisiin tilanneohjauksiin Ouluhallissa, mikä ei ole mahdollista nykyisillä valaisimilla.

Raportti antaa kattavan selvityksen Ouluhallin valaistuksen tilanteesta ja ongelmakohdista. Lisäksi raportti antaa suunnittelupohjan Ouluhallin valaistuksen peruskorjaukselle.

---

Asiasanat: Ouluhalli, monitoimihalli, energiatehokkuus, Led, valaistuksenohjaus

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää opinnäytetyön aikana saadusta avusta Oulun teknisen liikelaitoksen Tapio Niemeä, Aimo Häikiötä sekä Ouluhallin henkilökuntaa. Haluan myös kiittää Philipsin Markku Kumpulaista ja Katja Kososta, jotka auttoivat valaistussuunnitelman toteutuksessa.

Oulussa 13.4.2016

Antti Pekkala

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ALKULAUSE.....	4
SISÄLLYS.....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 VALAISTUKSEN PERUSSUUREET .....	8
2.1 Valaistusvoimakkuus .....	8
2.2 Valovirta.....	8
2.3 Valovoima.....	9
2.4 Luminanssi .....	9
2.5 Muita valaistusteknisiä suureita .....	11
2.5.1 Värintoistoindeksi .....	11
2.5.2 Teho .....	11
2.5.3 Valotehokkuus.....	11
2.5.4 Elinikä eli polttoaika.....	12
2.5.5 Väriämpötila.....	12
2.5.6 Energiatehokkuusluokka .....	13
2.5.7 Häikäisyindeksi.....	13
3 LAMPPUTYYPIT.....	15
3.1 Termiset säteilijät.....	16
3.2 Loistelamput .....	17
3.3 Purkauslamput.....	18
3.3.1 Elohopealamput .....	19
3.3.2 Monimetallilamput.....	19
3.3.3 Suurpainenatriumlamput .....	20
3.4 LED.....	21
3.4.1 Historia .....	21
3.4.2 Rakenne .....	22
3.4.3 Valontuotto .....	23
3.4.4 Lämmönhallinta .....	24
3.4.5 Toimintaperiaate.....	25

3.4.6 Ledin ominaisuudet ja tulevaisuuden näkymät .....	25
4 VALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄT .....	28
4.1 DALI.....	28
4.1.1 KytKentä ja ohjelmointi.....	28
4.1.2 Järjestelmän hyvät ja huonot puolet .....	29
4.2 DSI.....	29
4.2.1 KytKentä ja ohjelmointi.....	29
4.2.2. Järjestelmän hyvät ja huonot puolet .....	30
4.3 Ohjausjärjestelmien eroavaisuudet.....	30
5 VALAISTUKSEN SUUNNITTELU .....	31
5.1 Urheilutilojen valaistusvaatimukset .....	32
5.2 Lajikohtaiset valaistusvaatimukset .....	33
6 OULUHALLIN VALAISTUS.....	34
6.1 Nykyinen tilanne .....	35
6.2 Tehonsyöttö ja ohjaus.....	36
6.3 Huoltokustannukset .....	38
6.4 Valaistus kilpailutapahtumissa .....	38
6.4.1 Cheerleading SM-kisat .....	39
6.4.2 Jousiammuntakilpailut .....	40
6.5 Yhteenveto .....	41
7 VALAISTUSTASOMITTAUKSET OULUHALLISSA.....	42
7.1 Mittauksessa käytetyt laitteet.....	42
7.2 Mittaustuloksien pohdinta .....	43
8 OULUHALLIN UUSI VALAISTUS .....	46
8.1 Uudet valaisimet .....	46
8.2 Valaistuksen toteutustapa.....	47
9 KUSTANNUSLASKELMAT .....	50
9.1 Uuden valaistuksen kustannukset .....	50
9.2 Säästöt .....	51
9.3 Kokonaiskustannukset.....	52
10 POHDINTA .....	54
LÄHTEET .....	56
LIITTEET .....	60

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa Ouluhallin valaistuksen nykytila ja esittää vaihtoehtot Ouluhallin peruskorjauksen yhteydessä suoritettavan valaistuksen nykyaikaistamiseen. Työssä käydään läpi valaistustekniikkaan liittyvää termistöä ja suunnitteluperiaatteita. Opinnäytetyössä on kiinnitetty huomiota uuden valaistuksen energiatehokkuuteen, huollettavuuteen sekä ohjattavuuteen, joka mahdollistaa hallin monipuolisen käytön. Opinnäytetyön on tilannut Oulun tekninen liikelaitos.

Valaistuksella on merkittävä rooli kiinteistön energiatehokkuutta tarkasteltaessa. Valaistus on lämmityksen ohella yksi merkittävimmistä energiankuluttajista kiinteistössä ja siksi monet kaukupungit, Oulun kaupunki mukaan lukien, uudistavat kiinteistöjen, teiden ja katujen valaistusta. Merkittävä tekijä uutta valaistusta suunniteltaessa on myös huollettavuus, sillä nykyisen valaistuksen ylläpito on kallista, koska varaosat ja työ ovat kalliita. Huoltokustannukset ovatkin energiakustannuksien jälkeen toiseksi korkein kustannuserä, kun tarkastellaan valaistuksen kokonaiskustannuksia. Uuden valaistuksen tulisi olla huoltokustannuksiltaan edullisempi ja energiatehokkaampi, jotta peruskorjauksen kustannuksen takaisinmaksuaika olisi mahdollisimman lyhyt.

Ouluhallin valaisimet ovat edelleen alkuperäiset 1980-luvun loppupuolelta olevia monimetallilamppuja, jotka asennettiin halliin rakennusvaiheessa. Nykyiset valaisimet ovat tulossa elinkaarensa loppuun, jolloin uusien valaisimien hankinta tulee ajankohtaiseksi.

Ouluhallissa järjestetään vuosittain monenlaisia tapahtumia, mikä tuo suuren haasteen valaistuksen käyttöön. Käyttö muodostuu tavallisesta kuntoilusta aina SM-kisoihin tai jopa silloin tällöin arvokisoihin, jotka edellyttävät valaistukselta teknisesti hyvin erilaisia asioita. Lisäksi on huomiotava mahdolliset musiikkitapahtumat, joita järjestetään Ouluhallin tiloissa, vaikkakin vähemmän. Oman haasteensa uuden valaistuksen suunnitteluun tuo hallin rakenne, joka on herkkä raskaalle mekaaniselle kuormitukselle, kuten lumimassoille.

## 2 VALAISTUKSEN PERUSSUUREET

### 2.1 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus (E) kuvaa valaistusjärjestelmän suorituskykyä eli sitä, kuinka paljon järjestelmällä tuotettua valoa saadaan halutulle pinnalle. Valaistusvoimakkuus ei ole näkyvä suure, vaan valo tulee nähtäväksi vasta, kun se on heijastunut joltain pinnalta eteenpäin. Valaistusvoimakkuus pitää siis sisällään hajavalon ja heijastuksien summan. (1; 2, s. 606.)

Valaistusvoimakkuutta kuvataan yksiköllä luksit (lx). Sisävalaistuksesta valaistusvoimakkuus vaihtelee yleensä 100 - 1000 lx:n välillä ja vastaavasti ulkovalaistuksessa voimakkuus vaihtelee 1–15 lx:n välillä öisin. Päivällä suorassa auringonpaisteessa päästään jopa 100 000 lx:n valaistusvoimakkuuteen. (2, s. 606.)

Valaistusvoimakkuus riippuu suoraan pinnalle tulevasta valovirrasta ja kääntäen valaistavan pinnan alasta. Valaistusvoimakkuudelle saadaankin tämän avulla käänteinen neliölaki. Valaistavan kohteen etäisyyden kasvattaminen kaksinkertaiseksi pudottaa valaistusvoimakkuuden neljäsosaan. Jos valaistavaa kohdetta käännetään tai kohteen etäisyyttä valonlähteestä muutetaan, kohteen valaistusvoimakkuus muuttuu alkuperäisestä. (2, s. 606.)

Valaistusvoimakkuudelle on annettu minimiarvo erilaisissa sisätiloissa, kuten toimistoissa tai oppilaitoksissa. Myös urheilukentille ja halleille on määritetty lajikohtaiset valaistusvoimakkuudet, jotta lajin harrastus esimerkiksi kilpatasolla olisi urheilijoille mahdollista.

### 2.2 Valovirta

Valovirralla ( $\Phi$ ) kuvataan valonlähteen tuottamaa näkyvän valon määrää. Lamppuvalmistajat ilmoittavat tuoteluetteloissa lamppujen valovirta-arvot, joita suunnittelijat käyttävät pohjatietona kohteen valaistussuunnittelussa. (2, s. 606.)



Valovirran yksikkö on lumen (lm). Yleinen käytäntö on ilmoittaa valovirran määrä kilolumeneina. Sisävalaistuksessa käytetyillä lampuilla valovirran määrä on yleensä 400–12 000 lumenia, joskin valaisimen käyttöpaikalla on suuri merkitys arvoon. Ulkovalaistuksessa käytetyillä lampuilla lumen-arvo on vastaavasti 2–47 klm. (2, s. 606.)

Lämpötilalla on voimakas vaikutus lamppujen valovirran tuottoon. Lisäksi pienoisloistelampuilla valovirran tuotto on riippuvainen polttoasennosta. Lamppujen valovirran tuotto on mitattu standardin mukaisessa 25 °C:n lämpötilassa, jolloin puhutaan nimellisvalovirrasta. Valonlähteiden valovirran ja tilan lattianpinta-alan avulla on mahdollista laskea tilan keskimääräinen valaistusvoimakkuus E. (2, s. 606.)

### **2.3 Valovoima**

Valovoima (I) kuvaa valaisimesta tiettyyn suuntaan lähtevän valon määrän. Valovoiman avulla voidaan ilmaista eri valaisimien ja kohdelamppujen valonjako-ominaisuudet. Valaisinvalmistajat käyttävät valonjakokäyriä ilmaisemaan valovoimaa. Valaisimen tai valolähteen valovoima on ilmoitettu yleensä polaari- eli napakoordinaatistossa yhdessä tai useammassa pysty akselin suuntaisessa tasossa. (2, s. 606.)

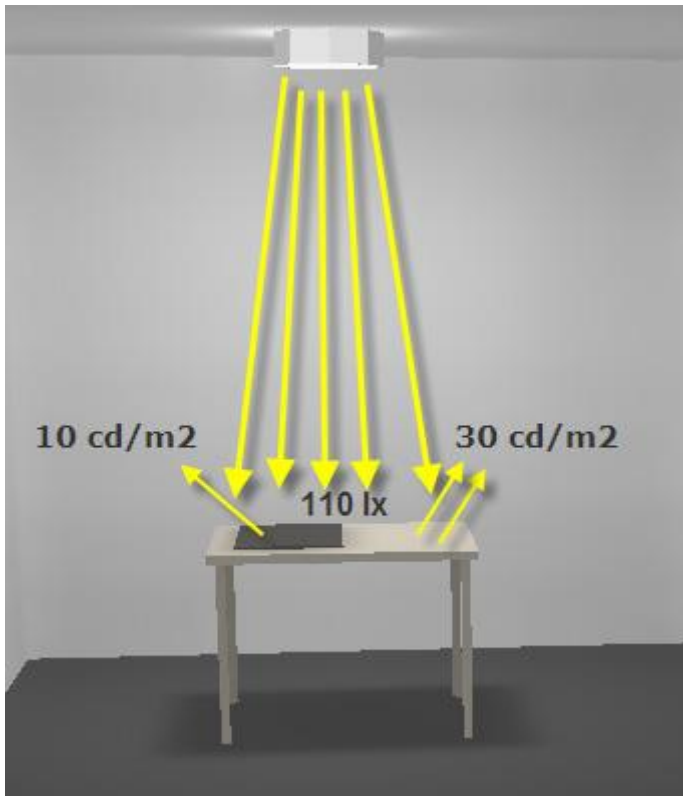
Valovoiman yksikkö on kandela (candela, cd). Yksi kandela vastaa noin yhden kynttilän synnyttämää valon voimakkuutta, mistä yksikkö on saanut nimensä. Mitä enemmän valoa (lumeneita) lamppu tuottaa, sitä suurempi on valovoima, mikäli kohdelampun säteilykulma säilyy muuttumattomana. Vastaavasti, jos valoa kohdistetaan lampulla pienemmälle alueelle, saadaan valovoimaa kasvatettua suuremmaksi, vaikka valaisimen tuottama valon määrä säilyy muuttumattomana. (2, s. 606.)

### **2.4 Luminanssi**

Luminanssi (L) kuvaa kohdekappaleen pintakirkkautta, mikä tekee luminanssista valaistustekniikan ainoan suureen, joka on omin silmin nähtävissä. Luminanssi kasvaa pinnan kirkkauden kasvaessa, minkä johdosta sitä käytetään nähtävän ympäristön ominaisuuksien ja näyttöpäätetyötilojen valaisimien kirkkauden määrittämisessä. (2, s. 606.; 3.)

Luminanssin yksikkönä käytetään kandela neliömetrille ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Vertailun vuoksi yöllä valaistun kadun pinnan luminanssi on suuruusluokkaa  $2 \text{ cd}/\text{m}^2$  ja taivaankannen luminanssi on  $8000 \text{ cd}/\text{m}^2$ . Sisätiloissa paljon käytetyn  $36 \text{ W}$ :n loistelampun pinta on noin  $10000 \text{ cd}/\text{m}^2$ . (2, s. 606.; 3.)

Luminanssiin vaikuttavia tekijöitä ovat valaistavan pinnan valovoima sekä sen projektiopinta-ala tarkasteltavaan suuntaan. Mattapintojen ts. hajaheijastavien pintojen luminanssi syntyy pinnalla vallitsevan valaistusvoimakkuuden ja valaistavan pinnan heijastussuhteen yhteisvaikutuksena. Luminanssia on esitetty kuvassa 1. (2, s. 606.; 3.)



KUVA 1. Luminanssi kappaleen pinnalta (3.)

## 2.5 Muita valaistusteknisiä suureita

Valaistustekniikassa käytetään useaa eri suuretta kuvaamaan lampun/valaisimen ominaisuutta. Näiden suureiden avulla lampujen valitseminen eri tiloihin, kuten asuntoihin tai toimistoihin helpottuu ja käyttäjä saa helposti ymmärrettävää tietoa. Tiedon avulla käyttäjä voi valita parhaiten sopivan valaisimen käyttöönsä.

### 2.5.1 Värintoistoindeksi

Lampun tuottaman valon kykyä toistaa pintojen värejä kuvataan värintoistoindeksin eli Ra-indeksin avulla. Värintoistoindeksin määrittämiseen käytetään kahdeksaa eri testiväriä. Ra-indeksi ilmoitetaan lukuarvona 0–100. Täysin vastaava värintoisto tarkoittaa arvoa Ra 100. (4.)

Sisävalaistuksessa Ra-indeksin tulisi olla yli 80 ja hyvää värintoistoa edellytettäessä yli 90. Hehkulampun ja halogeenilampun Ra-indeksi on 100. Pienoisloistelampujen ja ledilampujen värintoistoindeksi on hieman huonompi kuin hehkulampujen. Indeksien arvo riippuu käytetystä vertailuvalonlähteestä. Alhaisilla värilämpötiloilla vertailuna käytetään hehkulamppua ja korkean lämpötilan omaavilla päivänvaloa. (4.)

### 2.5.2 Teho

Teho ( $P$ ) kuvaa sähköisen laitteen tai lampun sähkönkulutusta watteina ( $W$ ). Lamppu valitaan valovirran eikä sähkötehon perusteella, jotta tilassa saavutettaisiin haluttu valaistustulos. Liian suuri teho lampussa voi aiheuttaa palovaaran, mikä on huomioitava etenkin halogeenilampuissa, mikäli niitä asennetaan valaisimeen. Halogeenilamppu tuottaa korkean pintalämpötilan, joka voi sytyttää herkästi syttyvää materiaalia tuleen. Pienoisloistelampuilla ja ledeillä tätä ongelmaa ei ole, koska niiden käyttämät tehot ovat pienet. (4.)

### 2.5.3 Valotehokkuus

Valonlähteen valotehokkuudella tarkoitetaan valonlähteen säteilemän valovirran suhdetta käytettyyn sähkötehoon ( $lm/W$ ). Valotehokkuus määritellään erikseen pelkälle lampulle ja lamppu-

liitäntä-laiteyhdistelmälle. Lamppuliitäntä-yhdistelmässä puhutaan järjestelmän valontehokkuudesta. (4.)

Hehkulamput valontehokkuus on noin 12 lm/W, kun vastaavasti pienoisloistelampuilla saavutetaan mallista riippuen 50–70 lm/W. Led-valaisimilla päästään jopa yli 100 lm:iin/W. (4.)

#### **2.5.4 Elinikä eli polttoaika**

Lamppujen elinikä eli polttoaika ilmoitetaan tunneissa. Hehkulamppujen tyypillinen polttoaika on noin 1000 h. Nykyiset lampputyypit ovat pidempi-ikäisiä kuin hehkulamput ja osa moninkertaises-tikin. Alan valmistajat ovat sopineet, että 1000 h polttoa vastaa yhtä vuotta, jolloin lampun eliniästä puhuttaessa voidaan käyttää myös yksikkönä vuosia. (5.)

Ilmoitettu polttoaika ei kuitenkaan ole lupaus kestoikästä, vaan perustuu IEC 60969 -standardin mukaiseen mittausjärjestelyyn. Mittauksessa on katsottu aika jonka puitteissa vielä 50 % testatuista lamputa on palannut ilmoitetun tuntimäärän jälkeen. (5.)

Uusien led-valaisimien eliniän määrittämiseen käytetään uusia kansainvälisiä IEC-standardeja. IEC 62722 määrittelee led-valaisimien eliniän testaamiseen käytettävät vähimmäistestausajat ja keinot uudella tavalla. Led-valaisimien vähimmäistestausaika on nyt 6000 tuntia, jonka aikana valaisimen tuottama valovirta on mitattava 1000 tunnin välein. Led-moduulien ja liitäntälaitteen elinikä tulisi ilmoittaa erikseen, koska liitäntälaitteen elinikä on yleensä pienempi kuin moduulin ja joudutaan vaihtamaan toiseen valaisimen elinkaaren aikana. (6.)

#### **2.5.5 Väriämpötila**

Väriämpötila kertoo lampusta lähtevän valon värisävyn. Väriämpötila vaihtelee 2000–7400 K:n alueella. Mitä korkeampi on väriämpötila, sitä kylmempi ja sinisempi lampun tuottama valo on. Vastaavasti alempana valo muuttuu lämpimämmäksi. Neutraalin valkoisena pidetään noin 3500–4000 K:n väriämpötilaa. (7.)

Väriämpötilalla on huomattava vaikutus valaistavan tilan tunnelmaan. Kodin oleskelutiloissa suositetaan matalahkoja väriämpötilan lamppuja, koska niiden tuottama lämmin tai puhtaan valkea valo koetaan miellyttävämmäksi kuin kylmä sinertävä valo. Vastaavasti julkisissa tiloissa käytetään kylmemmän värisävyn omaavia lamppuja. (7.)

### **2.5.6 Energiatehokkuusluokka**

Energiatehokkuusluokka on merkintä, joka luokittelee lamput niiden valotehokkuuden ja polttoain perusteella. Energiatehokkain luokka on A, ja huonoin luokka on G. Hehkulamput luokitellaan luokkaan E, halogeenilamput luokkaan D tai B ja vastaavasti pienoisloistelamput ovat luokkaa A tai B. Ledit ja monimetallilamput luokitellaan A-luokkaan. Kolmea viimeistä luokkaa ei enää saa myydä EU:n alueella. (5.)

Energiatehokkuusmerkinnät uudistuivat 1.9.2013. Uudistetun merkintä käytännön myötä, energiatehokkaimmat lamput, kuten energiansäästölamput ja led-lamput, erottuvat paljon paremmin. A-energialuokka asteikkoon on määritelty kaksi uutta luokitusta, jotka ovat A+ ja A++. (8.)

