

Niko Viljander

Valaistussuunnittelun toteutustapojen ja ohjelmien vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

12.04.2017

Tekijä Otsikko	Niko Viljander Valaistussuunnittelun toteutustapojen ja ohjelmien vertailu
Sivumäärä Aika	48 sivua + 4 liitettä 12.04.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jarno Nurmio Osastopäällikkö Jonne Järvinen
<p>Insinööri työ on tehty Insinööritoimisto Stacon Oy:n toimeksiantona. Työn tarkoitus oli dokumentoida kolmen eri kohteen valaistussuunnittelun osuus sekä arvioida suunnittelussa käytettyjä ohjelmia ja vertailla suunnitteluohjelmien keskinäistä toimintaa.</p> <p>Työssä tutkittiin erilaisia julkisten tilojen valaistusratkaisuja. Työn aikana syntyi täydet sähkösuunnitelmat toteutussuunnittelua varten esimerkkikohteiden tiloihin. Insinööri työssä raportoidaan ainoastaan valaistuksen osuutta kyseisissä projekteissa.</p> <p>Insinööri työ tehtiin valaistusalan kirjallisuuden ja omien kokemusten pohjalta. Lähdemateriaalina toimi sisävalaistusstandardi, ST-kortit, Valoakatemia seminaariesitykset sekä valaisinvalmistajien internet-sivut, tuote-esitteet ja suunnitteluoppaat.</p> <p>Työssä tutustuttiin Stress Free Area -konseptiin, jossa monialaisen suunnittelun avulla pyritään poistamaan negatiivisia ärsykeitä suunniteltavista tiloista. Tuloksena syntyi suunta antava ohje stressivapaiden tilojen valaistuksen suunnittelusta.</p> <p>Sähkösuunnitteluohjelmistojen ja valaistuskantaan käytettävien ohjelmien vertailu ja arviointi perustui omiin käyttökokemuksiin ohjelmien kanssa. Suunnitteluohjelmien vertailussa saatiin selville mitkä ohjelmista ovat hyödyllisimpiä ja kuinka niiden käytön kanssa tulisi edetä.</p>	
Avainsanat	valaistus, Stress Free Area, julkiset tilat, CADS, MagiCad, DIALux

Author Title	Niko Viljander Comparing Solutions and Programs Used in Lighting Planning
Number of Pages Date	48 pages + 4 appendices 12 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Jarno Nurmio, Senior Lecturer Jonne Järvinen, Head of Department
<p>This thesis was done for Insinööritoimisto Stacon Oy. The aim of the thesis was to document three different public sector jobs. The designing programs used in these jobs were evaluated and their compatibility with each other was tested.</p> <p>During the project full electric plans were created for these example jobs. In this thesis the focus is mainly on the lighting aspects of these jobs.</p> <p>This thesis was created with lighting literature and my personal experiences. Source material consisted of indoor lighting standard: Light and Lighting – The Lighting of work places, the seminar presentations of Valoakatemia and luminaire manufacturer's internet pages, data sheets and designing instructions.</p> <p>Stress Free Area concept was studied for the thesis. Core idea of this concept is that all different fields of designing are considered. The aim is to free these spaces of negative stimulus. As a result a directional guide was created on how to approach lighting planning in stress free spaces.</p> <p>The evaluations of electrical designing programs and lighting designing programs used in this project is based on my own experiences. The end result is an evaluation of these programs and some guidelines on how to use these programs more efficiently in the future.</p>	
Keywords	lighting, Stress Free Area, public sector, CADs, MagiCAD, DIALux