Kiristyvien energiatehokkuusdirektiivien myötä moni perinteinen lamputyyppi korvataan energiatehokkaimmilla lampuilla, kuten ledeillä. Tämä näkyy myös erityisesti tievalaistuksessa: vanhoja lamppuja vaihdetaan koko ajan uusiin energiatehokkaimpiin lamppuihin tai valaisimiin.

### **2.5.7 Häikäisyindeksi**

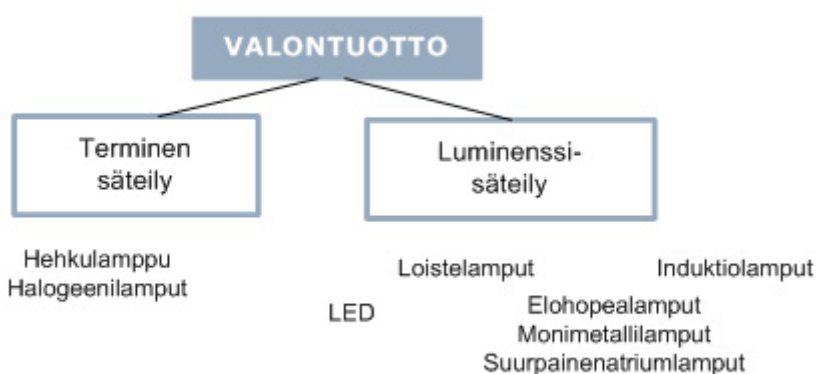
UGR-menetelmää käytetään, kun määritetään sisätilojen valaisimien aiheuttamaa kiusahäikäisyä. Kiusahäikäisyllä tarkoitetaan häikäisyä, joka aiheuttaa epämiellyttävää tunnetta, mutta ei heikennä näkemistä. UGR-arvo riippuu taustasta heijastuvan valon määrästä ja tilan jokaisen valaisimen osan luminanssista sekä osien sijaintikertoimesta eli poikkeamasta katseen suunnasta. Valaistussuosituksot antavat UGR:lle maksimiaron, jota ei saisi ylittää tilan valaistuksessa. (9.)

Häikäisyindeksillä on myös merkittävä vaikutus urheiluareenojen valaistuksessa. Areenan tai hallin valaisimet eivät saa aiheuttaa häiritsevää häikäisyä urheilijan silmiin, jotta urheilusuoritus ei häiriintyisi. Lisäksi katsojien silmiin kohdistuvan valon häikäisyindeksi on otettava huomioon valaisimia valittaessa.

### 3 LAMPPUTYYPIT

Tällä hetkellä markkinoilta löytyy useita erilaisia lampputyyppejä erilaisiin käyttötarkoituksiin ja tilanteisiin. Lampun valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat tilan valaistusvaatimukset sekä lampun ominaisuudet. Merkittäviksi tekijöiksi ovat myös nousseet energiatehokkuus sekä polttoikä, koska lamppujen energiavaatimukset ovat kiristyneet viime vuosina ja tulevat muuttumaan merkittävästi tulevina vuosina. Tämä merkitsee monien lampputyyppeiden poistumista markkinoilta lähitulevaisuudessa sekä olemassa olevien lampputyyppeiden tekniikan kehittymistä vastaamaan tulevaisuuden vaatimuksia. Seuraavaksi käydään lyhyesti läpi perinteiset lampputyypit, joita on käytetty jo pidemmän aikaa erilaisten tilojen valaistuksessa. Osa tekniikoista on jo poistunut tai poistumassa lähiaikoina markkinoilta johtuen kiristyneistä energiatehokkuusvaatimuksista ja ympäristösäädöksistä.

Valolähteet jakaantuvat valontuottoperiaatteensa mukaan kahteen pääryhmään: termisiin säteilijöihin ja luminenssisäteilijöihin. Termisissä säteilijöissä hehkuvaksi kuumennetut aineet säteilevät sekä valoa että lämpöä ympärilleen. Luminenssisäteilijät sen sijaan perustuvat säteileviksi viritettyihin atomeihin. Näkyvä valo syntyy niissä sähköpurkauksena joko loisteaineessa tai puolijohteessa. Alla olevassa kuvassa 2 näkyy lampputyyppeiden jako. (10.)



KUVA 2. Valonlähteiden jako valontuoton mukaan (10.)

### 3.1 Termiset säteilijät

Termisen säteilijän valontuotto perustuu tyhjiössä hehkuvaksi kuumennettuun hehkulankaan. Termisen säteilijä tuottaa suurimmaksi osaksi lämpöenergiaa ympäristöönsä, joka vaikuttaa lampun energiatehokkuuteen sekä sijoittamiseen tilassa.

Termisen säteilijän valo on jatkuvaspektrinen, mikä tarkoittaa että lamppu säteilee kaikkia näkyvän valon aallonpituuksia. Tästä johtuu niiden erittäin hyvä värintoisto (RA ~100).

Termisen säteilijän langan lämpötilalla on merkittävä vaikutus valon väriämpötilaan sekä valontuottoon. Mitä kuumempaa säteilijän lanka palaa, sitä lyhyempi on valon aallonpituus, josta seuraa valon kylmempi värisävy. Hehkulangan palamislämpötilalla on myös vaikutusta hehkulampun käyttöikänsä. (10)

Halogeenilamppu on tekniikaltaan samanlainen kuin hehkulamppu, koska molempien lamputyyppien valontuotto perustuu tyhjiössä kuumennettuun hehkulankaan. Halogeenilampun suojakupu on täytetty jodi- tai bromikaasulla. Kuumasta hehkulangasta haihtunut volframi reagoi kaa-suuntuneen jodin tai bromin kanssa ja kiinnittyy takaisin hehkulangan kuumimpiin osiin. Tämä mahdollistaa hehkulangan polton halogeenilampussa kuumempaa ja kirkkaampaa kuin tavallisessa hehkulampussa, mistä seuraa halogeenilampun parempi valoteho ja pidempi elinikä. Lisäksi halogeenilamppujen hyvä värintoistoarvo sekä lämminvalo ovat tehneet niistä suosittuja sisätilojen valaistuksessa, esimerkiksi kodeissa. (10.)

Kirstyvät energiatehokkuusvaatimukset tulevat poistamaan halogeenilampun markkinoilta. Verkkojännitteisten halogeenilamppujen markkinoille tuominen kielletään 1.9.2016 alkaen ja ympärisäteilevien halogeenilamppujen 1.9.2018. (7.)



## 3.2 Loistelamput

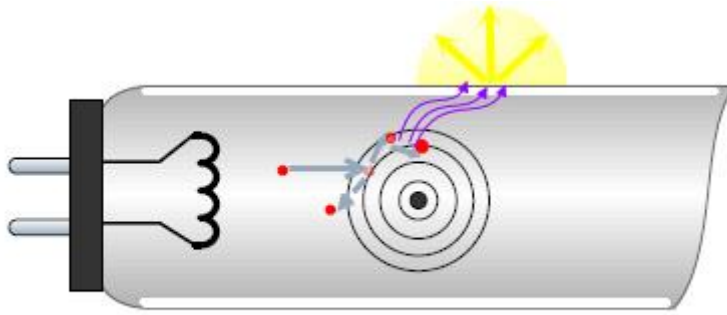
Loistelamput ovat nykyään yleisiä toimistoissa sekä myymälöissä. Loistelamput voivat olla joko

- suoria, kaksikantaisia putkia
- kierrekantaisia energiasäästölamppuja
- yksikantaisia pienisloistelamppuja.

Loistelamppujen etuja ovat muun muassa erittäin hyvä valontehokkuus, väriominaisuuksien vaihtoehtojen suuruus sekä valaistuksen kokonaiskustannuksien edullisuus. Lisäksi loistelamput sievät jännitevaihteluja, mikä lisää valaisimen käyttöikää. Loistelamppujen heikkoudet ovat liitännälaitteen tarve sekä valon syttyminen välkkymällä. Himmennyksen puute useasta lampputyypistä sekä liitännälaitteesta on heikkous, joka vaikuttaa valaisimen valintaan valaistussuunnittelussa. (9.)

Loistelamppu edellyttää toimiakseen virtaa rajoittavan kuristimen sekä sytyttimen. Monessa loisteputkivalaisimesta löytyy myös erillinen kompensointikondensaattori. Useasti valaisinhuoltoon kohdistuvat toimenpiteet kohdistuvatkin näihin komponentteihin, mikä lisää huoltokäyntejä kohteessa ja kasvattaa kiinteistön huoltoon kohdistuvia kustannuksia. Uusissa loistevalaisimissa tämä on hoidettu elektronisella liitännälaitteella, joka pitää sisällään kaikki yhdistettynä. Energiansäästölamppuissa liitännälaitteet on yhdistetty lampun kantaan.

Loistelamppujen toimintaperiaate perustuu sähköpurkaukseen lampun päissä olevien elektrodien (katodit) välissä. Loisteputki sisältää pienipaineista elohopeahöyryä. Kun katodia hehkutetaan, siitä irtoavat elektronit törmäävät elohopea-atomien elektroneihin, jotka virittyvät eri energiatasoon. Elektroni palaa takaisin matalampaan energiatasoon, jolloin se luovuttaa energiaansa ultraviolettisäteilynä. Lampun kuvun sisäpinnalla olevassa loisteainekerroksessa uv-säteily muuttuu näkyväksi valoksi. Kuvassa 3 näkyy loistelampun toimintaperiaate. (10; 11.)



KUVA 3. Loistelampun toimintaperiaate (10.)

Loistelampun toiminnan edellytyksenä ovat lampun tietyt fyysiset mitat. Putken halkaisijan tulee olla pieni ja purkausvälin suhteellisen pitkä. Lampun valontuottoon vaikuttaa myös olennaisesti höyrystyneen elohopean määrä ja lampun lämpötila. Tavallisesti paras valontuotto saadaankin 20–30 °C:n lämpötiloissa, mikä tekee loistelampuista hyvän vaihtoehdon sisätiloihin, mutta ulkona pakkasella loistelampun valontuotto putoaa. (10.)

### 3.3 Purkauslamput

Yleisimmät suurpaineiset purkauslamput (High Intensity Discharge) ovat elohopealamput, monimetallilamput ja suurpainenatriumlamput. Purkauslamppuja käytetään paljon ulko- ja katuvalaistuksessa sekä teollisuuden tiloissa johtuen niiden suuresta valotehosta. Tekniikan kehittyessä myös purkauslamppujen väriominaisuudet ovat parantuneet, joka on johtanut purkauslamppujen suosion kasvamiseen myös myymälöissä ja halleissa. Muita purkauslamppujen etuja ovat valon tehokkuus ja käyttöikä.

Valontuotto purkauslampuissa perustuu kaasupurkaukseen purkausputkessa, joka sisältää erilaisia kaasuja tai metallihöyryjä. Sähkövirta kuumentaa purkausputkea, johon näkyvää valoa syntyy sähköpurkauksessa. Purkausputkessa olevat täyteaineet määräävät säteilyn spektrin ja valon väriominaisuudet. Purkausputkea täytyy lämmittää muutaman minuutin verran, jotta se saavuttaisi täyden valotehon.

Kaikki purkauslamput vaativat virranrajoittimen, mutta osa purkauslamppuista vaatii myös erillisen sytytinlaitteen. Purkauslamppujen heikkous on niiden syttyminen ainoastaan kylminä, joten sammumisen jälkeen täytyy odottaa lamppujen jäähtymistä ennen uudelleen sytyttämistä. (10.)

### **3.3.1 Elohopealamput**

Elohopealamppujen etuja ovat niiden halpa hankintahinta ja pitkäikäisyys. Vastaavasti heikkouksia ovat heikko värintoisto, huono valotehokkuus, etenkin verrattuna muihin purkauslamppuihin sekä pitkä syttymisaika, joka on otettava huomioon valaistussuunnittelussa.

Elohopealampan purkausputki sisältää elohopeaa, joka korkeapaineisena höyrynä lähettää pääasiassa näkyvää valoa sähköpurkauksen johdosta. Kuvun sisäpinnan loisteaine muuttaa purkausputken UV-säteilyn myös näkyväksi valoksi. Elohopealamppu tarvitsee toimiakseen kuristimen. (10.)

Euroopan komissio antoi vuonna 2009 uusia asetuksia koskien energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä. Asetuksien myötä elohopealamppujen markkinoille tuonti kiellettiin 13.4.2015. Myyntiliikkeet saavat myydä kuluttajille ainoastaan varastoissa olevat elohopealamput. (12.)

### **3.3.2 Monimetallilamput**

Monimetallilampuista löytyy elohopealampan polttimoa vastaava purkausputki, joka sisältää elohopean lisäksi muita metallien jodideja. Tämän vuoksi purkauksessa syntyvä valo on väriominaisuuksiltaan elohopealamppua parempi, joka mahdollistaa monimetallilamppujen käytön esimerkiksi sisätiloissa. Lisäksi monimetallilampun valontehokkuus on parempi kuin elohopealampulla. Heikkouksia taas ovat lampun kallis hankintahinta ja pitkä syttymisaika. (10.)

Monimetallilamppu vaatii toimiakseen kuristimen lisäksi sytytinlaitteen, joka lisää huoltotoimenpiteiden määrää. Lisäksi lamppu tuottaa paljon lämpöä, jonka vuoksi purkausputki lämpenee paljon. Tästä syystä lamppujen tulee jäähtyä sammutuksen jälkeen muutaman minuutin, ennen uudelleen sytyttämistä.

Monimetallilamppujen käyttö on laajentunut paljon niiden tekniikan kehittymisen myötä. Tällä hetkellä monimetallilamppuja käytetään paljon tiloissa, joissa vaaditaan paljon-, hyvänlaatuista valoa, kuten myymälöissä ja halleissa. Nämä tilat ovat useasti hyvinkin korkeita, joten monimetallilamppu soveltuu niihin hyvin suuren valotehokkuutensa vuoksi. (10.)

Ouluhallin nykyiset valaisimet käyttävät 1000 W:n monimetallilamppuja. Ouluhallin rakennusaikana tämä oli tavanomainen valaistuksen toteutusmuoto suurissa monitoimihalleissa. Lisäksi hallin korkea katto tekee monimetallilampuista hyvän ratkaisun kyseiseen tilaan.

### **3.3.3 Suurpainenatriumlamput**

Suurpainenatriumlampuissa on purkausputkessa natriummetallia, joka suurpaineisena lähettää tehokkaasti näkyvän valon säteilyä kellertävän valon aallonpituudella. Valo on oranssia ja valon värinosto-ominaisuudet ovat huonot. Markkinoilta löytyy myös värikorjattuja suurpainenatriumlamppuja.

Suurpainenatriumlamput vaativat muiden purkauslamppujen tavoin muutaman minuutin lämpenemisajan, ennen kuin ne tuottavat täyden valovirran. Myös lampun sammuttaminen edellyttää muutaman minuutin odottamisen ennen uudelleen sytyttämistä, jotta purkausputki ehtii jäähtyä. Lisäksi suurpainenatriumlamppu tarvitsee liitäntälaitteiksi kuristimen sekä sytytinlaitteen toimiakseen.

Suurpainenatriumlamppu on erinomainen valon määrän tuottaja, koska valo on pääasiassa kellertävää, joka on lähellä silmän parhaiten aistimaa aluetta. Valon kellertävä väri tosin rajoittaa lampun käytön tie- ja katuvalaistukseen sekä teollisuusvarastoihin tai muihin vastaaviin tiloihin. Värikorjatut lamput soveltuvat myös laajempaan käyttöön. (10.)

### 3.4 LED

Perinteisten valaistusratkaisujen rinnalle on viime vuosina alkanut nousta LED eli Light Emitting Diode (valoa säteilevä diodi eli loistediodi). Ledien avulla valaistussuunnitteluun on avautunut paljon uusia mahdollisuuksia ledien hyvien ominaisuuksien, kuten koon ja energiatehokkuuden ja valotehokkuuden kautta. Led-tekniikka kehittyi kovaa vauhtia, mihin on merkittävästi vaikuttanut suurten valmistajien panostus led-tekniikkaan ja valaisimien valmistukseen. Suurten valmistajien mukaan tulon myötä led-valaisimien hinta laskee sekä niiden ominaisuudet kehittyvät nopeammin vastaamaan kasvavia tarpeita niin ulkovalaistukseen kuin sisävalaistukseen.

Maailmalla on suuria urheiluareenoja, joiden valaistus on toteutettu led-tekniikalla, ja Suomestakin löytyy tällä hetkellä jäähalleja, missä valaistus on toteutettu led-valaisimia käyttäen. Led-valaisimien etu energiatehokkuuden lisäksi on niiden sopeutuvaisuus erilaisiin tilanneohjauksiin, minkä avulla areenalle voidaan tehdä erilaisia tilannevalaistuksia. Erilaiset tilannevalaistukset kiinnittävät katsojien huomion ja nostavat tunnelmaa esimerkiksi urheilu- ja musiikkitapahtumissa.

#### 3.4.1 Historia

Ledejä on käytetty jo yli 30 vuotta erilaisissa käyttökohteissa, kuten autojen valoissa, mainoksissa ja hi-fi-laitteissa. Elektroluminesenssi-ilmiö, joka liittyy olennaisena osana ledeihin, havaittiin kuitenkin jo yli 100 vuotta sitten englantilaisen tutkijan Henry Joseph Roundin toimesta. Round huomasi, että epäorgaaniset materiaalit kykenivät säteilemään valoa sähkövirran ansiosta. Vaikka hän julkaisi keksintönsä, asia unohtui nopeasti ja Round keskittyi pääasiassa työhön uuden merenkulkuun tarkoitetun radiosuuntimajärjestelmän parissa. Vuonna 1921 Venäläinen fyysikko Oleg Lossev havaitsi uudelleen valoemissiota koskevan ”Round-ilmiön” ja tutki tätä ilmiötä vuosina 1927–1942. Lossev lopulta haki patenttia keksinnölleen nimeltä valorele, mutta keksinnölle ei löydetty käyttöä ja se unohtui vuosiksi.

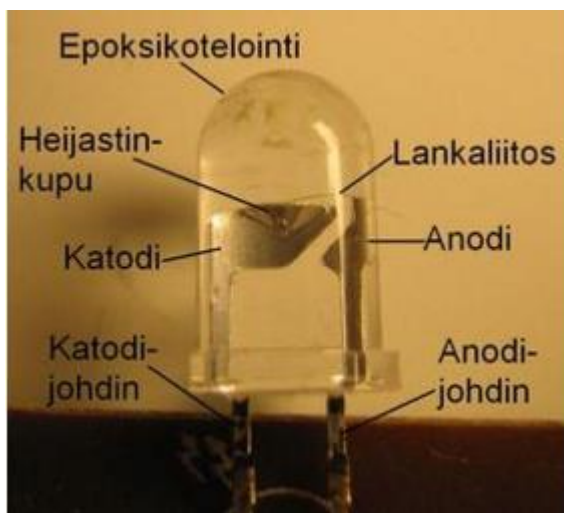
Vuonna 1962 yhdysvaltalaisen Nick Holonyakin kehittämä ensimmäinen punainen luminenssidiodi tuli markkinoille. Tämä merkitsi kaupallisen ledin syntymähetkeä. Kehitys jatkui 70-luvulla, kun erivärisiä ledejä, kuten oranssi, vihreä ja keltainen alkoi ilmestyä markkinoille.

1993 japanilainen Shuji Nakamura kehitti ensimmäisen kirkkaansinisen ledin. Nakamura jatkoi kehitystyötä, ja lopulta markkinoille ilmestyi ensimmäinen valkoinen ledi. Valkoisen ledin perustana toimi erikoiskirkas sininen ledi, joka päällystettiin fluoresoivalla fosforikerroksella.

Tämän seurauksena ledien suosio valaistuksessa alkoi kasvaa 2000-luvulla, ja ensimmäiset 100 lm/W tuottavat ledit kehitettiin 2006. (13.)

### 3.4.2 Rakenne

Led-valaisin koostuu useista erillisistä ledi-yksiköistä, joiden rakenneosiin kuuluvat runko, puolijohdesiru, linssi, lämmönjohdin sekä anodi ja katodi, jotka toimivat liitosnapoina. Kuvassa 4 näkyy yksittäisen ledin rakenne tarkemmin. (14; 15.)



KUVA 4. Ledin rakenne (16.)

Linssin tehtävä on johtaa ledsirusta tuotettu valo ulos sekä suojella sirua mahdollisilta kolhuilta ja lialta. Linssillä on myös merkittävä rooli valon suuntaamisessa haluttuun kohteeseen, esimerkiksi korostettaessa jotain tiettyä kohtaa. Muita linssin tehtäviä on eliminoida tuotetun valon aiheuttama häikäisy. (14.)

Ledsiru on kooltaan hyvin pieni, halkaisijaltaan noin 5 mm. Halutun valotehon saavuttamiseen tarvitaan usein useita erillisiä ledsiruja, joiden kokonaisuus muodostaa lopulta runkoon kiinnitettävän led-moduulin. Sirun pieni koko toisaalta mahdollistaa ledien sijoittelun hajautetusti, jolloin valon

suuntaaminen on helpompaa. Tällöin valo ei tule vain yhdestä pisteestä kuten hehkulampuissa vaan sirujen avulla valoa voidaan suunnata haluttuun pisteeseen. (15.)

### 3.4.3 Valontuotto

Ledin säteilemällä valolla on tietty aallonpituus ja siten tietty väri. Ledin tuottaman väri riippuu käytetystä puolijohdemateriaalista. Käytettävät puolijohdemateriaalit muodostuvat alkuaineyhdistelmistä, kuten fosfideista tai arsenideista.

Valkoista valoa ledillä voidaan tuottaa kahdella tavalla: fotoluminesenssilla tai ja additiivisella värisekoituksella.

Fotoluminesenssilla tuotettu valkoinen valo on tavallisempi tapa. Valkoinen valo saadaan tuotettua lisäämällä sinisen ledin päälle ohut loisteainekerros. Ledin lyhytaaltainen energiapitoinen sininen valo saa loisteainekerroksen syttymään ja säteilemään matalaenergistä keltaista valoa. Osa sinisestä valosta muuttuu valkoiseksi valoksi. Valkoisen värivalon värisävyä voidaan säätää loisteainekerroksen mukaisesti ja tällä tavalla saadaan tuotettua lämmintä valkoista valoa. (13.)

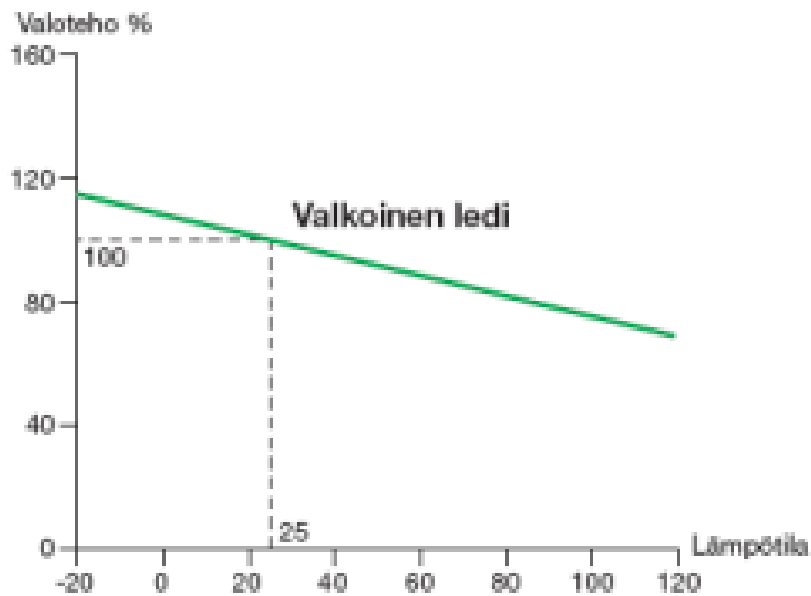
Toinen tapa tuottaa valkoista valoa on additiivinen värisekoitus. Tällä tekniikalla valkoinen valo saadaan aikaan sekoittamalla aallonpituuksiltaan erilaista punaista, vihreää ja sinistä (RGB) valoa. Tekniikan etuna on, että valon väriä voidaan muuttaa ohjauksen avulla. Näin mahdollistetaan sekä valkoisen että värillisen valon tuotto. RGB- tekniikkaa hyödynnetään esimerkiksi led-televisioissa, joissa kuva ja taustavalaistus tuotetaan ledien avulla. (13.)

Ensimmäisen sukupolven ledit olivat värilämpötilaltaan kylmiä eli 5000–6000 K ja värintoisto oli huono. Parhaimmillaankin päästiin vain noin lukemiin Ra 70. Nykyään tekniikan kehittyttyä on saatu värilämpötila-aluetta laajennettua lämpimästä päästä eli 3000 kelvinin alueelta, ja värintoistoindeksi on noussut hyvälle Ra 85:n tasolle. Tämä on merkittävästi vaikuttanut ledien suosioon. (17.)

### 3.4.4 Lämmönhallinta

Ledin käyttämä teho muuttuu suurimmaksi osaksi lämmöksi. Muista perinteisistä valonlähteistä poiketen led ei säteile tuottamaansa lämpöä ympärilleen vaan pitää sen sisällään. Tästä johtuen ledin jäähtyminen on hoidettava erillisellä lämmönjohtimella runkoon tai ympäristöön. Liika lämpö led-komponentissa vaikuttaa sen valontuottoon, väriin ja vähentää merkittävästi sen elinikää, koska puolijohdepala ledin sisällä on heikko korkeille lämpöille. Lämmönhallinta onkin ollut yksi suurimpia ongelmia led-valaisinten kehityksessä. (15; 17.)

Alla olevassa kuvassa 5 näkyy ledin valotehon muutos lämpötilan suhteen.



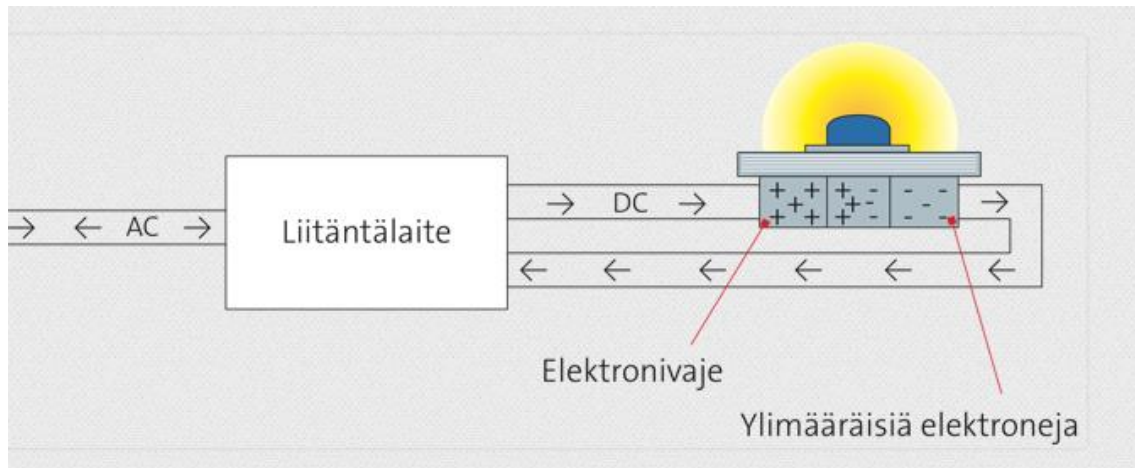
KUVA 5. Ledin valotehon muutos lämpötilan suhteen (17)

Kuvan perusteella nähdään, että ledien valoteho on suurimmillaan vähän yli 21 °C:n lämpötilassa. Tämä tekee led-valaisimista hyvän vaihtoehdon suuriinkin tiloihin, kuten halleihin tai myymälöihin.



### 3.4.5 Toimintaperiaate

Led vaatii toimiakseen tasavirtaa (DC) ja yleensä erillisen liitäntälaitteen. Liitäntälaitteen tehtävä on muuttaa verkkojännite loistediodin kannalta sopivaksi. Kuvassa 6 näkyy periaate ledin toiminnasta. (18.)



KUVA 6. Ledin toiminta (18)

Ledin valo syntyy elektronien pyrkimyksestä siirtyä tasapainotilaan. Loistediodi (Led) sisältää kaksi erilaista aluetta: n-johdealueen ja p-johdealueen. N-johdealueella on ylimääräisiä elektroneja, kun taas p-johdealueella on elektronien vajuusta. Raja-alueella, jota kutsutaan myös pn-liitokseksi tai rajapinnaksi, syntyy valoa, kun puolijohteen läpi ajetaan tasavirtaa. Elektronien tasapaino alkaa tasoittua niiden törmätessä toisiinsa ja elektronien virittyessä vapautuu valoa. (18.)

### 3.4.6 Ledin ominaisuudet ja tulevaisuuden näkymät

Ledillä on monia hyviä ominaisuuksia verrattuna perinteisiin valonlähteisiin. Etuja ovat muun muassa

- matala tehonkulutus
- suuri tehokkuustaso
- pitkä elinikä
- portaaton himmennys elektronisella liitäntälaitteella

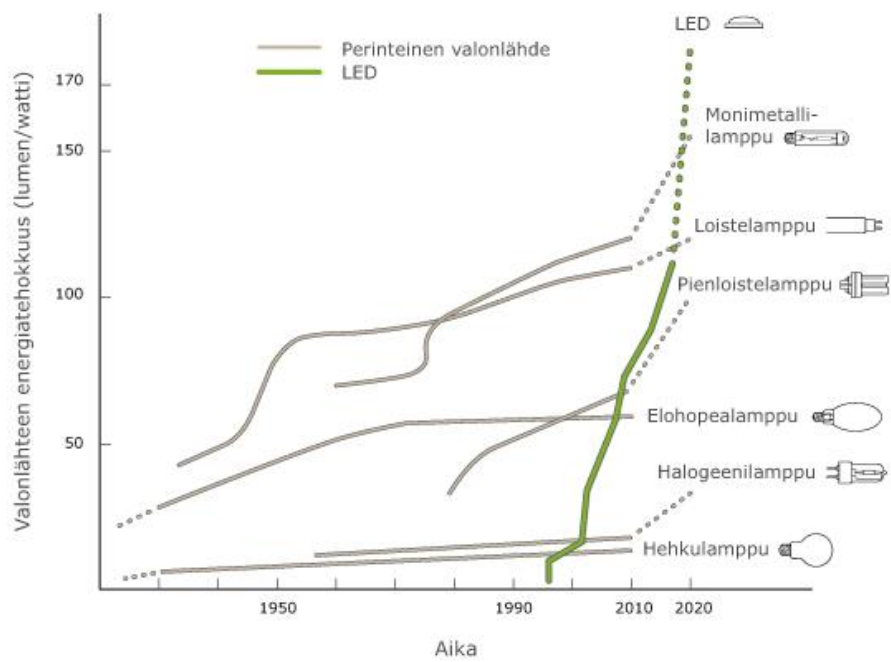
- valoa välittömästi sytytyksen jälkeen
- suuri iskun- ja värinänkesto
- ei UV- tai IR- säteilyä
- ei sisällä elohopeaa. (13; 19.)

Led-tekniikka on monella tavalla edellä perinteisiä valaistusratkaisuja, mutta tekniikan muutamat rajoitukset vaikuttavat siihen, että vanhat ratkaisut ovat tietyissä kohteissa parempia, kuin led-tekniikka. Rajoittavia asioita ovat seuraavat:

- Led-lamppujen hinta on vielä melko korkea, mutta hinnat ovat laskussa. Led-lamput ovat noin 2-3 kertaa kalliimpia kuin energiansäästölamput, mutta niiden pidempi käyttöikä maksaa ne pian takaisin. Halvempien ja siten huonolaatuisempien kohdalla hyöty voi jäädä pieneksi.
- Hehkulampan muotoiset led-lamput eivät välttämättä jaa valoa tasaisesti kaikkiin suuntiin.
- Ledit ovat herkkiä lämpötilavaihteluille. Lampun käyttöikä voi lyhentyä lampun ylikuumenemisessa. Siksi lampun suunnittelulla ja oikeanlaisella sijoittamisella kohteessa on merkittävä vaikutus lopulliseen käyttöikään.
- Ledien tuotanto tapahtuu suurimmaksi osaksi Kiinassa, eikä tuotanto-olosuhteita valvota vielä riittävästi. (19.)

Energiatehokkuus nousee yhä merkittävämpään asemaan kohteiden valaistussuunnittelussa tulevaisuudessa. Valaisimista halutaan yhä enemmän valotehoa irti, mutta energiakustannukset halutaan pitää kohtuullisina. Tästä syystä led tulee nostamaan merkitystään markkinoilla ja ennusteiden mukaan vuoteen 2020 mennessä melkein puolet myydyistä valonlähteistä on ledejä. (20.)

Kuvassa 7 näkyy lamppujen energiatehokkuuden kehittyminen ajan saatossa. Tällä hetkellä led-valaisimien valotehokkuus on noin 160 lm/W, mutta lähivuosina sen odotetaan nousevan lähelle 200 lm/W, mikä nostaisi sen monimetallilamppujen yläpuolelle. (20.)



KUVA 7. Energiatehokkuuden kehittyminen lamputilla (20.)

## 4 VALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄT

Nykyiset valonsäätöjärjestelmät antavat mahdollisuuden parantaa valaistuksen laatua. Valoa saadaan kohdistettua haluttuun paikkaan ja valon määrä saadaan säädettyä tilanteeseen sopivaksi. Tilojen valaistustarpeet muuttuvat useasti päivän aikana, joten tilanteen mukainen valaistus on tärkeää niin ihmisten hyvinvoinnin kuin energiakustannusten kannalta.

Ouluhallia rakennettaessa ei ollut vielä mahdollisuutta hyödyntää nykyisiä olemassa olevia järjestelmiä. Hallin valaistuksenohjaus toteutettiin on/off-tyyppisenä ratkaisuna, koska hallissa ei tuolloin tarvittu erilaisia tilanneohjauksia. Valaistustasoja nostetaan tai lasketaan portaittaisesti ylös- tai alaspäin. Seuraavaksi käydään läpi lyhyesti kaksi valaistuksen ohjausjärjestelmää sekä niiden hyvät ja huonot puolet

### 4.1 DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on standardisoitu (IEC-929) digitaalinen ohjausperiaate elektronisille liitäntälaitteille. Järjestelmän taustalla ovat Euroopan johtavat liitäntälaittevalmistajat. DALI voidaan myös liittää osaksi muita rakennusautomaatiojärjestelmiä. (21.)

#### 4.1.1 Kytkeä ja ohjelmointi

DALI käyttää yksinkertaista johdinparia, jolla kaksisuuntainen digitaalinen signaali on siirrettävissä kaikkiin järjestelmään kuuluvien laitteiden välillä. Valaisimeen tuodaan vaihe-, nolla- ja suojohtimen lisäksi kaksi digitaaliväylän johdinta. Ohjausväylä tarvitsee erillisen teholähteen, joka antaa väylälle maksimissaan 250 mA:n ohjausvirran.

DALI-järjestelmä täytyy ohjelmoida ennen käyttöönottoa. Ohjelmoinnissa toimilaitteille kerrotaan, mitä säätötoimenpiteitä ne suorittavat ja mitä valaisimia säätötoimenpiteet koskevat. Ohjelmointi on muistettava sisällyttää urakkaan, koska järjestelmän käyttöönotto on mahdotonta ilman ohjel-

mointia. Ohjelmoitavuuden ansiosta järjestelmä ei vaadi uudelleenjohtotusta järjestelmää muuttaessa. (21.)

#### **4.1.2 Järjestelmän hyvät ja huonot puolet**

Dali-järjestelmä on standardisoitu suurten valmistajien kautta, joten järjestelmän kehittäminen jatkuu todennäköisesti myös tulevaisuudessa. Lisäksi DALI antaa mahdollisuuden useaan tilan-  
neohjaukseen, mikä tekee siitä käytännöllisen suurissa toimistorakennuksissa tai halleissa. Muut hyvät ja huonot puolet ovat seuraavat:

- + Asennusta on helppo muuttaa.
- + Järjestelmä on myös ohjattavissa tietokoneella.
- + Ohjausväylällä ei ole napaisuutta, mikä vähentää kytkentävirheitä.
- Järjestelmä joudutaan ohjelmoimaan ennen käyttöönottoa.
- Ohjelmointi tapahtuu eri valmistajien laitteilla eri tavalla. (21.)

#### **4.2 DSI**

DSI-ohjaukseen tarkoitettuja liitäntälaitteita valmistaa Tridonic. Digitaaliohjaus mahdollistaa eritehoisten lamppujen säädön samassa ohjauksessa, koska liitäntälaitteisiin on valmiiksi ohjelmoitu silmän herkkyyttä vastaava korjaus. DSI-digitaaliohjauksessa valonsäätötiedot välitetään liitäntälaitteelle osoitteetonta digitaalisignaalia pitkin. (21.)

##### **4.2.1 Kytkeä ja ohjelmointi**

DSI-järjestelmä ei edellytä ohjelmointia. Järjestelmän muistiin tallennetaan vakiovalotasot ja tilan-  
nevalaistukset. Järjestelmään tuodaan Dalin tyyppisesti vaihe-, nolla- ja suojajohtimen lisäksi kaksi ohjausvirtapiirinjohtinta. Ohjausvirtapiirillä ei ole napaisuutta, mikä helpottaa asennusta ja minkä vuoksi virkeytkentöjen riski jää pieneksi. Digitaalinen ohjaussignaali on immuuni häiriöille, joten ohjausjohtimet voi asentaa samaan suojaputkeen muiden johtojen kanssa. Järjestelmän

hyvä puoli on myös, että kaikki järjestelmään liitetyt valaisimet säätävät ohjaimen ja valaisimen välisestä etäisyydestä riippumatta. (21.)

#### 4.2.2. Järjestelmän hyvät ja huonot puolet

DSI:n hyvät ja huonot puolet ovat seuraavat:

- + Ohjausvirtapiirin pituus ei vaikuta säätötulokseen.
- + Digitaalisten ohjaukomentojen ansiosta kaikki valaisimet säätävät samalla tavalla.
- Järjestelmän osat eivät ole osoitteellisia.
- Ei ole standardisoitu ohjausperiaate.

Merkittävin heikkous DSI-järjestelmässä on standardoinnin puute, mikä voi vaikuttaa suurten valaisinvalmistajien halukkuuteen panostaa järjestelmän kehittämiseen. Lisäksi valaistuksen tilanneohjauksen puute voi vaikuttaa järjestelmän käytettävyyteen suurissa tiloissa. (21.)

#### 4.3 Ohjausjärjestelmien eroavaisuudet

Molemmat valaistuksen ohjausjärjestelmät pitävät sisällään paljon hyviä puolia, mikä osaltaan johtuu järjestelmien tekniikan samankaltaisuudesta. Pieniä eroja järjestelmien välillä löytyy. Taulukossa 1 on eritelty järjestelmien väliset erot.

TAULUKKO 1. DALI- ja DSI- järjestelmän erot (21.)