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistustekniikan perusteita	2
3	Valaistussuunnittelu	6
3.1	Valaistuksen tehtävät	6
3.2	Ledivalaistus	7
3.3	Valaistuksen ohjaus	8
3.4	DALI-liitäntästandardi	9
3.5	Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1	10
4	Käsiteltävät suunnitteluohjelmistot	16
5	Stress Free Area	18
6	Esimerkkikohteet	20
6.1	Esimerkkikohde 1	20
6.2	Esimerkkikohde 2	24
6.3	Esimerkkikohde 3	29
7	Arviointi ja vertailu	31
7.1	Stress Free Area -konseptin arviointi	31
7.2	DIALux 4.13 ja DIALux evo 6.2	33
7.3	CADS 17 ja MagiCAD Electrical 2016.11	38
7.3.1	Yhteensopivuus DIALuxin kanssa	39
7.3.2	Valaisimen valinta	40
7.3.3	Johtopäätökset	42
8	Pohdinta	44
	Lähteet	46

Liitteet

Liite 1. Esimerkkikohde 1 – vahvavirtajohdotuspiirustus, osapohja

Liite 2. Esimerkkikohde 2 – DIALux evo valaistuslaskelmat

Liite 3. Esimerkkikohde 2 – DIALux 4.13 valaistuslaskelmat

Liite 4. Esimerkkikohde 3 – vahvavirtajohdotuspiirustus, osapohja, MagiCad

Lyhenteet

CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
CCT	Correlated Color Temperature, vastaava värilämpötila.
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage, kansainvälinen valaistuskomissio.
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, eurooppalainen sähköalan standardoimisjärjestö.
DALI	Digitally Addressable Lighting Interface on digitaalinen valaistuksen ohjausväylä.
LED	Light Emitting Diode, puolijohde joka säteilee valoa.
SDCM	Standard Deviation Colour Matching, MacAdam-järjestelmä, joka kuvaa valon värilaatua.
SFS	Finlands Standardiseringsförbund, Suomen Standardoimisliitto.
SESKO	Suomen sähköteknillinen standardisoimisyhdistys.
STF	Rakenteen sisältävä tiedostomuoto.
TW	Tunable White, valon värilämpötilan säätö.
UGR	Unified Glare Rating, häikäisyindeksi.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on valaistussuunnittelun eri vaiheiden toteuttaminen ja suunnitteluohjelmistojen keskinäinen vertailu. Aluksi esitellään valaistuksen perusasioita ja kerrotaan millaisten tietojen perusteella valaistussuunnittelua toteutetaan. Työssä kerrotaan myös sisävalaistusstandardista, joka toimii pohjana kaikelle sisävalaistuksen suunnittelulle.

Suunnitteluohjelmat, joita työssä käsitellään ovat CADS 17, MagiCAD Electrical 2016.11 for AutoCAD 2017, DIALux 4.13 sekä DIALux evo 6.2. Työssä tutkittiin ohjelmista löytyviä ominaisuuksia ja ohjelmien keskinäistä soveltuvuutta.

Insinööriyö sisältää kolme erilaista esimerkkikohdetta. Tilat ovat julkisia kohteita, joita iso osa suunnittelijoista kohtaa työssään. Kohteista esitellään suunniteltavat tilat, valaisimet, valaistuksen ohjaustapa ja se, kuinka näihin ratkaisuihin päädyttiin.

Ensimmäinen esimerkkikohde on Stress Free Area -konseptilla toteutetut opetustilat. Kohteen toteutus käydään läpi ja pohditaan millaisia positiivisia vaikutuksia stressivapaa tila voi tarjota sen käyttäjille.