Ominaisuudet	DALI	DSI
Osoitteellinen	64 osoitetta	Ei
Ryhmäosoitteita	16 ryhmää	Ei
Tilanneohjaus	16 tilannetta	Ohjaimella
Logaritminen säätö	Kyllä	Kyllä
Ohjausvirtapiirin polariteetti	Vapaa	Vapaa
Sammutetaan ohjausvirtapiiristä	Kyllä	Kyllä
Johtimia valaisimeen	5	5
Ohjausvirtapiirin pituus	300 m	250 m
Monikanavaisuus vaatii keskusyksikön	Ei	Kyllä

## 5 VALAISTUKSEN SUUNNITTELU

Hyvä valaistus täyttää vaaditun valaistusvoimakkuuden lisäksi myös laadulliset ja määrälliset tarpeet. Valaistusvaatimukset määritetään kolmen perustarpeen täyttymisenä:

- näkömukavuus, jolloin käyttäjä kokee valaistuksen vaikutuksen positiivisena hyvinvointiinsa.
- näkötehokkuus, jolloin käyttäjät pystyvät suoriutumaan tehtävistään pitempien jaksojen aikana, mutta myös vaativissa olosuhteissa.
- turvallisuus, koska valaistuksella on merkittävä vaikutus ihmisen turvallisuuden tunteeseen. (22, s. 14.)

Standardista löytyy taulukkomuodossa työskentelyaluetta, sen välitöntä lähiympäristöä ja taustaaluetta koskevat valaistuksen vähimmäisvaatimukset. Valaistusvoimakkuudet ovat pääosassa standardissa, mutta valaistussuunnittelussa tulisi ottaa myös huomioon tilan luminanssijakauma, häikäisyn estäminen, varjonmuodostus, päivänvalon käyttö yms. (2, s. 611.)

Ouluhalli on suuri monitoimihalli, jonka pääkäyttö muodostuu urheilutapahtumista. Hallia käyttävät kaupungin asukkaat, kuten koululaiset ja eläkeläiset, mutta myös urheilijat ja seurajoukkueet. Lisäksi hallissa järjestetään silloin tällöin erilaisia tapahtumia. Valaistusvaatimukset vaihtelevat suuresti näiden tapahtumien välillä, joten pelkän yhden tapahtuman valaistusvaatimuksen täyttäminen ei riitä kattamaan kaikkien käyttäjien tarpeita.

Standardi EN 12464-1 määrittelee messuille taulukon 2 mukaiset valaistuksen vaatimusarvot.

TAULUKKO 2. Messuhallin valaistusvaatimukset (22 s.56.)

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Erityisvaatimukset
5.31.1	Yleisvalaistus	300	22	0,40	80	

$E_m$  = valaistusvoimakkuuden keskiarvon vähimmäisarvo (lx)

$UGR_L$  = kiusahäikäisy

$U_o$  = valaistuksen tasaisuus ( $E_{min}/E_{max}$ )

$R_a$  = värintoistoarvo

## 5.1 Urheilutilojen valaistusvaatimukset

Urheilutilojen valaistusvaatimukset löytyvät eurooppalaisesta standardista SFS-EN 12193. Standardissa määritellään valaistusvaatimukset eri urheilulajeille niin sisä- että ulkotiloissa. Standardi antaa myös ohjeistuksen, kuinka mittauksilla päästään vaatimuksien mukaiseen tulokseen. Standardin EN-12193 vaatimukset ovat minimivaatimuksia, joilla varmistetaan pelaajien, katsojien ja tuomareiden hyvät valaistusolosuhteet.

Standardi määrittelee valaistusvoimakkuudet kolmeen eri luokkaan. Valaistusvoimakkuus riippuu siitä, onko tapahtuma kansainvälinen, kansallinen vai paikallinen tapahtuma. Lisäksi standardi huomioi erilaiset kilpatapahtumat tai harjoitukset, mutta ottaa myös huomioon pienemmät tapahtumat, kuten virkistys- tai koululiikuntatapahtumat. Standardissa on määritelty valaistusvoimakkuudet sekä horisontaaliselle että vertikaaliselle valaistusvoimakkuudelle. Häikäisyuojaukselle on myös omat vaatimuksensa standardissa, kuten myös värintoistolle sekä valaistuksen tasaisuudelle. Taulukossa 3 on määritelty valaistusluokat eri kilpatasolle/harrastetasolle. (23, s. 17.)

TAULUKKO 3. Urheilulajien valaistusluokat (23.)

KILPAILUTASO	VALAISTUSLUOKKA		
	1	2	3
Kansainvälinen ja kansallinen	X		
Alueellinen	X	X	
Paikallinen		X	X
Harjoittelu		X	X
Virkistys- ja koululiikunta			X



## 5.2 Lajikohtaiset valaistusvaatimukset

Ouluhallissa pystytään harrastamaan monia erilaisia pallopelejä kuten pesäpalloa, lentopalloa, sulkapalloa, jalkapalloa jne. Hallissa löytyy myös tilat yleisurheilun harrastukseen ja harjoitteluun. Monitoimihalleille on tyypillistä että valaistustasoja on oltava useita aina 300 luksista ylöspäin, jotta lajikohtaiset vaatimukset täytyisivät. On myös otettava huomioon valaistuksen tasaisuus  $U_o$  sekä häikäisyn arvo, joka ei saa ylittää annettua raja-arvoa. Alla olevissa taulukoissa 4, 5 ja 6 näkyy muutamien urheilulajien valaistusvaatimukset sisätiloissa.

TAULUKKO 4. Sulkapallon valaistusvaatimukset (23, s. 24)

	SULKAPALLO		KENTÄN MITAT		VALAISTUKSEN LASKENTAPISTEIDEN LKM	
			Pituus m	leveys m	PITUUS SUUNNASSA	LEVEYS SUUNNASSA
			13,4	6,1	11	5
	VAAKATASON VALAISTUSVOIMAKKUUS					
LUOKKA	Em/lx	Emin/Em				RA-arvo
1	750	0,7				60
2	500	0,7				60
3	300	0,5				20

TAULUKKO 5. Jalkapallon valaistusvaatimukset (23, s. 25)

	JALKAPALLO		KENTÄN MITAT		VALAISTUKSEN LASKENTAPISTEIDEN LKM	
			Pituus m	leveys m	PITUUS SUUNNASSA	LEVEYS SUUNNASSA
			30-40	18,5-20	13-15	9
	VAAKATASON VALAISTUSVOIMAKKUUS					
LUOKKA	Em/lx	Emin/Em				RA-arvo
1	750	0,7				60
2	500	0,7				60
3	300	0,5				20

TAULUKKO 6. Lentopallon valaistusvaatimukset (23, s. 25)

	LENTOPALLO		KENTÄN MITAT		VALAISTUKSEN LASKENTAPISTEIDEN LKM	
			Pituus m	leveys m	PITUUS SUUNNASSA	LEVEYS SUUNNASSA
			34	19	15	9
	VAAKATASON VALAISTUSVOIMAKKUUS					
LUOKKA	Em/lx	Emin/Em				RA-arvo
1	750	0,7				60
2	500	0,7				60
3	200	0,5				20

## 6 OULUHALLIN VALAISTUS

Ouluhalli on vuonna 1986 valmistunut monitoimihalli, jonka ylläpidosta vastaa liikelaitos Oulun tilakeskus. Ouluhallissa järjestetään vuosittain useita erilaisia urheilutapahtumia, kuten jousiammuntakisoja, mutta myös muita suuria tapahtumia, kuten konsertteja ja rakennusmessuja. Pääsääntöisesti halli on kuitenkin kuntalaisten käytössä. Useat urheiluseurat käyttävät myös hallia talvella harjoitteluun, jolloin kentälle levitetään tekonurmi. Tällöin hallissa voidaan pelata esimerkiksi pesäpalloa ja jalkapalloa.

Vierailin Ouluhallissa muutamassa tapahtumassa vuoden aikana. Vierailujen tarkoituksena oli kerätä tietoa siitä, miten nykyinen valaistus vastaa tapahtumien tarpeita ja samalla keskustella mahdollisista parannuksista. Lisäksi keskustelin hallin huoltomiesten kanssa heidän ajatuksistaan uudesta valaistuksesta. Keskusteluissa nousi esille, että uuden valaistuksen pitäisi olla energia-  
tehokkaampi, helpommin huolettavissa sekä muokattavampi erilaisiin tilanteisiin. Lisäksi valaistustehon tulisi olla kattavampi.

Tätä työtä tehtäessä suoritettiin hallissa kahteen kertaan valaistusasomittauksia, joiden tulokset kerrotaan edempänä. Kahden mittauksen tarkoituksena oli kerätä tietoa hallin käyttäjille valaistuksen tehokkuudesta, kun hallissa ei ollut tekonurmea ja kun se oli paikoillaan. Seuraavaksi käydään läpi hallin nykyistä valaistusta ja sen ohjausta. Lisäksi käydään läpi nykyisen valaistuksen soveltuvuutta ja ongelmakohtia muutamassa tapahtumassa, joissa vierailin. Tarkemmat tekniset tiedot Ouluhallista on nähtävissä liitteestä 1 raportin lopussa.

## 6.1 Nykyinen tilanne

Kuvassa 8 näkyy Ouluhallin koripallokenttä. Halli oli kuvanottohetkellä jaettu verhoilla useampaan osaan (sulkapallo, salibandy ja koripallo). Tekonurmen asennuksen jälkeen halliin saadaan yksi iso jalkapallokenttä tai kolme pienempää kenttää.



KUVA 8. Ouluhallin koripallokenttä

Ouluhallin pääasiallinen valaistus hoidetaan tällä hetkellä kattoon ripustetuilla 1000 W:n monimetallilampuilla. Valaisin itsessään koostuu kahdesta osasta: riviliitinkotelosta ja heijastinosasta, jonne lamppu kiinnitetään. Valaisinluettelon mukaan valaisimien määrä katossa on 223 kpl, kun lasketaan kaikki 1000 W:n monimetallilamppua käyttävät valaisimet. Osa hallin katon valaisimista on myös varustettu turvavaloyksiköllä. Niiden merkitys korostuu siinä, että Ouluhallia käytetään poikkeustilanteissa evakuointikeskuksena. Tasainen valaistus halliin on saatu suuntaamalla lampuja ja säätämällä niiden kulmaa. Kuvassa 9 näkyy valaisinten rakenne katossa. Tarkemmat tekniset tiedot nykyisistä valaisimista löytyy raportin lopusta liitteistä 7 ja 8.



KUVA 9. Hallin valaisimet.

## 6.2 Tehonsyöttö ja ohjaus

Valaistuksen syöttö tulee neljältä erilliseltä sähkökeskukselta, minkä vuoksi hallin valaistuksen tehonsyöttö on jaettu neljään erilliseen lohkokoon. Valaistusta ohjataan valvomosta, joka sijaitsee hallin juoksuradan vieressä. Kuvassa 10 näkyy valaistuksen ohjaukseen käytössä oleva keskus. Ohjaus tapahtuu nokkakytkimillä ja valvomon näytöltä tarkkaillaan valaistustasoa. Mikäli valaistustaso alkaa pudota, aloitetaan huoltotoimenpiteiden suunnittelu ja aikataulutus.



KUVA 10. Valaistuksen ohjauskeskus

Hallin valaistustasoksi saadaan tällä hetkellä säädettyä neljä eri tasoa: 150, 300, 500 ja 800 luxia. Pääsääntöisesti hallissa käytetään 300 luxin tasoa, kun hallissa on yleiset vuorot päällä. Kuitenkin talvisin kun pesäpalljoukkueet käyvät harjoittelemassa, hallin valaistustasoksi nostetaan 800 luxia, jolloin pallon havaitseminen on helpompaa.

Katsomo-osan yläpuolella on käytetty loisteputkivalaisimia, jotka on kiinnitetty kattoon ripustus-kiskon avulla. Hallin itäisessä kulmassa on kuntosali. Tämän alueen valaistus on toteutettu iäk-  
käillä loisteputkivalaisimilla

Merkittävä huomioon otettava asia nykyisissä valaisimissa on niiden lämmöntuotto ja niiden paino. Ouluhallin lämmitys hoidetaan tällä hetkellä kaukolämmitykseen liitetyn ilmastoinnin avulla. Monimetallilamput luovuttavat käytön aikana lämpöä ympärilleen. Koska hallin katossa on tällä hetkellä 223 kpl 1000 watin lamppuja, niin valaisimet tuottavat pienen osan Ouluhallin lämmitykseen tarvittavan energian. Esimerkiksi led-valaisimet eivät vapauta niin paljoa lämpöä ulospäin, joten hallin kaukolämmityksen energiakustannukset voivat kasvaa, mikäli uusi valaistus toteutetaan led-valaisimilla.

Ouluhallin kattoa tarkkaillaan talvisin lasermittauksella, joiden avulla nähdään lumikuormien aiheuttamat pistekuormat katossa ennen rakenteiden notkahtamista. Nykyiset valaisimet painavat valaisinvalmistajan mukaan noin 40 kg kappaleelta, joten uusien valaisimien olisi hyvä olla kevyempiä, jotta kattorakenteita ei kuormitettaisi enempää. Nykyinen valaistus aiheuttaa kattoon 8920 kg:n lisäpainon (223 x 40 kg). Suurin paino kohdistuu pääkatsomon yläpuolella oleviin kattorakenteisiin, minne valaisimia on kiinnitetty kaikkein eniten, koska tällä alueella pelataan esimerkiksi televisioidut lentopallopelit ja valaistustaso on tällä alueella kaikista suurin. Laskin Ouluhallin pohjakuvien perusteella, että tälle katon alueelle sijoittuu lähes kolmasosa hallin valaisimista, jotka aiheuttavat laskelmieni mukaan noin 2700 kg painavan kuormituksen.

Valaistuksen painokuormitusta lisäävät myös teräksiset kiinnityselementit, joihin painavat valaisimet on kiinnitetty, etenkin keskellä hallia. Näitä elementtejä kannattaisi kuitenkin käyttää hyväksi uusien valaisimien asentamisessa, jotta erillisiä kannattimia ei tarvitsisi hankkia. Näin säästettäisiin rakennuskustannuksissa ja peruskorjauksen kokonaishinta laskisi. Uusia kevyempiä valaisimia voisi myös asentaa kattoon enemmän, jolloin valaistustasoa voitaisiin kasvattaa nykyistä korkeammaksi.

### **6.3 Huoltokustannukset**

Oulun tekniseltä liikelaitokselta pyydettiin kustannuksia Ouluhallin valaisimien huollosta. Sain vanhan laskun vuodelta 2014, jolloin Ouluhallissa suoritettiin valaisinkorjausta ja lampunvaihtoa ensin 13.–14.5 ja toisen kerran pelkästään lampunvaihtoa 3.–4.6. Lamppuja vaihdettiin yhteensä 71 kpl ja sytytinlaitteita 20 kpl. Lamput olivat malliltaan HQI-T 1000w/d E40 ja niiden hinta oli 98 euroa (alv 0) eli lamppujen hinta oli yhteensä 6958 euroa. Ouluhallissa käytettävien monimetallilamppujen tekniset tiedot ovat raportin lopussa liitteessä 9. Sytytinlaitteet olivat mallia NI 1000 LE ja niiden hinta oli 39 euroa (alv 0). Sytytinlaitteiden hinnaksi tuli yhteensä 780 euroa. Huoltoon tarvittavien laitteiden kokonaishinnaksi tuli 7738 euroa, jonka päälle veloitetaan vielä työtunnit sekä nosturi, joka on välttämätön työnsuorittamiseen. Kokonaiskustannus huollolle oli 10 478 euroa.

Lamppujen vaihdot suoritetaan yleensä erissä, kun valaistusteho laskee niin paljon, että siitä on haittaa hallin käytölle. Tämän on katsottu tulevan edullisemmaksi kuin kaikkien valaisimien lampujen vaihto kerralla. Tähän osaltaan vaikuttaa Ouluhallin suuri ympärivuotinen käyttöaste, jolloin vaihtotyöaika on pois hallin käyttöajasta.

Uusien pidempi-ikäisten valaisimien hankinta tulisi alussa kalliiksi, mutta valaisimet maksaisivat itsensä nopeasti takaisin huoltokustannuksien pienentyessä. Esimerkiksi led-valaisimien kanssa ei tarvitsisi suorittaa enää erikseen lampunvaihtoa, vaan selvittäisiin pelkästään liitäntälaitteen vaihdolla. Lisäksi led-valaisimien energiatehokkuus on huomattavasti parempi kuin monimetallilampuilla.

### **6.4 Valaistus kilpailutapahtumissa**

Vierailin syksyn ja talven aikana muutamassa urheilutapahtumassa, jotka järjestettiin Ouluhallissa. Tarkoituksena oli keskustella järjestäjien kanssa heidän mielipiteistään Ouluhallin nykyisestä valaistuksesta ja ongelmakohtista. Lisäksi keskusteltiin mahdollisista kehityskohdista uuteen valaistukseen, jotta uudistettu valaistus vastaisi paremmin eri käyttäjien tarpeita. Tapahtumat olivat valaistusvaatimuksiltaan hyvin erilaisia, mikä antoi mahdollisuuden tarkastella Ouluhallin nykyisen valaistuksen soveltuvuutta erilaisiin tilanteisiin.

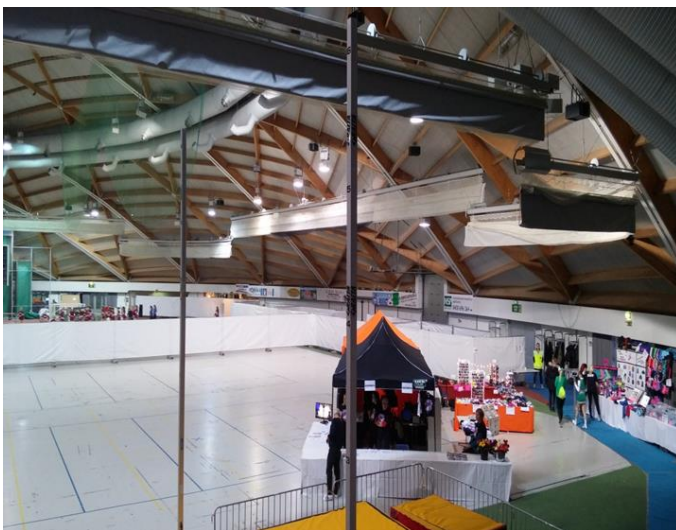


### 6.4.1 Cheerleading SM-kisat

Cheerleading SM-kisat järjestettiin Ouluhallissa marraskuun alkupuolella. Kisan alussa hallissa pidettiin 500 luxin valaistustasoa, jolla kilpailijat olivat harjoitelleet ennen kisa. Kirkkaan yleisvalaistuksen vuoksi kisajärjestäjien tuomat valot olivat turhat, joten pyydettiin, että valojen määrää vähennettäisiin. Tällöin järjestäjien tuomat valot näkyisivät paremmin. Valaistustaso pudotettiin 300 luxiin, jolla kisa jatkettiin pieni hetki, ennen kuin tuomariston avustajat pysyivät laittamaan valoja enemmän, että he pystyisivät arvioimaan suorituksia paremmin. Kuvassa 11 näkyy kilpailun alkua, kun valaistustaso oli 500 luxia.



KUVA 11. Kilpailualue



KUVA 12. Myyntialue

Toinen ongelma muodostui hallin yleisvalaistuksen määrästä. Kilpailun tunnelma kärsi lähiympäristön suuresta valonmäärästä kisa-alueen lähetyvillä. Järjestäjien mukaan tunnelma on olennainen osa tämän tyyppisessä urheilulajissa, jossa suorituksia tuetaan show-valoilla ja ympäristö on hämärämpi. Lisävaloa tarvittiin kuvan 12 myyntipaikan tarpeisiin sekä kilpailijat tarvitsivat lämmittelyalueelle valoa. Hallin peräosasta löytyi alueita, missä valot olivat päällä turhaan, koska niitä ei pystynyt erikseen himmentämään tai sammuttamaan. Hallin nykyinen valaistusryhmittely ei anna mahdollisuutta tähän. Mikäli valoja olisi vähennetty hallissa, olisi se vaikuttanut kilpailualueeseen sekä myyntialueeseen, joka olisi mennyt kokonaan pimeäksi.