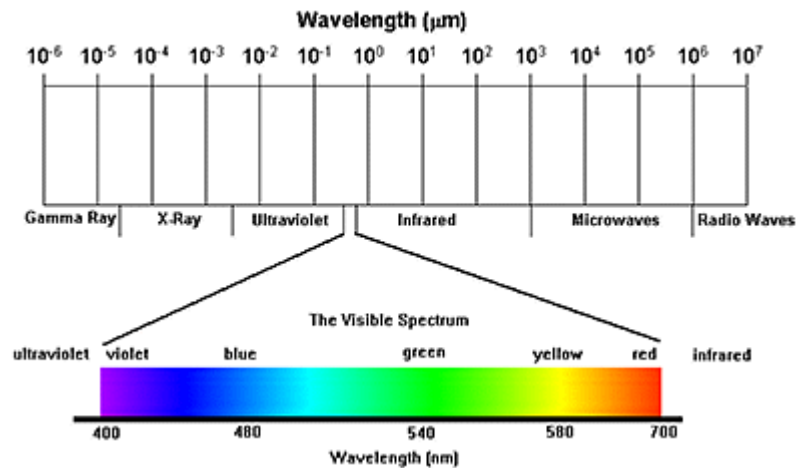
Ensimmäistä esimerkkikohdetta käytetään stressivapaan toteutuksen arvioimiseen ja konseptin mahdollisuuksia ja kannattavuutta tutkitaan. Toisen esimerkkikohteen tilojen avulla verrataan DIALux 4.13:n ja DIALux evon avulla tehtyjä valaistuslaskelmia ja ohjelmien toimintaa. Kolmas esimerkkikohde toimii mallina CADS 17:n ja MagiCAD Electrical 2016.11:n välisiä valaistussuunnittelun liittyviä ominaisuuksia verrattaessa.

Työssä kerrotaan millaisia haasteita suunniteltavat kohteet tarjoavat ja saavutetaanko sellainen valaistusratkaisu, johon alun perin pyrittiin.

Insinööriyö toteutetaan Insinööritoimisto Stacon Oy:lle. Työn aiheen valintaan vaikutti Insinööritoimisto Staconin käyttöön ottama MagiCAD Electrical -lisenssi. Työn ohessa on tarkoituksena tutustua ohjelman toimintaan ja asetuksiin.

2 Valaistustekniikan perusteita

Valo on sähkömagneettista säteilyä. Sähkömagneettisen spektrin osa, jonka ihmissilmä voi nähdä kutsutaan näkyväksi valoksi, jonka aallonpituus vaihtelee 400–760 nanometrin välillä. Näkyvän valon aallonpituusalueen eri osat vastaavat spektrin eri värejä kuvan 1 mukaisesti. [1, s.2.]



Kuva 1. Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituudet. Ihmissilmä näkee parhaiten keltavihreää valoa, jonka aallonpituus on noin 555 nanometriä. [1, s.2.]

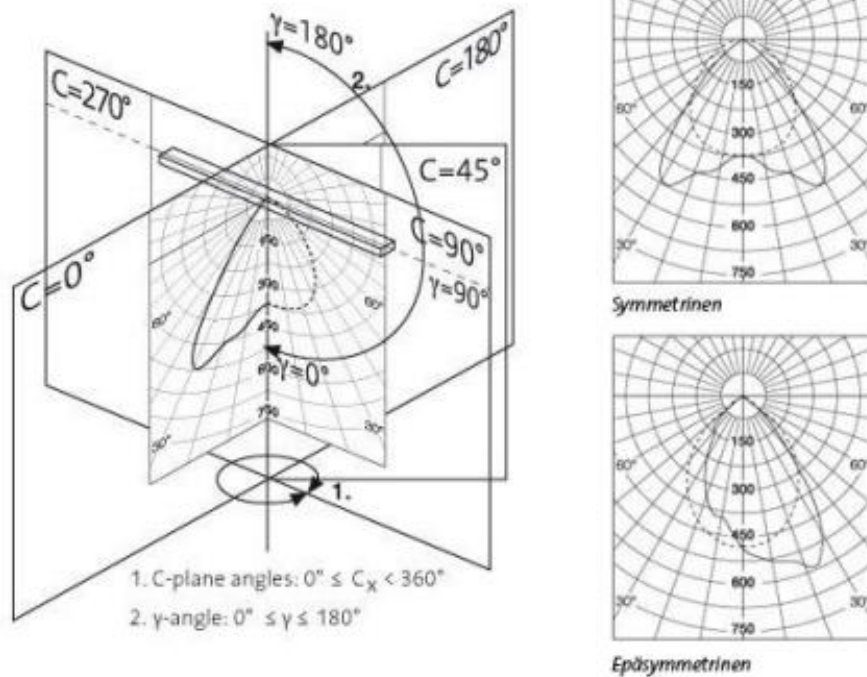
Valovirta Φ

Valovirta on suure, joka kuvaa kuinka paljon näkyvää valoa valonlähde säteilee painotettuna ihmissilmän suhteellisella herkkyydellä. Valovirtaa käytetään lampujen ja valaisimien valontuoton kuvaamiseen. Valovirran SI-järjestelmän mukainen tunnus on Φ (fii) ja mittayksikkö lumen (lm). [1, s.4.]

Valovoima I_v

Valovoima kuvaa, kuinka suuren osan valovirrasta valaisin lähettää määrättyyn suuntaan. Valovoiman SI-järjestelmän mukainen tunnus on I_v ja sen yksikkö on kandela (cd). Valovoiman avulla ilmaistaan valaisimien valonjako-ominaisuuksia, yleensä valonjakokäyrän avulla. Valonlähteen valovoima voi olla erittäin suuri tiettyyn suuntaan, vaikka kokonaisvalovirta olisikin pieni (esimerkiksi valokuitu). Valaisimen yhtenä tarkoituksena on ohjata valovirtaa haluttuihin suuntiin. Valonjakokäyrä kuvaa, miten valaisin ohjaa valoa, eli mikä on valaisimen valovoima eri suuntiin. Yksi kandela vastaa noin tavallisen kynttilän lähettämää valovoimaa. [2.]

Valonjakokäyrä



Kuva 2. Esimerkki valaisimen valonjakokäyrästä. [3.]

Valonjakokäyrässä valonlähteen valovoima on esitetty napakoordinaatistossa kuvan 2 mukaisesti. Koordinaatistossa valonlähde (valaisin tai lamppu) on keskipisteenä. Valonjakokäyrä piirretään usein pitkittäisakselin (C0–C180) ja poikittaisakselin (C90–270) suunnasta. Valonjakokäyrä esitetään yleensä suhteellisena (cd/klm) valonlähteen tuhatta lumenia kohden. Kuvassa 2 on esimerkit symmetrisestä ja epäsymmetrisestä valonlähteestä. Jos valonjakokäyrä ylittää 90 asteen kulman, tarkoittaa se, että valaisin antaa valoa myös ylöspäin. [3.]

Valaistusvoimakkuus E

Valaistusvoimakkuus kuvaa pinnalle tulevaa valovirtaa pinta-alayksikköä kohti. Valaistusvoimakkuuden SI-järjestelmän mukainen tunnus on E ja sen yksikkö on lm/m² eli luks (lx). Valaistusvoimakkuus on yleisin valaistussuunnittelussa käytetty suure, koska luksit ovat helposti laskettavissa ja asennuksen valmistuttua myös mitattavissa. Valaistusvoimakkuutta kuvaa siis kaava 1. [4.]