Uuden valaistuksen suunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon ryhmittelyn ongelmat, jotta koko hallia ei tarvitsisi valaista. Erilliset alueet voitaisiin jättää pimeiksi ja valoa kohdistaa alueisiin, jonne sitä tarvitaan. Lisäksi himmennyksellä valaistustasoa olisi helpompi säätää vastaamaan tapahtuman tarpeita, jolloin ei olisi tiettyjä portaita pelkästään käytössä, jolloin pudotus tai nosto tasosta toiseen ei olisi niin raju.

#### **6.4.2 Jousiammuntakilpailut**

Jousiammuntakilpailu järjestettiin marraskuun loppupuolella. Kilpailun aikana ammunta-alueelle asetettiin 800 luxin valaistus, muun hallin ollessa 300 luxin tasolla. Kyseessä oli paikalliset kisat eikä SM-kisat, jolloin vaatimukset valaistukselle olivat pienemmät. Kuvassa 13 näkyy ammunta-alue.



*KUVA 13. Ammunta-alue*



Pääsääntöisesti järjestäjät olivat tyytyväisiä kilpailun valaistukseen ja totesivat sen riittävän heille. Ainoa ongelma oli valon tasainen jakautuminen maalitauluille. Keskellä olevilla oli hieman enemmän valoa tarjolla tauluun kuin reunapaikoilla olevilla. Asiaan vaikutti myös reuna-alueella ollut palanut lamppu, mutta vastaavaa ongelmaa oli myös toisella reunalla, missä kaikki lamput olivat kunnossa, eli valonjakautuminen olisi ollut epätasaista, vaikka kaikki lamput olisivat olleet kunnossa. Paikalliseen kilpailuun tämä oli vielä hyväksyttävissä, mutta Ouluhallissa on myös pidetty jousiammuntakilpailuja SM-tasolla. Tällöin kilpailu pidetään koko juoksuradan pituudella ja valaistukselta vaaditaan enemmän tasaisuutta. Näissä kilpailuissa on tullut reunapaikoilla olleilta huomautuksia, että valoa on ollut tarjolla vähemmän kuin keskellä olleilla. Ongelmaa on pyritty ratkomaan lisäämällä valonheittäjiä kohdistamaan valoa tauluihin, mutta osa ampujista on valittanut valon häikäisevän häiritsevästi silmiä.

## 6.5 Yhteenveto

Jousiammuntakilpailun järjestäjät olivat pääsääntöisesti tyytyväisiä kilpailupaikkaan. Ainoastaan valon jakautumista olisi hyvä parantaa, jotta kilpailuolosuhteet saataisiin mahdollisimman tasaisiksi. Uusien valaisimien tehoa kasvattamalla ja suuntaamalla valoa paremmin tähän seikkaan pystyttäisiin vaikuttamaan. Näin esimerkiksi SM-kisoissa ei tarvitsisi laittaa erillisiä heittäjiä tarjoamaan lisää valoa. Näin saataisiin taattua tasapuoliset olosuhteet kaikille kilpailijoille.

Cheerleading SM-kisat ovat tapahtumana hyvin erilaiset verrattuna Ouluhallin pääsääntöiseen käyttöön, missä valaistukselta vaaditaan enemmänkin valaistuksen tasaisuutta. Valaistuksen tasaisuutta vaaditaan esimerkiksi pesäpalloa, jalkapalloa tai sulkapalloa pelatessa. Cheerleading-tyyppiseen tapahtumaan valaistukselta vaadittaisiin tilanneohjausta esimerkiksi himmennuksen muodossa. Näin valaistusta saataisiin muutettua enemmän tilannetta vastaavaksi. Lisäksi himmennys helpottaisi konserttien järjestämistä Ouluhallissa, kun perusvalaistusta voitaisiin säätää tarpeeksi hämäräksi, että ihmiset näkisivät liikkua hallissa. Näin päähuomion saisivat konsertin järjestäjien tuomat omat valot. Mikäli uudistettuun valaistukseen otettaisiin mukaan valaistuksen ohjausjärjestelmä, siihen voitaisiin valmiiksi ohjelmoida jo rakennusvaiheessa erilaisia tilanneohjauksia, joista järjestäjät voisivat valita mieleisensä tapahtumaan.

## 7 VALAISTUSTASOMITTAUKSET OULUHALLISSA

Ouluhallissa suoritettiin valaistustasomittauksia kahteen eri otteeseen. Ensimmäinen mittaus suoritettiin, kun hallissa ei ollut vielä tekonurmea ja toinen vastaavasti tekonurmen ollessa asennettuna. Syy kahteen mittaukseen oli vertailla tekonurmen vaikutusta hallin valaistukseen. Mittaukset suoritettiin samoista pisteistä molemmilla kerroilla mittauskorkeuden ollessa yksi metri. Hallissa vaihdettiin lamput mittauksien välissä. Laitosmiesten mukaan lamppuja vaihdettiin yhteensä 20 kappaletta. Ensimmäisellä mittauksella hallista löytyi muutama pimeä valaisin, mikä näkyy vertailtaessa valaistuksen keskiarvoa. Lisäksi uudet lamput tuottavat enemmän valoa elinkaaren alkupäässä kuin ennen niiden sammumista. Molempien mittauksien aikana hallin valaistustasoksi oli asetettu 800 lx. Mittauspisteet ovat nähtävissä liitteessä 2.

### 7.1 Mittauksessa käytetyt laitteet

Mittaukset suoritettiin kahdella eri luksimittarilla toisen mittarin toimiessa vertailuarvona. Mittauspisteiden määrittelyssä käytettiin Fluke-laseretäisyysmittaria. Mittauksessa käytetyt luksimittarit ovat nähtävissä kuvassa 14. Kuvassa 15 näkyy käytetty laseretäisyysmittari.



KUVA 14. Mittauksissa käytetyt luximittarit



KUVA 15. Fluken 419D- laseretäisyysmittari

Konica Minolta valmistamaa CL-70F-valaistusasomittaria käytetään eri valonlähteiden mittamiseen. Kyseinen mittari toimii pääasiallisena laitteena valaistusasomittauksissa, koska laitteesta saatiin ulos esimerkiksi värilämpötilat ja värintoistoarvot raporttiin. CL-70F-mittarin virhemarginaali on  $\pm 5\%$  (24.). Vertailumittarina käytettiin valaistusasomittauksissa Testo 540 -luximittaria. Laitetta käytetään pelkästään valaistustehokkuuden määrittämiseen. Mittarin virhemarginaali on  $\pm 3\%$  (25.). Laseretäisyysmittaria käytettiin määrittämään mittauspisteitä Ouluhallissa. Mittausvirhe laitteella on  $\pm 2,0$  mm, kun taustavalaistus on suurta (26.).

## 7.2 Mittaustuloksien pohdinta

Mittaustulokset ovat nähtävissä raportin lopussa olevista liitteistä 3 ja 4. Taulukoissa on merkityt tulokset molemmista mittareista sekä tuloksista lasketut keskiarvot valaistusasosta hallissa.

Hallin valaistusasoksi oli asetettu molemmissa mittauksissa 800 lx. Ensimmäisellä mittauksella koko hallin keskiarvoksi saatiin varsinaisella mittarilla 795 lx, kun vertailumittarin tulokseksi saatiin 739 lx. Ensimmäisen mittauksen aikana hallissa ei ollut asennettuna tekonurmea vaan lattia oli harmaata betonia. Toisen mittauksen tulokset olivat vastaavasti varsinaisella mittarilla 860 lx ja vertailumittarilla 790 lx. Toisen mittauksen välissä halliin oli asennettu tekonurmi paikalleen. Tuloksista nähdään, että vertailumittarina toiminut mittari antoi noin 60 lx pienemmän keskiarvon molemmilla kerroilla kuin ominaisuuksiltaan parempi mittari. Hallissa suoritettiin lampujen vaihto mittauksien välissä, jolloin hallin henkilökunnan mukaan vaihdettiin 20 kpl lampuja.

Lamppujen vaihdolla on ollut vaikutusta tulokseen, kun vertaillaan ensimmäistä ja toista mittaus-  
ta. On kuitenkin hyvä ottaa huomioon, että mittaukset suoritettiin jalkapallokentän alueella, joten  
juoksuradan reunat ja yleisurheilualue jäivät tuloksista pois. Valaistusvoimakkuudet mitattiin myös  
näillä alueilla ja alueiden mittaustulokset olivat keskimääräisesti 200–300 luxin välillä.

Värintoisto on monimetallilamppujen yksi merkittävä etu, koska monimetallilampuilla päästään  
jopa Ra 90 värintoistoarvoon (27.). Mittaustuloksia tarkasteltaessa nähdään, että nykyisen valais-  
tuksen värintoisto ylittää tähän vaikka valaisimet ovat iäkkäitä ja heijastinosissa on todennäköisesti  
kulumaa/likaa. Liitteissä 4 ja 5 näkyy samassa mittauspisteessä 1 otetut mittaustulokset. Molem-  
missa mittauksissa Ra on lähellä 90:tä ja suurin muuttuva tekijä mittausten välillä oli tekonurmen  
asennus. Uuden valaistuksen tulisi päästä lähelle tätä arvoa, jotta kappaleiden, kuten pallojen tai  
pelipaitojen väreissä ei tapahtuisi vääristymiä.

Vaikka keskiarvoisesti valaistuksen taso oli lähellä vaadittua tasoa, hajonta mittaustuloksissa oli  
todella suurta. Jalkapallokentän reuna-alueilla saattoi olla alle 400 lx, kun taas keskellä hallia ja  
katsomon edessä oli yli 1200 lx, joten tämän hetkinen valaistuksen tasaisuus ei täytä standardin  
EN-12913 vaatimuksia. Yksi syy tähän on nykyisten valaisinten sijoittelu. Keskelle hallia, katso-  
mon eteen on sijoitettu paljon valaisimia, jotka kohdistavat valoa paljon tälle alueelle. Tätä aluetta  
käytetään lentopalloa pelatessa, joten tämä vääristää tuloksia hieman kun tarkastellaan jalkapal-  
lokentän tuloksia. Silti valaistuksen tasaisuudessa olisi parannettavaa, koska tällä on suuri vaiku-  
tus esimerkiksi pesäpalloa pelattaessa: pallon havaitseminen takakentällä on todella tärkeää niin  
pelin kuin pelaajien turvallisuuden kannalta.

Uuden valaistuksen myötä olisi hyvä saada lisättyä näiden reuna-alueiden valaistuksen tasoa,  
jotta se olisi koko hallissa tasaisempaa. Yksittäisten valaisimien ei tarvitsisi olla valoteholtaan niin  
suuria kuin nykyiset, vaan valotehoa nostettaisiin lisäämällä pienempitehoisia valaisimia ja suun-  
taamalla valoa paremmin. Valaisimien paino on kuitenkin otettava huomioon, ettei katon piste-  
kuormitusta lisättäisi turhaan. Pienempitehoisilla valaisimilla voitaisiin parantaa myös hallin ener-  
giatehokkuutta, sillä nykyisten monimetallilamppujen sähkönkulutus on todella suurta.

Aiemmin raportissa kerrottiin lajikohtaiset valaistusvaatimukset sisätiloissa. Kun tarkastellaan molempien mittauksien valaistusvoimakkuuden keskiarvoa sekä värinvalaistusta, nähdään hallin täyttävän minimivaatimukset. Ongelmia oli tullut laitosmiesten mukaan, kun Ouluhallissa pelattiin kansainvälinen lentopallo-ottelu, joka televisioitiin. Silloin hallin valaistusvoimakkuus ei riittänyt, ja tilannetta korjattiin lisäämällä valonheittäjiä pelialueen ympärille. Uusitun valaistuksen olisi hyvä olla niin tehokas, että valaistustaso saadaan niin korkealle, että ylimääräisiä valoja ei tarvita enää kentän ympärille, mikäli hallissa pelataan vielä tulevaisuudessa televisio-otteluita.

## 8 OULUHALLIN UUSI VALAISTUS

Ouluhallin uutta valaistusta suunniteltiin yhdessä Philipsin kanssa. Philipsillä on kokemusta maailmalla suurten urheiluareenojen valaistuksen toteuttamisesta led-valaisimilla, joten heiltä pyydettiin apua suunnitteluun. Näin valaistussuunnitelma antaisi tarkemman kuvan Ouluhallin valaistuksen peruskorjauksen mahdollisesta toteutuksesta ja arvioidusta kustannuksista päättäjille, kun Ouluhallin peruskorjaus tulee poliittiseen päätöksentekoon. Uuden valaistuksen pitäisi tarjota tehokkaampi ratkaisu valaistuksen käytettävyyteen, huolettavuuteen ja energiatehokkuuteen.

### 8.1 Uudet valaisimet

Valaistuslaskelmassa Ouluhallin uusi valaistus on toteutettu neljällä erilaisella valaisimella. Valaisimien valintaan vaikuttivat kestävyys ulkoisilta kolhuilta, valotehokkuus sekä käyttöikä. Lisäksi valaisimissa on mietitty erilaisia valaistustilanteita, joita Ouluhallissa järjestetään.

Philipsin Coreline Highbay (BY121) syväsäteilijöitä on laskelmassa yhteensä 14 kpl (kuva 16). Valaisimen ottoteho on 198 W ja väriämpötila 4000 Kelviniä. Valaisimen käyttöikäksi on ilmoitettu 50 000 tuntia, jolloin valaisimen valotehokkuuden katsotaan pudonneen alle 70 %:iin alkuperäisestä. Valaisimen IK-luokitus on 8, joka tekee siitä kestävästi erilaisia kolhuja vastaan. Valaisimen liitäntälaite ei ole säädettävissä eikä valaisin ole himmennettävissä. Valaisimen tekniset tiedot ovat nähtävissä raportin lopussa liitteistä 11 ja 15.



KUVA 16. Coreline Highbay-valaisin

Loput kolme eri valaisinta ovat ClearFlood- ja ClearFlood Large-malleja. Valonheittimien erot ovat järjestelmien ottotehossa ja sitä kautta Large-mallit tuottavat enemmän valovirtaa. Värintoistoindeksi, elinikä sekä väriämpötila ovat malleissa lähes samoja. Large-malleja on laskelmassa kahda erilaista valaisinta. Näiden kahden mallin erot löytyvät väriämpötilasta sekä ottotehosta. Tehokkaampi Large-malli tuottaa suuremman ottotehonsa kautta vähän enemmän valovirtaa. Erilaisia ClearFlood- ja ClearFlood Large-malleja tuli laskennassa yhteensä 240 kappaletta. Valaisimien tarkemmat tekniset tiedot löytyvät raportin lopussa olevista liitteistä 11 ja 16.

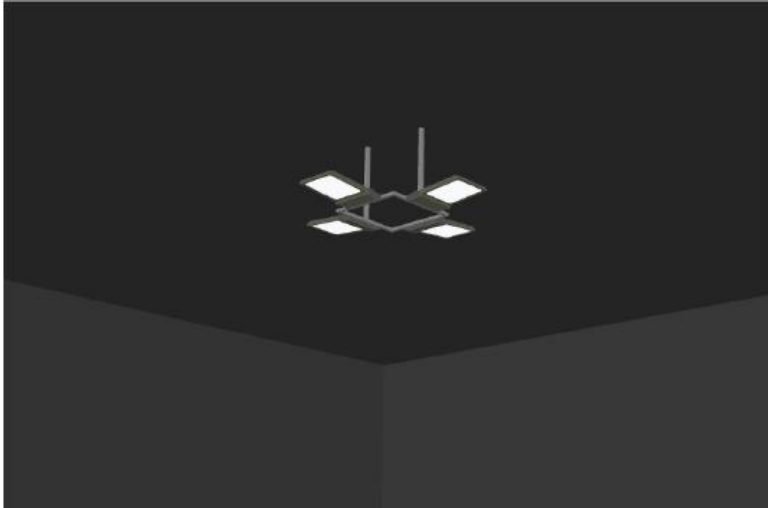
## **8.2 Valaistuksen toteutustapa**

Hallin uuden valaistuksen toteuttamisessa pyrittiin mahdollisimman hyvin hyödyntämään olemassa olevien valaisimien paikkoja ja sitä kautta olemassa olevaa johdotusta, jotta kustannukset saataisiin sitä kautta mahdollisimman pieniksi. Lisäksi valaisimien kestävyys kolhuja vastaan sekä sopeutuvuus erilaisiin tilannevalaistuksiin otettiin huomioon.

Ouluhallin itäisen kulman alueelta sijaitsevat yleisurheilu- ja voimistelualue. Tämän alueen valaistus toteutettaisiin Coreline Highbay-valaisimilla. Nykyiset 1000 W:n monimetallilamput tuottavat liian suuren pistemäisen valon tällä alueella, mikä aiheuttaa kiusahäikäisyä ja häiritsee käyttäjiä. Yksi ongelmapaikka on ollut alueen vieressä sijaitseva pesäpallon lyöntipaikka. Tässä kohdassa on suoraan lyöntipaikan yläpuolella tehokas valaisin, joka häikäisee lyöjää tai syöttäjää riippuen lyöjän kätisyydestä.

Coreline Highbay ei ole himmennettävissä, mutta valaistuksen ryhmitystä voitaisiin peruskorjauksessa muuttaa niin, että tämä alue olisi omassa ryhmässään. Tällöin alueen valot voitaisiin sammuttaa silloin, kun alueen valaistus häiritsee tapahtumaa, kuten konserttia. Hallin jalkapallokentän alueelle tulevat valaisimet ovat himmennettävissä, joten näiden avulla hoidettaisiin tarvittava valaistus tapahtumissa.

Hallin muu valaistus toteutettaisiin ClearFlood- ja ClearFlood Large -valaisimen avulla. Hallin valaisimet voidaan kiinnittää kattoon esimerkiksi kuvan 17 mukaisella tavalla.



*KUVA 17. Valaisimien kiinnitys Ouluhallin kattoon*

Nykyiset monimetallilamput on kiinnitetty kattoon teräksisillä kiinnityselementeillä. Mikäli uusien valaisimien kiinnitys onnistuu vanhoihin elementteihin, näitä kannattaa hyödyntää. Jos vanhojen elementtien käyttö ei onnistu, voidaan uusien valaisimien kiinnitys toteuttaa kuvan 17 mukaisesti. Tämä tosin aiheuttaa lisäkustannuksia kun uudet kiinnityselementit joudutaan tilaamaan valaisinvalmistajalta. Valaisimien kulmaa säädetään hieman, jotta valo ei ole pistemäistä ja aiheuta kiusahäikäisyä pelaajien silmiin.

Clearflood-valaisimia voidaan himmentää esimerkiksi DALIn avulla, mutta se tarkoittaisi, että hallin valaisimet jouduttaisiin johdottamaan uudestaan, koska DALI-järjestelmä vaatii kaksi ohjauspiirijohdinta vaihe-, nolla- ja suojajohtimen lisäksi. Philipsiltä kerrottiin, että heillä on suunnitella järjestelmä, joka mahdollistaisi valaisimien säädön langattomasti muun muassa urheiluhalleissa. Tätä järjestelmää on jo käytössä ulkokenttien valaistuksenohjauksessa, missä järjestelmä perustuu GPRS-tekniikkaan. Langaton ohjaus sisällä poistaisi uuden johdotuksen tarpeen valaisimille, mikäli olemassa oleva johdotus on edelleen käytettävässä kunnossa. Nykyisen johdotuksen kuntoa ei päästy tarkistamaan työn puitteissa.

Clearflood-valaisimet ovat IK-luokituksestaan luokkaa 9, mikä tarkoittaa hyvää kestävyyttä erilaisia kolhuja vastaan. Tämä on tärkeää esimerkiksi pesäpallon osumien varalta, koska nykyiset monimetallilamput särkyvät Ouluhallin työntekijöiden mukaan herkästi pallon osuman johdosta. Uusien valaisimien kestävämpi rakenne vähentää pallon osumista aiheutuvia huoltotöitä ja laskee näin Ouluhallin valaistuksen huoltokustannuksia. Valaisimen tekniset tiedot ovat nähtävissä liitteessä 16.