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (1)$$

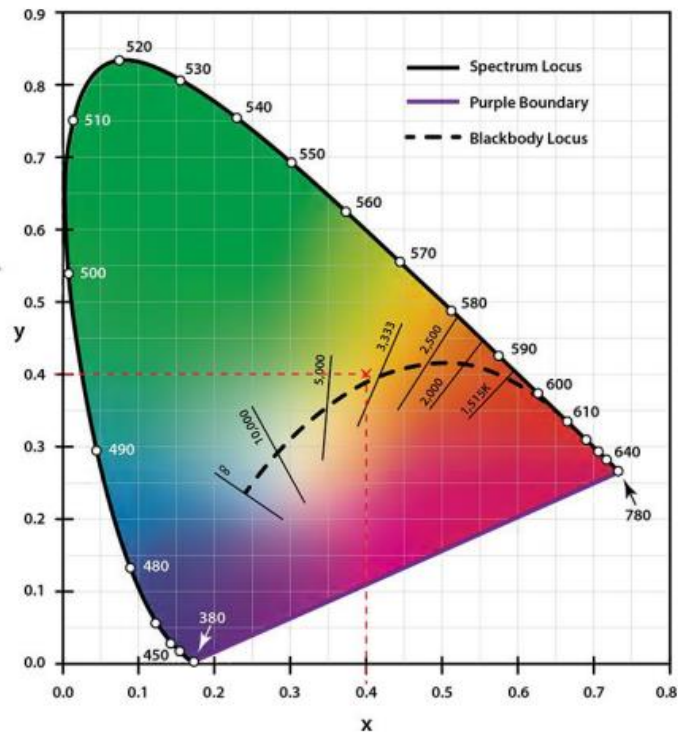
Luminanssi L

Luminanssi kuvaa sitä, kuinka valoisana tai kirkkaana jokin pinta välittyy havaitsijan suuntaan. Luminanssin SI-järjestelmän mukainen tunnus on L ja yksikkö cd/m^2 eli kandela per neliometri. Riittävä valaistusvoimakkuus on edellytys näkemiselle, mutta se ei kerro, kuinka hyvin henkilö näkee. Näkeminen perustuu suurelta osin luminanssieroihin ja niistä syntyvään luminanssikontrastiin. [1, s.9.]

Väriominaisuudet

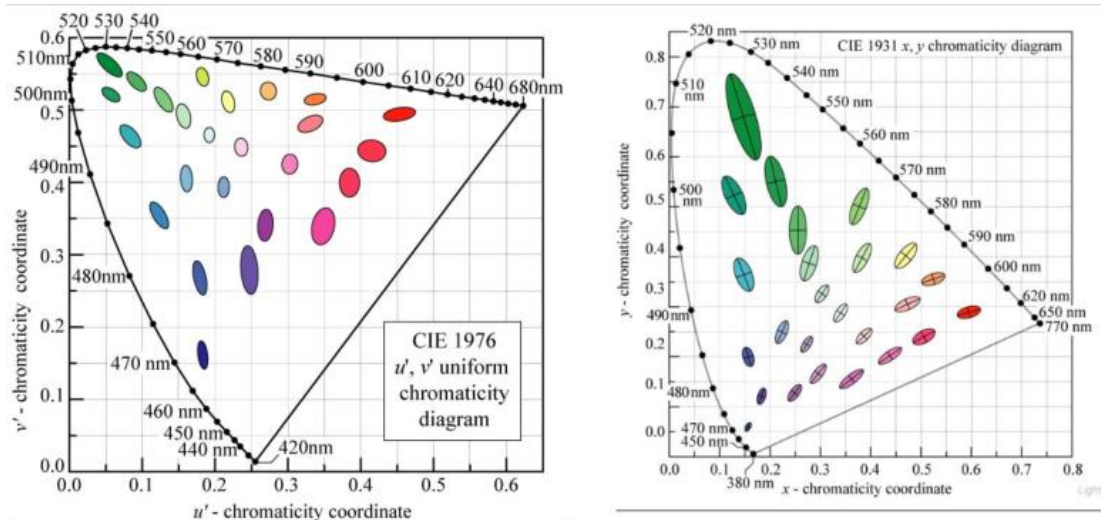
Valonlähteen väriämpötilan yksikkö on kelvin (K). Kelvin-asteikko on alun perin suunniteltu hehkuvan mustan kappaleen värin mittaamiseen. Vanhoissa hehkulampuissa arvo oli helppo tulkita, koska hehkulangan väriämpötila oli verrannollinen hehkulangan todelliseen lämpötilaan. Ilman hehkulankaa toimivissa valonlähteissä, kuten ledeissä, käytetään vastaavan väriämpötilan laskentaa (CCT).

Väriavaruuteen sijoitettu käyrä on Planckin säteilijä. Käyrä näyttää mustan hehkuvan kappaleen väriämpötilan kelvin-asteina suhteutettuna CIE 1931 -väriavaruuteen. Kun valitun valonlähteen värikylläisyys on mitattu, saadaan värikoordinaatistoon sovellettavat x- ja y-arvot. Valonlähteen väriämpötila määräytyy siitä kohdasta, missä x- ja y-akselien leikkauspiste leikkaa jonkun isoterminen linjan ja edelleen väriämpötila määräytyy siitä kohdasta, jossa tämä isoterminen linja leikkaa Planckin käyrän kuvan 3 mukaisesti. [5.]



Kuva 3. CIE:n väriavaruus vuodelta 1931 [5.]

MacAdamin ellipsi on yhdysvaltalaisen fyysikon David Lewis MacAdamin mukaan nimetty värilaadun arviointijärjestelmä. LED-valonlähteiden värilaatu eli värilämpötilan tarkkuus on ilmaistu asteikolla 0–10. MacAdamin ellipseillä viitataan väriavaruuden alueeseen, joka sisältää kaikki ne värit, joita ihminen ei pysty erottamaan ellipsin keskellä sijaitsevasta väristä. MacAdamin ellipsit skaalataan usein suuremmiksi, esimerkiksi 3-, 5- tai 7-kertaisiksi. CIE 1976 -väriavaruus soveltuu ellipsien tarkasteluun paremmin kuin epätasajakoinen CIE 1931 -väriavaruus, jossa etenkin vihreät sävyt esiintyvät vääristyneinä kuten kuvasta 4 nähdään. MacAdam SDCM -arvo (Standard Deviation Colour Matching) kertoo valonlähteen värilämpötilan tasaisuuden. Ilmoitettu arvo, esimerkiksi MacAdam 3 SDCM, kertoo ellipsin suuruuden, eli kuinka suurta poikkeamaa nimellisestä värilämpötilasta voidaan odottaa. Mitä alhaisempi luku on, sitä vähemmän arvo poikkeaa nimellistä värilämpötilasta. Sisävalaistuksessa hyväksyttävänä arvoina pidetään MacAdam 3–5 SDCM, kun taas ulkotiloissa värilaaduksi riittää yleensä MacAdam 7 SDCM. [5.]



Kuva 4. MacAdamin ellipsit CIE 1976-väriavaruudessa (vasemmalla) ja CIE 1931 väriavaruudessa (oikealle). Molemmissa taulukoissa ellipsit on skaalattu 10-kertaisiksi alkuperäiseen kokoon nähden. [6.]

3 Valaistussuunnittelu

3.1 Valaistuksen tehtävät

Valaistuksen tärkein tehtävä on saada aikaan hyvät näkemisolosuhteet. Valaistuksen on myös luotava turvalliset ja miellyttävät olosuhteet tilan käyttäjille. Valaistusta suunniteltaessa on aina ensin selvitettävä, mitä suunniteltavassa tilassa on tarkoitus tehdä. Kun tilan käyttötarkoitus on selvitetty, voidaan valoa jakaa sinne, missä sitä tarvitaan. Valaistuksen ohjaus on myös erittäin tärkeä osa onnistunutta valaistussuunnittelua.

Hyvin suunnitellulla valaistuksella voidaan saada aikaan myös paljon muuta kuin näkemiseen tarvittavat perusteet. Ihminen pitää valoa luontaisesti positiivisena asiana ja valolla onkin useita ihmisen hyvinvointia edistäviä ominaisuuksia. [3.]

Valaistusvoimakkuus on yleensä ensimmäinen asia, jota tarkastellaan, kun suunnittelua ollaan aloittamassa. On syytä kuitenkin muistaa, että vaikka valoa olisikin tarpeeksi, ei valaistus ole välttämättä onnistunut. Valo ei saa häiritä tilassa suoritettavaa työtehtävää.

Valaistusjärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon valaistuksen laatu, turvallisuus, käytettävyys, miellyttävyys, muunneltavuus ja energiatehokkuus.