Valaistuksen paino oli yksi tarkastelun kohde uutta valaistusta suunnitellessa. Nykyinen valaistus on raskas ja kuormittaa kattorakenteita. Aiemmin raportissa oli laskettu, että nykyinen valaistus aiheuttaa kattorakenteisiin lähes 9000 kg:n kuormituksen. Valaistuslaskelman mukaan valaisimien määrä katossa kasvaisi hieman 244 kappaleeseen. Valaisimien rakenne on kuitenkin kehittyneen tekniikan myötä keventynyt huomattavasti. Uuden valaistuksen aiheuttama kuorma kattorakenteisiin on valaisimien teknisten tietojen mukaan seuraava:

$$14 \times 9,5 \text{ kg} + 36 \times 16 \text{ kg} + 204 \times 24 \text{ kg} = \sim 5605 \text{ kg}$$

Kattorakenteisiin kohdistuva kuorma laskisi uuden valaistuksen myötä noin 3000 kg. Tällä on merkittävä vaikutus esimerkiksi lumikuorman aiheuttamaan kattorakenteiden kuormitukseen, jota erityisesti tarkkaillaan Ouluhallissa.

## 9 KUSTANNUSLASKELMAT

Seuraavaksi käydään läpi nykyisen ja uuden valaistuksen kokonaiskustannuksia. Nykyisen valaistuksen kustannukset koostuvat pelkästään huoltoon liittyvistä toimenpiteistä, valaisinhuollosta, lamppujen vaihdosta ja energiakustannuksista. Lopussa on esitetty uuden valaistuksen takaisinmaksuaika taulukossa.

### 9.1 Uuden valaistuksen kustannukset

Uuden valaistuksen kustannukset koostuvat valaisimien hankinnasta sekä energiakustannuksista. Philipsin Markku Kumpulaiselta pyydettiin kustannusarviota Ouluhallin valaisimista valaistuskannan pohjalta. Hinnoittelussa on otettu huomioon kaupungille tuleva alennus tuotteissa. Kokonaiskustannusarvio valaisimille on seuraava:

1. BVP650 ECO30K/NW PSD II S ALU D9 36 kappaletta à 1100 euroa (alv 0%)
2. BVP651 ECO60K/740 PSD S ALU D9 180 kappaletta à 1750 euroa (alv 0%)
3. BVP651 ECO65K/740 PSD S ALU D9 24 kappaletta à 1800 euroa (alv 0%)
4. BY121P G3 LED205S/840 WB PSD GR 14 kappaletta à 510 euroa (alv 0%)

Tyypimerkintöjen selvennykset

- 30 K = 30.000lm valovirta. 60K = 60.000lm jne.
- NW = 4000K, Ra- indeksi yli 70 = 740.
- PSD ja D9 = Dali-liitäntälaite ohjauksia varten.
- II = suojaeristetty.
- ALU = alumiinin värinen runko. GR = harmaa runko.
- S = Symmetrinen optiikka. WB = leveä optiikka.
- LED205S G3 = kolmannen sukupolven led-yksikkö, jonka valovirta 20.500lm.

Kokonaishinta valaisimille on 404 949 euroa (alv 0 %).

Kustannusarviosta puuttuu langattoman ohjauksen hinnoittelu, koska järjestelmä on vielä kehitysasteella Philipsillä. Kun Ouluhallin peruskorjaus tulee poliittisen päätöksentekoon, järjestelmä on todennäköisesti käytettävissä urheiluhalleihin. Silloin olisi järkevää kysyä hinta järjestelmän asentamisesta Ouluhalliin. Mikäli esimerkiksi päädyttäisiin DALI-järjestelmään, pitäisi Ouluhallin valaisimien johdotus uusita täysin, jotta DALI saataisiin toimimaan. Langattomalla järjestelmällä olisi mahdollisuus hyödyntää nykyistä valaistuksen johdotusta. Johtojen kunto pitäisi kuitenkin tarkistaa ennen lopullista päätöstä.

Kustannusarviosta puuttuu myös työsuorituksen hinta. Kun Ouluhallin peruskorjaus tulee päätettäväksi, Oulun tilakeskus kilpailuttaa suunnitelmien pohjalta eri urakat, kuten lvi-, automaatio- ja sähköurakan.

## 9.2 Säästöt

Led-valaistuksen säästöt koostuvat energiakustannusten pienenemisestä, kun valaistuksen kokonaisottoteho laskee. Laskennassa on verrattu valaistuksen kokonaistehoa, kun kaikki valaisimet ovat päällä. Nykyisen valaistuksen kokoteho saadaan laskemalla valaisimien lukumäärä kerrottuna niiden ottoteholla. Kokonaisteho nykyisellä valaistuksella on:

$$223 \times 1000 \text{ W} = 223\,000 \text{ W} \sim 223 \text{ kW}$$

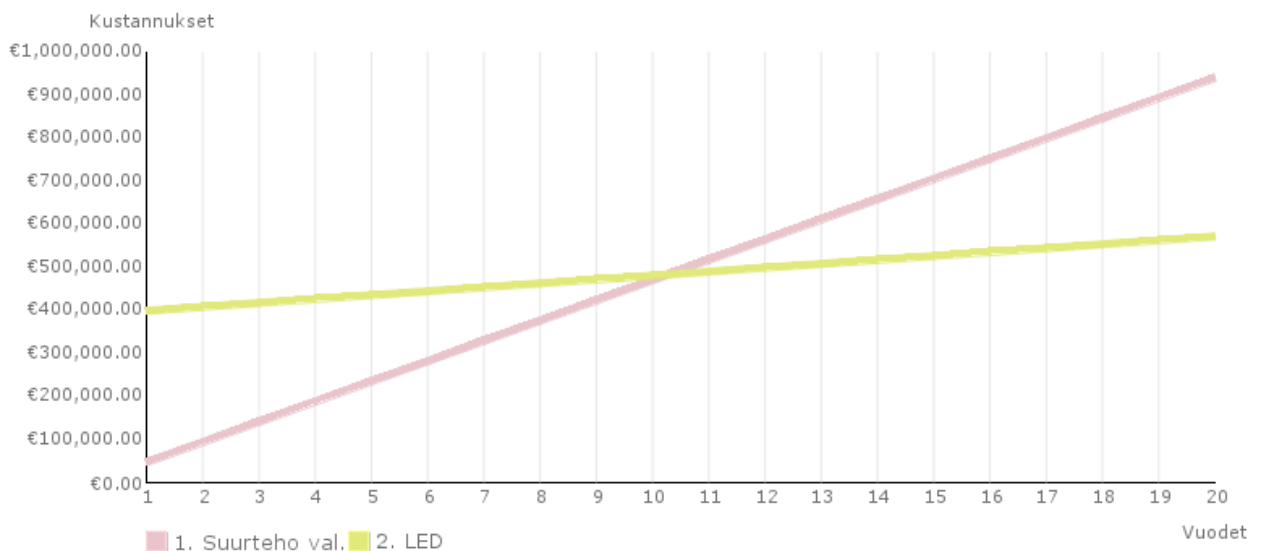
Led-valaistuksen ottoteho oli laskettu valmiiksi Ouluhallin valaistuslaskennassa. Uusien valaisimien kokonaisottoteho on 112 572 ~113 kW.

Tuloksista nähdään, että led-valaistuksen kokonaisottoteho on noin 50 % pienempi kuin nykyisellä valaistuksella. Tulos antaa kuitenkin vääristyneen kuvan, koska Ouluhallissa käytetään harvoin valaistusta täydellä teholla. Pääsääntöisesti Ouluhallissa käytetään 300 lx:n valaistustasoa. Vertailukelpoista laskentaa on vaikea suorittaa, koska palavien valaisimien määrä 300 lx:n valaistustasolla ei ole tiedossa. Energiakustannusten pieneneminen on kuitenkin huomattava led-valaistuksella, mikä puoltaa valaisimien vaihtoa. Tämä näkyy myös hiilidioksidipäästöjen pienenemisenä, jolla on myönteinen ympäristövaikutus.

### 9.3 Kokonaiskustannukset

Philipsin kustannuslaskuri kertoo suuntaa-antavasti kokonaiskustannukset ja takaisinmaksuajat. Laskennassa käytettiin arviointiin perustuvia arvoja, koska tarkkoja tietoja ei ollut käsillä. Esimerkiksi uusien valaisimien hinnassa täytyi arvioida valaisimien hinnan lasku vuosien aikana. Lisäksi taulukkoon pystyi asettamaan vain rajoitetun määrän eri valaisimia. Led-valaisimien hinta arvioitiin 1600 euroon, kun otetaan huomioon valaisimien kappalehinta keskiarvoisesti. Tällä hinnalla sain taulukon arvon vastaamaan hyvin lähelle aiemmin annettua kokonaishinta-arviota valaisinkustannuksista, kun valaisimia on 244 kappaletta. Led-valaisimien keskiarvoiseksi tehoksi arvioitiin 460 W. Uuden valaistuksen huoltokustannukset arvioitiin mataliksi, koska led-valaisimien tekniikka on kehittynyt paljon ja suurimmista lastentaudeista on päästy irti. Led-valaisinten yleisin huolto kohdistuu liitäntälaitteisiin ja arvioin muutaman valaisimen tarvitsevan huoltoa 20 vuoden aikana. Ouluhallin valaistuksen käyttötunneiksi asetettiin 5000 tuntia, joka vastaa korkeaa käyttöastetta.

Nykyisen valaistuksen huoltokustannuksia arvioin saamani laskun perusteella. Tein laskun pohjalta kustannusarvion yhtä valaisinta kohden ja lisäsin sytytinlaitteen vaihdon kustannuksiin. Myös työn osuus sekä nostolavan käyttö on otettu huomioon kustannuksissa. Kuvassa 18 näkyy takaisinmaksuaika käytetyillä arvoilla.



KUVA 18. Valaisimien takaisinmaksuaika

Kuvasta 18 on luettavissa, että uusi led-valaistus maksaa itsensä takaisin arvion mukaan vajaassa 11 vuodessa. On kuitenkin otettava huomioon, että kokonaiskustannusarvio on vain suuntaa antava, koska laskennassa käytettiin paljon arvioon perustuvia lukemia. Kun Ouluhallin peruskorjausta suunnitellaan, on tärkeää suorittaa uusi takaisinmaksuajan laskenta tarkemmilla arvoilla, jotta saataisiin mahdollisimman tarkka arvio hallin valaistuksen kokonaiskustannuksista ja osataan arvioida projektin kannattavuus tarkemmin.

Uuden valaistuksen toteutus led-tekniikalla on kuitenkin harkinnan arvoista, koska Suomessa on jo toteutettu jäähallin valaistuksia led-tekniikalla, kuten Porin Isomäen halli ja Kouvolan jäähalli. Kouvolan jäähallissa siirtyminen led-valaistukseen on parantanut jään laatua sekä kylmäkoneiston kestävyyttä. Koska vanha valaistus tuotti huomattavasti lämpöä, lämmin ilma heikensi jäätä ja aiheutti lisää kuormaa jäähdytyslaitteistolle. Säästöjä tulee myös valaistuksen kautta, kun uusittu valaistus on kokonaisoteholtaan pienempi kuin vanha. (28.)

Monitoimihalli on valaistusteknisesti hyvin erilainen kohde kuin jäähalli. Monitoimihalleissa ei tarvitse jäädyttää kenttää ja ylläpitää sitä jäähdytyskoneilla. Kuitenkin merkittäviä säästöjä olisi saavutettavissa valaistuksen energiatehokkuuden myötä, kun siirryttäisiin uudempaan tekniikkaan. Kun tähän lisätään valaistuksenohjauksen tuomat mahdollisuudet, Ouluhallista voidaan saada parempi tapahtumien järjestyspaikka vuosiksi eteenpäin.

## 10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Ouluhallin valaistuksen nykytila sekä ongelmakohdat. Lisäksi tavoitteena oli tehdä esisuunnitelma uudesta valaistuksesta peruskorjauksen jälkeen ja antaa valaistuksesta kustannusarviota. Ouluhallin nykyinen valaistus alkaa olla elinkaarensa loppupäässä ja valaistuksen uudistaminen on piakkoin ajankohtaista. Nykyinen valaistus on riittävä päivittäiseen kuntoiluun sekä seurojen harjoitteluun, mutta ongelmia tulee, kun urheilijat joutuvat kohdistamaan katseensa ylöspäin esim. pesäpallossa ja sulkapallossa. Nykyinen valaistus on ongelmallinen myös, mikäli Ouluhallissa järjestetään kansainvälisiä kisoja. Ongelmia on ollut havaittavissa jo SM-tason kisoissa, jolloin urheilijat vaativat tasaisia kilpailuolosuhteita.

Nykyinen valaistus on energia- ja huoltokustannuksiltaan korkea. Huoltokustannuksien kasvuun on osaltaan vaikuttanut valaisimien ikä, mutta valaistuksen korjaavalla huollolla on myös vaikutusta kustannuksien kasvuun, kun hallin käyttöaste ei anna mahdollisuutta paremmalle huolto-ohjelmalle ilman hallin sulkemista useammin vuoden aikana. Energiakustannuksia voisi pienentää korvaamalla nykyiset valaisimet led-valaisimilla ja korvaamalla nykyinen valaistuksenohjaus nykyaikaisella tekniikalla, jonka avulla sähkönkulutusta voidaan myös laskea. Valaistuksenohjauksen avulla Ouluhallin valaistukseen saataisiin myös muokattavuutta, joka auttaisi hallin sopeutuvuutta erilaisiin tapahtumiin. Valaistuksenohjaus helpottaisi hallin huoltomiesten töitä, kun tapahtuman järjestäjien toiveisiin valaistukseen liittyen pystyttäisiin vastaamaan paremmin kuin nyt.

Tärkeä huomioitava asia oli myös hallin kattorakenteiden kuormitus. Talvella hallin katto ei kestä suuria lumimassoja ja katon lumikuormaa seurataan siksi tarkasti. Suunniteltu valaistus on huomattavasti kevyempi kuin nykyinen, mikä vähentää valaisimien kattorakenteisiin kohdistamaa kuormaa ja helpottaa näin lumenpudotuksen suunnittelua ja aikatauluttamista. Ouluhallin kokouksen kiinteistön kattolumien poisto on kallista. Jos kevennetyllä valaistusrakenteella voidaan vähentää lumenpudottamisen tarvetta, saadaan merkittäviä kustannussäästöjä.

Tässä työssä keskityttiin pelkästään hallin valaistuksen parantamiseen ja sivuttiin lyhyesti Ouluhallin kuntosalia ja katsomoa. Näiden alueiden valaistus on myös vanhentunut ja olisi hyvä ottaa mukaan peruskorjaukseen. Lisäksi hallista löytyy toimisto-, myymälä- ja kokoustiloja, joiden valaistusta olisi hyvä uusida.

Opinnäytetyö antaa mielestäni kattavan selostuksen Ouluhallin nykyisen valaistuksen tilanteesta ja antaa ohjeistoja eri lajien sisävalaistuksen suunnitteluun. Lisäksi raportista löytyy suunnittelu-pohja, jota voidaan käyttää hyväksi, kun Ouluhallin peruskorjauksen suunnittelu aikanaan aloitetaan.

## LÄHTEET

1. Perustietoa valaistustekniikasta. Pro Agria Etelä-Pohjanmaa ry. Saatavissa: [https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/perustietoa\\_valaistustekniikasta.pdf](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/perustietoa_valaistustekniikasta.pdf). Hakupäivä 17.10.2015.
2. Lighting Solutions. Indoor and Outdoor 2014-2015. 2014. Fagerhults Belysning AB.
3. Luminanssi. 2008. Ensto. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398134018.html>. Hakupäivä 19.10.2015.
4. Halonen, Liisa, Raunio, Johannes, Tetri, Eino. 2011. Lamppuopas. Opas hehkulamppujen korvaamiseksi. Eko Valo. Saatavissa: <http://www.lightinglab.fi/ekovalo/News/lamppuopas.pdf>. Hakupäivä 19.10.2015.
5. Valaisininfo. Taloon.com. Saatavissa: <http://www.taloon.com/valaisininfo/10210/dg>. Hakupäivä 20.10.2015.
6. Ledien elinikä. Glamox luxo. Saatavissa: <http://glamox.com/fi/ledien-elinika1>. Hakupäivä 1.4.2016
7. Lamppujen ominaisuuksia. 2013. Motiva Oy. Saatavissa: <http://www.lampputieto.fi/lamput/lamppujen-ominaisuuksia/>. Hakupäivä 20.10.2015.
8. Lamppujen energiamerkintä uudistui 1.9.2013: uusi energiamerkki erottelee energiatehokkaimmat mallit aiempaa paremmin. 2013. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.lampputieto.fi/media/ajankohtaista/view/lamppujen\\_energiamerkinta\\_uudistui\\_1-9-2013-uusi\\_energiamerkki\\_erottelee\\_energiatehokkaimmat\\_mallit\\_aiempaa\\_paremmiin/](http://www.lampputieto.fi/media/ajankohtaista/view/lamppujen_energiamerkinta_uudistui_1-9-2013-uusi_energiamerkki_erottelee_energiatehokkaimmat_mallit_aiempaa_paremmiin/). Hakupäivä 20.10.2015.



9. Valaistussuureita. 2010. Työterveyslaitos. Saatavissa:  
<http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/valaistus/valaistussuureita/sivut/default.aspx>. Hakupäivä 20.10.2015.
10. Valolähteet. 2008. Ensto. Saatavissa:  
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1228387438606/1228396156294.html>. Hakupäivä 19.12.2015.
11. Pienpainekaasupurkaus loistelamppuihin ja pienloistelamppuihin. 2016. Osram. Saatavissa:  
[http://www.osram.fi/osram\\_fi/uutiset--tiedot/loistelamput/ammattitietoa/pienpainekaasupurkaus/index.jsp](http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/loistelamput/ammattitietoa/pienpainekaasupurkaus/index.jsp). Hakupäivä 20.12.2015.
12. Elohopealamput poistuvat markkinoilta 2015 – Mitä tilalle katuvalaistukseen? 2014. Motiva Oy. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/files/9499/Elohopealamput\\_poistuvat\\_markkinoilta\\_2015\\_Mita\\_tilalle\\_katuvalaistukseen.pdf](http://www.motiva.fi/files/9499/Elohopealamput_poistuvat_markkinoilta_2015_Mita_tilalle_katuvalaistukseen.pdf). Hakupäivä 20.12.15.
13. Led-perusteet - teknologisesta taustasta historiaan. 2016. Osram. Saatavissa:  
[http://www.osram.fi/osram\\_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/index.jsp](http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/led/ammattitietoa/led-perusteet/index.jsp). Hakupäivä 28.12.15.
14. Future Lighting Solutions. 2013. Led-valaisimen suunnittelu. Valosto. Saatavissa:  
[http://www.valosto.com/tiedostot/LED\\_valaisimen\\_suunnittelu.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/LED_valaisimen_suunnittelu.pdf). Hakupäivä 5.1.16.
15. Jenkins, Daniel. 2009. Ledifaktoja - Valomessut 2009. Saatavissa:  
[http://www.valosto.com/tiedostot/LedifaktojaValomessut%202009\\_1.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/LedifaktojaValomessut%202009_1.pdf). Hakupäivä 8.1.16.
16. IR-led. Kompo 2010. Saatavissa: <https://kompo2010.wikispaces.com/IR-led>. Hakupäivä 29.3.16

17. Honkanen. H. Valaistustekniikka. Oppimateriaalit 2013. Saatavissa:  
[http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK\\_Valaistustekniikka.pdf](http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK_Valaistustekniikka.pdf). Hakupäivä 8.1.16.
18. Mikä led on? 2014. AB Fagerhult. Saatavissa:  
<http://www.fagerhult.com/fi/Valaistustietoutta/LED/>. Hakupäivä 8.1.16.
19. Led – valaistuksen tulevaisuus on jo täällä. 2016. PremiunLight. Saatavissa:  
<http://www.premiunlight.eu/index.php?page=led-the-lighting-future-7>. Hakupäivä 31.1.16.
20. Led-perusteet. Glamox luxo. Saatavissa:  
<http://glamox.com/fi/led-perusteet->. Hakupäivä 31.1.16.
21. Valaistussuunnittelijan käsikirja. 2009. Fagerhult. Saatavissa:  
[http://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo\\_fi\\_09.pdf](http://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo_fi_09.pdf). Hakupäivä 29.3.16
22. SFS-EN 12464-1. 2010. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1. Sisätilojen työkohteiden valaistus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
23. SFS-EN 12193. 2008. Light and lighting. Sports lighting. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
24. Konica Minolta CL-70F valaistusvärimittari. Mitaten Finland. Saatavissa:  
<http://mitaten.fi/valomittaritmenu/konica-minolta-valo/17-suomi/tuoteartikkelit/255-konica-minolta-cl-70f.html>. Hakupäivä 6.2.16.
25. Light intensity measuring instrument testo 540 – Pocket-sized Lux meter. Testo. Saatavissa:  
<http://www.farnell.com/datasheets/1712722.pdf>. Hakupäivä 6.2.16.