Valaistuksen laatutekijöitä ovat esimerkiksi kiiltokuvastuminen, luminanssisuhteet, häikäisy, varjonmuodostus ja värintoisto. Tilan käyttötarkoitus määrittää kyseiset laatutekijät ja valaistusstandardit esittävät niille vaatimuksia. [7, s.14.]

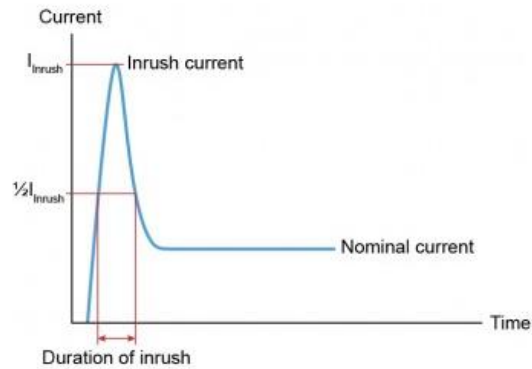
3.2 Ledivalaistus

Ledivalaistuksen suosio kaikenlaisissa kohteissa on lisääntynyt jo pitkään, ja se lisääntyy yhä kiihtyvällä tahdilla. Yksi suurimmista syistä tähän on ledien hyvä energiatehokkuus, jolla saavutetaan kustannussäästöjä ja vähennetään ympäristövaikutuksia.

Nykyinen LED-teknologia mahdollistaa erilaisten väri- ja valaistusteknisten ideoiden toteuttamisen. Ledivalojen kehityksen myötä myös värilämpötilansäätöä on ruvettu hyödyntämään erinäisissä tiloissa. Esimerkiksi on mahdollista luoda värilämpötiltaan päivänvaloa vastaavaa 5500 K:n valkoista valoa vireystilan kohottamiseksi päivällä ja säätää saman tilan valaistus 3000 K:n värilämpötilaan illalla, kun halutaan rauhoittaa.

LED-teknikka on vaikuttanut merkittävästi myös valaisimien muotoon, koska valaisimia ei tarvitse enää muotoilla pyöreän polttimon ympärille. Nykyään etenkin julkisissa tiloissa paljon käytetyt vain muutaman sentin korkuiset paneelivalaisimet on mahdollistanut valaisimien integroinnin tilan rakenteisiin. [8.]

Muuttunut teknologia aiheuttaa myös haasteita. Ledivalaisimet aiheuttavat syttyessään huomattavasti suuremman kytkentävirrän kuin esimerkiksi vanhat hehkulamput. Kytkentävirralla tarkoitetaan lyhytaikaista virtapiikkiä, joka syntyy kun valaisin sytytetään (kuva 5). Ledien ja energiansäästölamppujen kohdalla puhutaan paljon suuremmista kytkentävirroista kuin mitä esimerkiksi hehkulamput aiheutui. Hehkulamput aiheuttavat noin kymmenkertaisia kytkentävirroja nimellisvirtaan nähden, mutta ledit voivat kapasitiivisten ominaisuuksiensa vuoksi aiheuttaa jopa 1000 kertaa nimellisvirran suuruisen virtapiikin [9]. Tämä ilmiö tuli esille toisen esimerkkikohteen avokonttorin valaistusta suunniteltaessa. Ongelmaan oli varauduttu, ja se hoitui helposti johdonsuojakatkaisijaa vaihtamalla.



Kuva 5. Ledien käynnistymisvirran kuvaaja. Pystyakseli osoittaa virran ja vaaka-akseli ajan. [10.]

3.3 Valaistuksen ohjaus

Valaistus on noin 19 % koko maapallon sähkönkulutuksesta. Valaistuksen järkevä ohjaaminen on helppo ja välitön tapa säästää energiaa. Tarkoituksenmukaisella valaistuksen ohjauksella voidaan päästä jopa 70 % säästöihin.

Kun valaistusta säädetään, on tavoitteena yleensä joko energian säästö tai tilan sopeuttaminen tietynlaiseen käyttöön. Säättämisen tarkoituksena voi olla myös esimerkiksi huomion herättäminen tai visuaalisen tunnelman luominen. [11, s.3–5.]