26. Fluke 419 – laseretäisyysmittari. Fluke. Saatavissa:

<http://www.fluke.com/fluke/fifi/laseretaisyysmittarit/fluke-419d.htm?pid=74286>. Hakupäivä 6.2.16.

27. Valonlähteet. Alppilux. Saatavissa:

<http://www.alppilux.fi/fi/valonlahteet/valonlahteet>. Hakupäivä 6.2.16.

28. Rönkkö, Janne. 2015. Jäähallin valoremontti: Päivässä säästyy rutkasti sähköä ja jääkin pysyy parempana. Kouvolan Sanomat. Saatavissa:

<http://www.kouvoleansanomat.fi/Online/2015/04/23/J%25C3%25A4%25C3%25A4hallin%2520valoremont->

[ti%253A%2520P%25C3%25A4iv%25C3%25A4ss%25C3%25A4%2520s%25C3%25A4%25C3%25A4styy%2520rutkasti%2520s%25C3%25A4hk%25C3%25B6%25C3%25A4%2520ja%2520j%25C3%25A4%25C3%25A4kin%2520pysyy%2520parempana/2015218932067/4](http://www.kouvoleansanomat.fi/Online/2015/04/23/J%25C3%25A4%25C3%25A4iv%25C3%25A4ss%25C3%25A4%2520s%25C3%25A4%25C3%25A4styy%2520rutkasti%2520s%25C3%25A4hk%25C3%25B6%25C3%25A4%2520ja%2520j%25C3%25A4%25C3%25A4kin%2520pysyy%2520parempana/2015218932067/4). Hakupäivä

9.4.16

## LIITTEET

Liite 1 Ouluhallin pohjakuva

Liite 2 Mittauspisteet

Liite 3 Ensimmäinen mittaus

Liite 4 Toinen mittaus

Liite 5 Värintoistoarvot, ensimmäinen mittaus, mittauspiste 1, ilman nurmea

Liite 6 Värintoistoarvot, toinen mittaus, mittauspiste 1, nurmi paikoillaan

Liite 7 Hallin nykyiset valaisimet

Liite 8 Valmistajan tekniset tiedot valaisimesta

Liite 9 Lampun tekniset tiedot

Liite10 Ouluhallin yhteenveto

Liite 11 Ouluhallin uudet valaisimet

Liite12 Vääräväri-kuvanmuodostus, uusi valaistus

Liite 13 Valaistusvoimakkuudet, jalkapallokenttä, uusivalaistus

Liite 14 Valaistusvoimakkuudet, juoksurata, uusivalaistus

Liite 15 Tekniset tiedot BY120P/121P

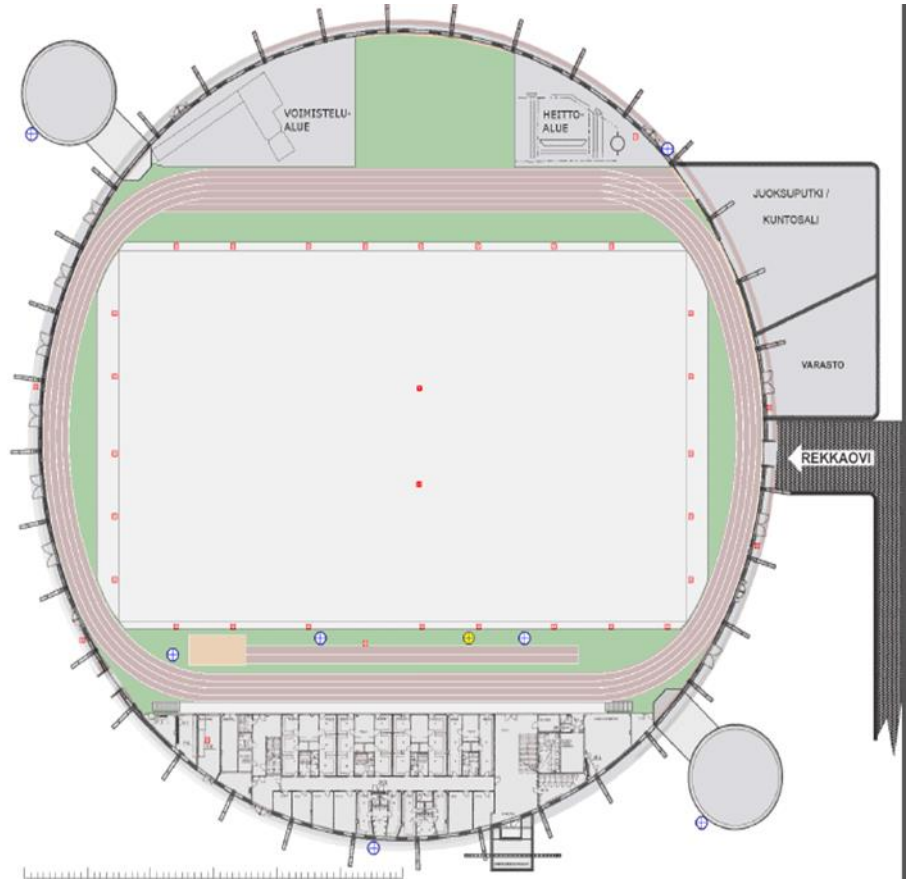
Liite 16 Tekniset tiedot BVP 650/651

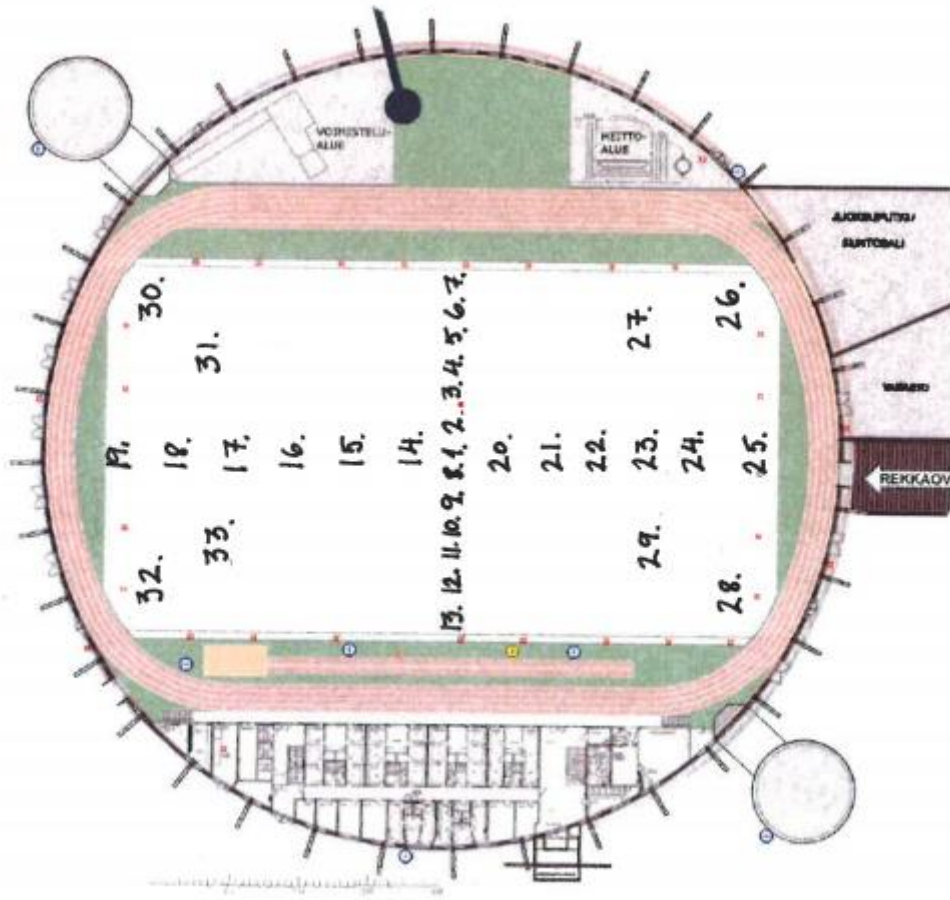
# OULUHALLI

VALMISTUMISAIKA	1.7.1986
TILAVUUS	161.000m <sup>3</sup>
KEHÄN HALKAISIJA	115 metriä
SISÄTILAN KORKEUS	24 metriä
HALLIIN SOPII	7000 henkea
VALAISTUSTEHO	800 lux'ia
LÄMPÖTILA	+18°
JALKAPALLOKENTTÄ JAEATTAVISSA 3 OSAAN	90 x 53 m
JUOKSURADAN PITUUS 4 RATAA	304 metriä
KATSOMO	800
TELESKOOPPIKATSOMOT	700 (7kpl)
YHTEENSÄ	n.1500
TUOLEJA	n. 4300
ESIINTYMISLAVA	80m <sup>2</sup> (8 x 10)

JUOKSUPUTKI / KUNTOSALI, VOIMISTELU- JA HEITTOALUEET EIVÄT OLE MESSUKÄYTTÖSSÄ

- SÄHKÖKAIVO 63 A 2 KPL
- SÄHKÖKAIVO 10 A 3 KPL
- 16 A 2 KPL
- 16 A 1 KPL (Voimavirta)
- 32 A 1 KPL (Voimavirta)
- ⊕ VESI
- ⊕ VESI + PAINELMA

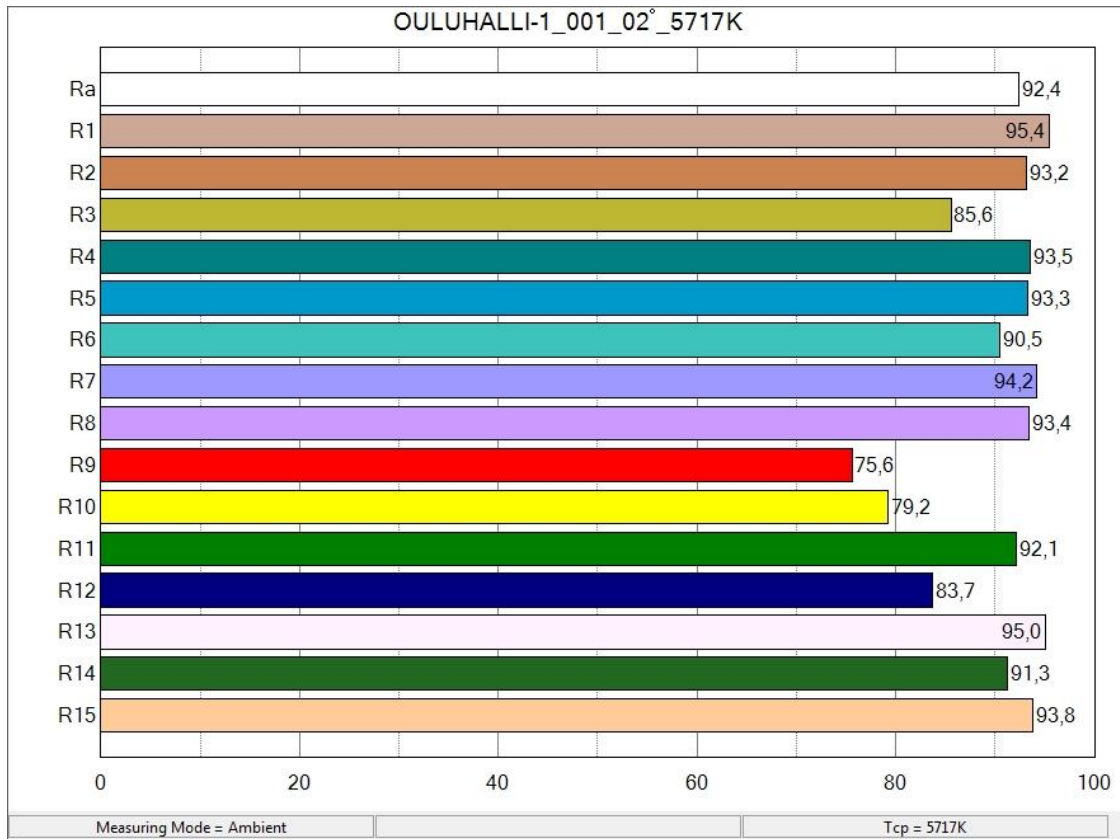




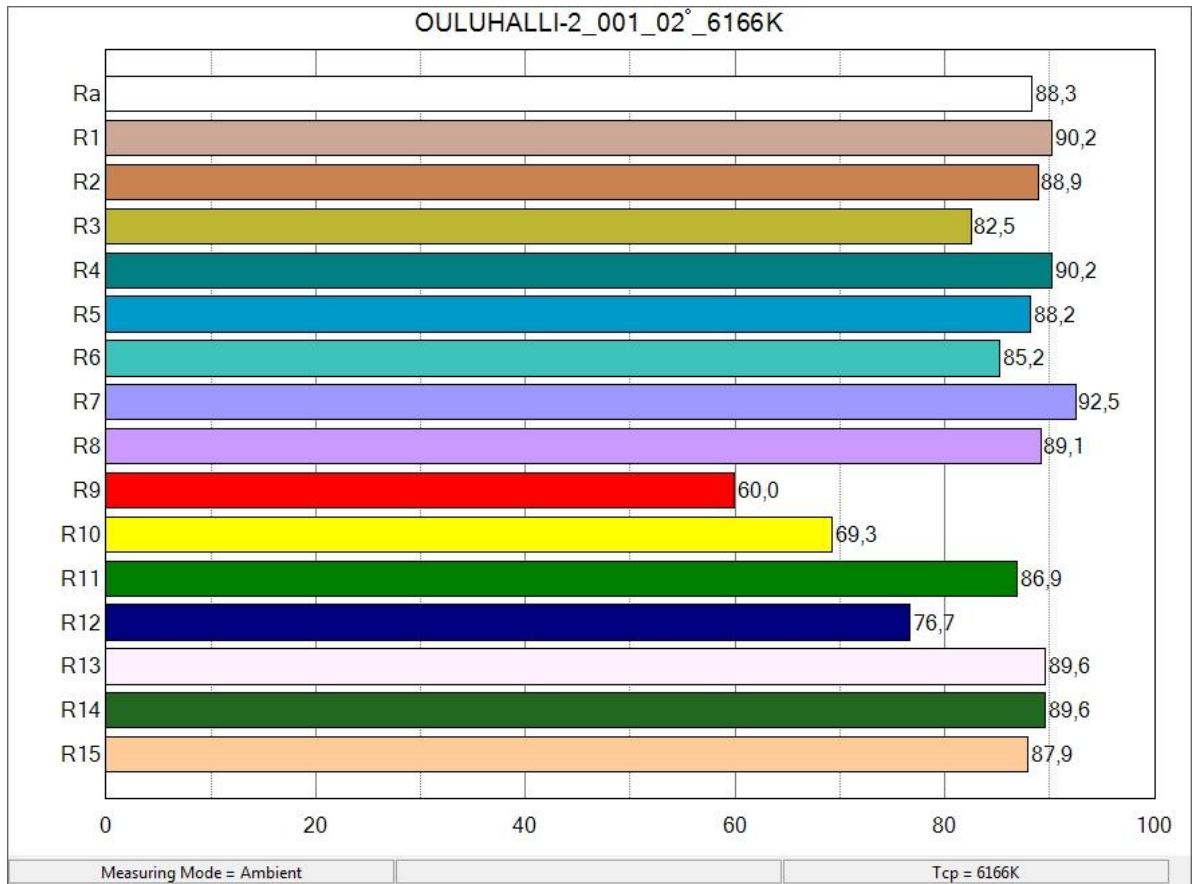
Mittauspiste	Mittaustulos (lux)	Vertailutulos (lux)
1	1070	1100
2	1030	980
3	890	830
4	765	730
5	675	620
6	560	540
7	438	390
8	1170	1000
9	1060	980
10	1280	1180
11	1250	1250
12	1090	1020
13	687	640
14	1270	1220
15	1270	1170
16	1040	975
17	1020	950
18	652	610
19	358	360
20	1180	1120
21	1070	1020
22	889	830
23	815	740
24	630	600
25	395	365
26	408	330
27	569	500
28	389	350
29	439	410
30	445	400
31	564	560
32	333	310
33	562	330
	Ka: 795 lux	Ka: 739 lux

Mittauspiste	Mittaustulos (lux)	Vertailutulos (lux)
1	1150	1080
2	1160	980
3	1080	950
4	850	820
5	723	712
6	679	635
7	524	440
8	1280	1025
9	1100	1020
10	1240	1230
11	1360	1220
12	1130	1080
13	704	630
14	1340	1150
15	1280	1200
16	1180	1100
17	1000	880
18	607	580
19	436	340
20	1270	1210
21	1210	1220
22	1080	1020
23	863	860
24	650	630
25	355	360
26	602	540
27	600	470
28	539	515
29	594	500
30	467	410
31	523	470
32	389	389
33	436	420
	Ka: 860 luxia	Ka: 790 lux

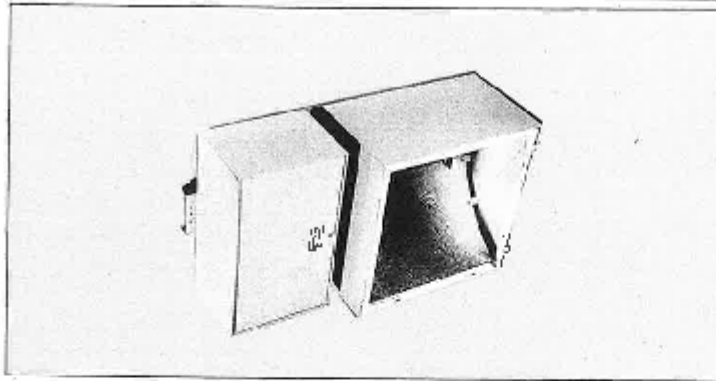




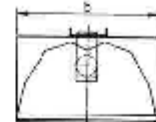
VÄRINTOISTOARVOT, TOINEN MITTAUS, MITTAUSPISTE 1, NURMI PAIKOILLAAN LIITE 6



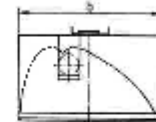
# 8310, 8311 Suurtehovalaisin



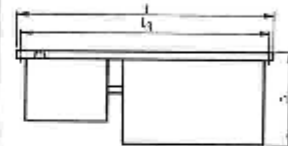
Kotelointiruokka IP 23



8310



8311



**Käyttö**

Urho-luokan, lämpötila

**Materiaali**

Poliimacalaatti, sähköisellä källyllä lasilla. Liianhikoittelu-polttoainealusta alumiinilla.

**Väri**

Harmaa

**Heijastin**

Erikoisotus, vssarmitus alumiinilla  
8310 symmetrisen valonjakon  
8311 epäsymmetrisen valonjakon

**Häikäisy-suoja**

laskun mukaan valonjakon

**Mekaaninen asennus**

Valaisin ruuvikiinnitykseen, kahden

**Sähköinen asennus**

-u 5 x 2,5 mm<sup>2</sup>

**Lisä tiedot**

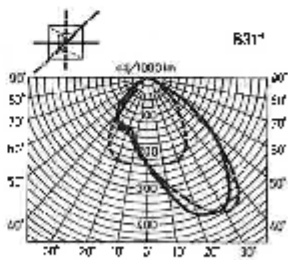
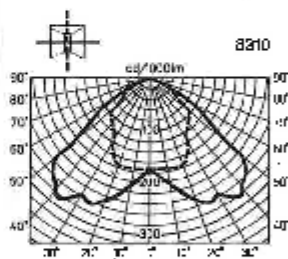
Valaisimet valonlähteen tilauksessa

Kompensointi, I-merkintä C

**Valonlähde**

HQI-T 1000 W

NaV T 1000 W



tyyppi	väriä numero	lasku/W	l	b	h	kg	l:
8310, 8311	8001, 8002	1000	900	500	300	36	830



1985-01-07

Valaisimien, liitäntälaitteiden ja lampujen tekniset tiedot

1. Valaisin

Valmistaja Mänttäilän Metelli Oy  
 Tyyppi 8310, 8311  
 Teho 1000 W  
 Suojausluokka IP 23  
 Paino 40 kg

2. Kuristin

Sijoitus  
 Valmistaja  
 Tyyppi  
 Syttymisvirta  
 Syttymisaika kylmänä  
 Syttymisaika kuumana  
 Palamisvirta  
 Tehohäviö  
 cos phi  
 suositeltava max. ympäristön lämpötila valaisimelle

*Valaisin toimii tavallisuudessa  
 20-min ikkuna lampulle  
 Osram lampulle  
 HRJ-T1000/20*

Valaisimeen ~~asennetaan~~  
**HELVAR**

	H 1000	E 4000	Philips lampulle
Syttymisvirta	13	42,5	A 10 k A
Syttymisaika kylmänä			min 10 min
Syttymisaika kuumana			min 10 min
Palamisvirta	9,5	7,5	A Osramin lampulle
Tehohäviö	40	38	W 21" H1000/20
cos phi	0,9		
suositeltava max. ympäristön lämpötila valaisimelle	25		°C

3. Sytytin

Valmistaja BAG TURGI  
 Tyyppi MZN 1000

4. Lamppu

Valmistaja  
 Tyyppi  
 Teho W  
 Valovirta lm  
 Värilämpötila K  
 Värinasteindeksi  
 Taloudellinen polttoikä h (... I:in valovirrasta)  
 Suositeltava max. ympäristön lämpötila °C



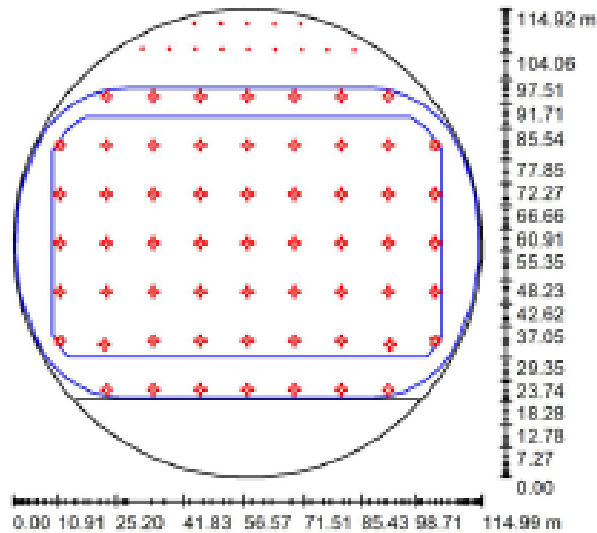
## Teknisiä tietoja

Tyypin malli	Järjestelmä V	Väri A	Teho li- tensio- nimen s. W	Väri- värin in	Lampun valoi- nta- luku lm/W	Keskik- säte- n. m. koko <sup>1)</sup>	Keskik- säte- n. m. koko <sup>2)</sup>	Lampun palamis- aika <sup>3)</sup>	Lampun palamis- aika <sup>3)</sup>
HQI-E 250 W/NDL	220	3,0	275	18000	72	16	32	h 150	
HQI-E 250 W/D	220	3,0	275	17000	68	15	32	h 150	
HQI-E 400 W/DV	220	3,5	385	26000	72	11	35	h 45	
HQI-E 400 W/DH	220	3,5	385	24000	67	10	35	p 45	
HQI-E 1000 W/N	220	8,2	1040	80000	80	23	70	vapaa	
HQI-R 250 W/NDL	220	3,0	275	15000	60		32	h 150	
HQI-T 250 W/NDL	220	3,0	275	20000	80	1150	32	h 150	
HQI-T 250 W/D	220	3,0	275	19000	76	1100	32	h 150	
HQI-T 400 W/DV	220	3,5	385	28000	78	700	35	h 45	
HQI-T 400 W/DH	220	3,5	385	25000	70	650	35	p 45	
HQI-T 1000 W/D	220	9,5	1050	80000	80	810	85	p 60	
HQI-T 2000 W/D	380	10,3	2080	170000	85	920	60	p 60	
HQI-T 2000 W/N	380	8,8	2070	190000	95	530	37	vapaa	
HQI-T 3500 W/D	380	18,0	3650	300000	86	880	100	p 60	
HQI-TS 250 W/NDL	220	3,0	275	20000	80	1600	32	p 45	
HQI-TS 250 W/D	220	3,0	275	19000	76	1500	32	p 45	
HQI-TS 400 W/D	220	3,5	385	25000	69	760	35	p 45	
HQI-TS 1000 W/D	220	9,5	1050	90000	90	1200	85	p 45	
HQI-TS 2000 W/D	380	10,3	2080	170000	85	920	60	p 60	
HQI-TS 3500 W/D	380	18,0	3650	300000	86	880	100	p 60	
HQL 50 W DE LUXE	380	0,60	59	2000	40	4	7	vapaa	
HQL 80 W DE LUXE	220	0,80	89	3850	48	5	8	..	
HQL 125 W DE LUXE	220	1,15	137	6500	52	7,5	10	..	
HQL 250 W DE LUXE	220	2,15	266	14000	56	10,5	18	..	
HQL 400 W DE LUXE	220	3,25	425	24000	60	11,5	25	..	
HQL 50 W	220	0,60	59	2000	40	4	7	..	
HQL 80 W	220	0,80	89	3800	48	5	8	..	
HQL 125 W	220	1,15	137	6300	50	7	10	..	
HQL 250 W	220	2,15	266	13500	54	10	18	..	
HQL 400 W	220	3,25	425	23000	58	11	25	..	
HQL 700 W	220	5,40	735	40000	57	13	40	..	
HQL 1000 W	220	7,50	1045	55000	55	15	60	..	
HQL-B 50 W DE LUXE	220	0,6	59	1750	35	1,3	7	..	
HQL-B 80 W DE LUXE	220	0,8	89	3000	38	2,2	..	..	
HQV 125 W	220	1,15	137	..	..	..	10	..	
HWL 160 W 225 V	220-229	0,8	160	3100	19	3	..	hs 30	
HWL 160 W 235 V	230-239	0,8	160	3100	19	3	..	hs 30	
HWL 250 W 225 V	220-229	1,2	250	5600	22	5	..	vapaa	
HWL 250 W 235 V	230-239	1,3	250	5600	22	5	..	..	
HWL 500 W 225 V	220-229	2,4	500	14000	28	6	..	..	
HWL 500 W 235 V	230-239	2,3	500	14000	28	6	..	..	
HWL 1000 W 225 V	220-229	4,7	1000	32500	33	8	..	..	
HWL 1000 W 235 V	230-239	4,5	1000	32500	33	8	..	..	

<sup>1)</sup> Kytkentäkaaviot katso sivu 24.

<sup>2)</sup> Palamisasetnot katso sivu 21.

Halli / Yhteenveto



Tilan korkeus: 23.900 m, Huoltokerroin: 0.71

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:1476

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	477	180	975	0.377

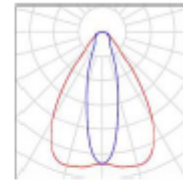
Käyttötaso:

Korkeus: 0.000 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.000 m

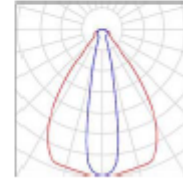
Luetelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	36	PHILIPS BVP650 G3 30K 1xECO/740 S (1.000)	26700	30000	244.0
2	180	PHILIPS BVP651 60K 1xECO/740 S (1.000)	49800	60000	488.0
3	24	PHILIPS BVP651 65K 1xECO/740 S (1.000)	53950	65000	549.0
4	14	PHILIPS BY121P G2 1xLED205S/840 WB (1.000)	20500	20500	198.0
<b>Yhteensä:</b>			<b>11507000</b>	<b>Yhteensä: 13727000</b>	<b>112572.0</b>

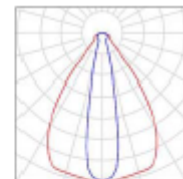
36 Kappale PHILIPS BVP650 G2 30K 1xECO/740 S  
 Tavarnumero:  
 Valovirta (Valaisin): 26700 lm  
 Valovirta (Lamput): 30000 lm  
 Valaisimien teho: 244.0 W  
 Valaisinten luokittelu CIE: 100  
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 76  
 92 99 100 89  
 Varustus: 1 x ECO/740/- (Korjaustekijä 1.000).



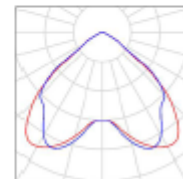
180 Kappale PHILIPS BVP651 60K 1xECO/740 S  
 Tavarnumero:  
 Valovirta (Valaisin): 49800 lm  
 Valovirta (Lamput): 60000 lm  
 Valaisimien teho: 488.0 W  
 Valaisinten luokittelu CIE: 100  
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 78  
 90 98 100 84  
 Varustus: 1 x ECO/740/- (Korjaustekijä 1.000).

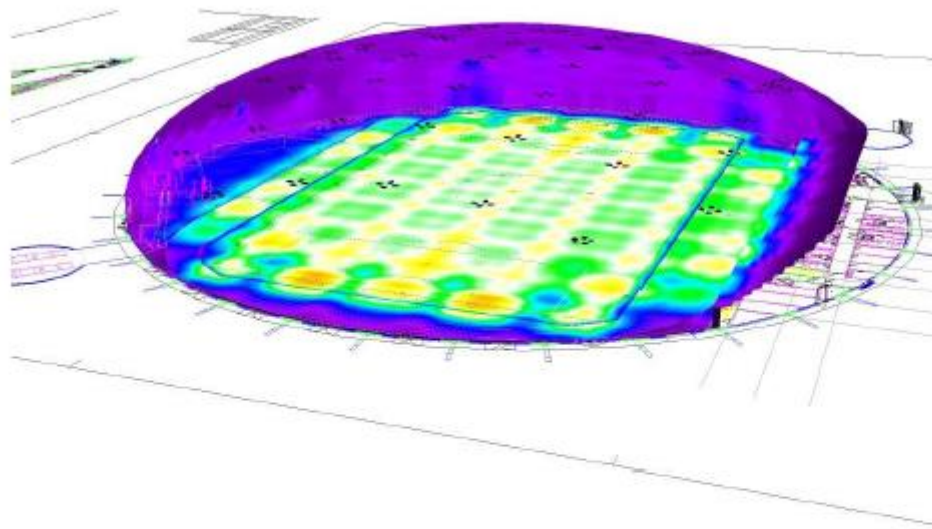


24 Kappale PHILIPS BVP651 65K 1xECO/740 S  
 Tavarnumero:  
 Valovirta (Valaisin): 53950 lm  
 Valovirta (Lamput): 65000 lm  
 Valaisimien teho: 549.0 W  
 Valaisinten luokittelu CIE: 100  
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 78  
 90 98 100 84  
 Varustus: 1 x ECO/740/- (Korjaustekijä 1.000).



14 Kappale PHILIPS BY121P G2 1xLED205S/840 WB  
 Tavarnumero:  
 Valovirta (Valaisin): 20500 lm  
 Valovirta (Lamput): 20500 lm  
 Valaisimien teho: 198.0 W  
 Valaisinten luokittelu CIE: 100  
 Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 63  
 95 100 100 100  
 Varustus: 1 x LED205S/840/- (Korjaustekijä 1.000).

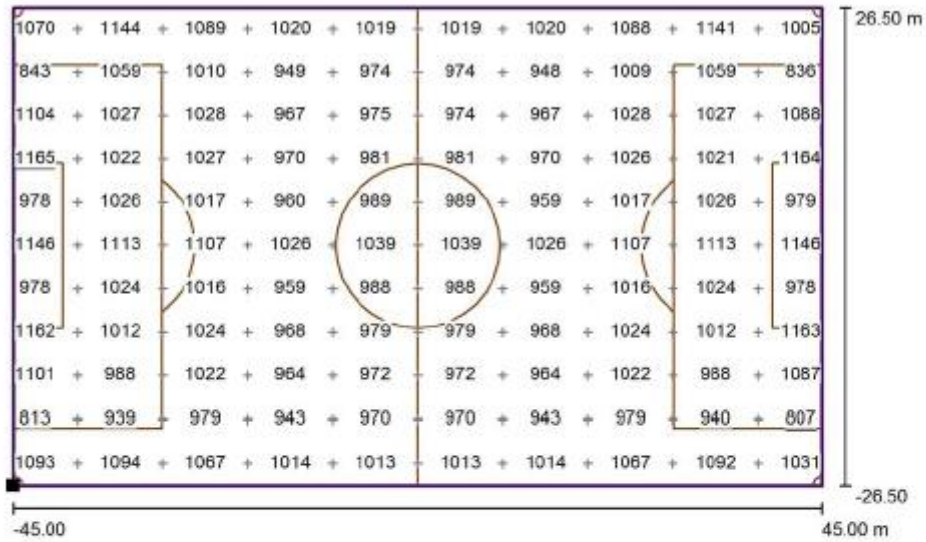




lx



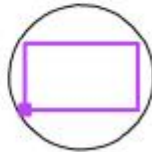
Halli / Jalkapallokenttä / Arvokaavio (E, kohtisuora)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 644

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:  
Merkitty piste: (-45.000 m, -26.500 m, 0.000 m)



Rasteri: 19 x 11 Pisteet

$E_m$  [lx]  
1000

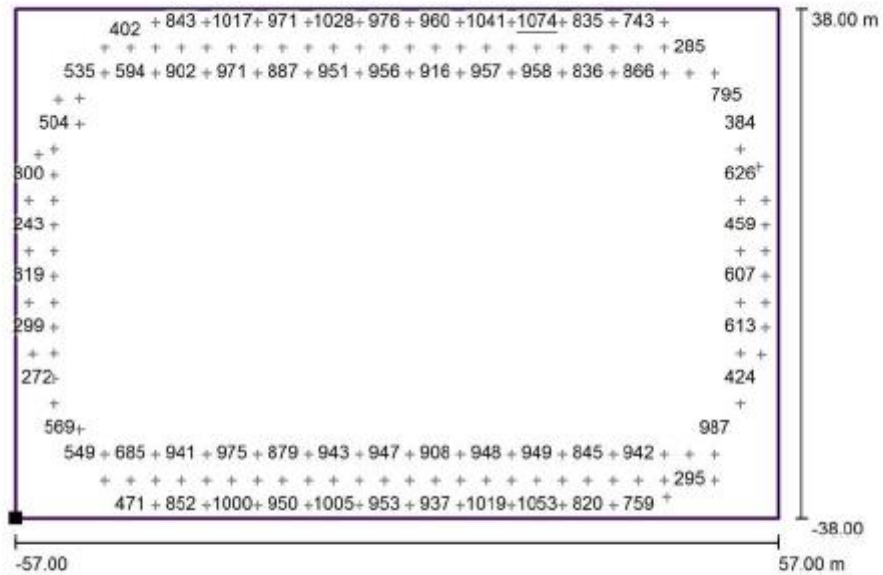
$E_{min}$  [lx]  
807

$E_{max}$  [lx]  
1165

$E_{min} / E_m$   
0.81

$E_{min} / E_{max}$   
0.69

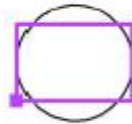
Halli / Juoksurata / Arvokaavio (E, kohtisuora)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 865

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:  
Merkitty piste: (-57.000 m, -38.000 m, 0.010 m)



Rasteri: 194 Pisteet

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
766	242	1074	0.32	0.23

## Tekniset tiedot: BY120P / BY121P

<b>Luokitukset</b>	IP65, IK08, 650/5, F, suojausluokka I, CE
<b>Jännite</b>	230V / 50–60 Hz
<b>Käyttölämpötila</b>	–30°...+40 °C
<b>Materiaali</b>	Runko painevalettua alumiinia Kupu: tasolasi
<b>Väri</b>	Harmaa (RAL 7035)
<b>Asennus</b>	Ripustuskoukku (sis. toimitukseen) Seinä- ja kattokiinnikkeet saatavana lisävarusteena
<b>Kytkenä</b>	Ulkoinen IP65-pistoliitin, -o 3x2,5 mm <sup>2</sup>
<b>Valaisimen valovirta</b>	10 500 lm (BY120P) 20 500 lm (BY121P)
<b>Valaisimen ottoteho</b>	100 W (BY120P) 198 W (BY121P)
<b>Valaisimen valotehokkuus</b>	Jopa 105 lm/W
<b>Valaisimen elinikä</b>	L <sub>70</sub> B <sub>50</sub> 50 000 tuntia L <sub>80</sub> B <sub>50</sub> 30 000 tuntia
<b>Väriämpötila ja värintoistoindeksi</b>	4 000 K Ra >80
<b>Optiikka</b>	Linssioptiikka, leveä valonjako WB 2x50°
<b>Liitäntälaitte</b>	PSU - ei säädettävä
<b>Valonsäätö</b>	Ei himmennettävissä
<b>Max. kpl liitäntälaitteita</b>	BY120P: 11 kpl
<b>B-tyyppin 16A-johdonsuojalla</b>	BY121P: 4 kpl

## Tekniset tiedot: BVP650, BVP651

	BVP650	BVP651 Large
Paino	16 kg	24 kg
Vari	Harmaa alumiini (RAL 9007)	Harmaa alumiini (RAL 9007)
Materiaali	Runko painevalettua alumiinia Kupu karkaistua lasia	Runko painevalettua alumiinia Kupu karkaistua lasia Linssit: PMMA
Jännite	220–240 V / 50–60 Hz	120–277 V / 50–60 Hz
Luokitukset	Luokka I ja II, IP66, IK09	Luokka I ja II, IP66, IK09
Asennus	Sangan avulla	Sangan avulla
Kytkenä	Pikaliitin	Pistoliitin (5-napainen)
Ledien valovirta	6 000–30 000 lm	31 000–65 000 lm
Valaisimen valovirta	5 292–26 910 lm	19 601–58 091 lm
Teho	45–244 W	252–549 W
CLO	Saatavissa, lisasaasto jopa 10 %	Saatavissa, lisasaasto jopa 10 %
Järjestelmän tehokkuus	Jopa 118 lm/W	Jopa 124 lm/W
Varilämpötila	3 000 K, 4 000 K	3 000 K, 4 000 K
Varintoistoindeksi (Ra)	> 80 (3 000 K), > 70 (4 000 K)	> 80 (3 000 K), > 70 (4 000 K)
Valaisimen elinikä – $L_{50}B_{50}$	70 000 tuntia	> 70 000 tuntia
Optiikka	S (symmetrinen) DS (symmetrinen tunneli) OFA52 (epäsymmetrinen) OFRI-6 (katuvalaistusoptiikka)	S (symmetrinen) OFA52 (epäsymmetrinen) A60 (epäsymmetrinen 60°) A28-MB (epäsymmetrinen leveä) NB (symmetrinen kapea)
Himmennys	DynaDimmer, DALI, 1–10 V, verkkovirtahimmennys ja SDU-rele	Vakiovalovirta (CLO), DALI, DynaDimmer, CityTouch