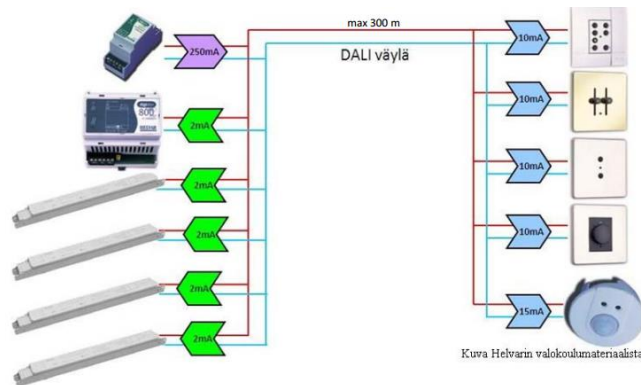
Valaistuksen ohjaus voidaan jakaa määrälliseen ohjaukseen ja käyttöajan ohjaukseen. Käyttöajan ohjauksella valaistusta ohjataan käyttötarpeen mukaisesti, eli pyritään toimimaan niin, että valaistus on päällä ainoastaan silloin kun tilaa käytetään. Ohjaus voi tapahtua esimerkiksi tilasta löytyvällä kytkimellä, hämäräkytkimellä, läsnäolo-ohjauksella, liiketunnistimella tai kello-ohjauksella.

Määrällisen ohjauksen ideana on valaistuksen säätäminen tarpeen mukaan niin, että saatavilla olevan päivänvalon lisäksi käytetään valaistusta vain sen verran, että valaistusvaatimukset täyttyvät. Määrällisen ohjauksen voi toteuttaa esimerkiksi manuaalisella himmennyksellä, tilanneohjauksella tai poissaolovalauksella, jossa valaistus himmennetään läsnäolon mukaan pienemmälle tasolle. [12.]

3.4 DALI-liitännästandardi

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on yleinen liitännästandardi himmennettäville elektronisille liitännälaitteille. DALI kehitettiin suurien valaisin- ja liitännälaittevalmistajien toimesta 1990-luvun lopussa. Järjestelmä perustettiin analogisen 1–10 V:n järjestelmän seuraajaksi. Tarkoituksena oli luoda yksinkertainen järjestelmä, jonka ominaisuuksia käyttäjät oppisivat hyödyntämään jo lyhyen käyttökokemuksen jälkeen.

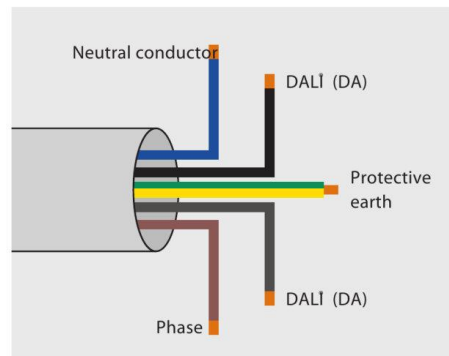
DALI on suunniteltu erityisesti valaistuksen ohjausta varten. Järjestelmän perusajatuksena on, että jokaista liitännälaitetta voidaan ohjata erikseen, eli jokaisella laitteella on oma uniikki osoite. DALI-verkossa liitännälaitteita voi olla 64 kappaletta, mutta myös useampien laitteiden kytkentä on mahdollista reitittimen avulla. Liitännälaitteita voidaan ohjata joko yksittäin 6-bittisen lyhytosoitteen (0–63) avulla tai koko väylää osoitteettomalla broadcast-käskyllä. Ilman reititintä järjestelmä voi sisältää enintään 16 ryhmää, joista jokaiselle voidaan ohjelmoida eri valaistustilanne. DALI-järjestelmä tarvitsee erillisen virtalähteen, jonka maksimivirta saa olla 250 mA. Väylän komponentit vaativat yleensä 2–20 mA virran. DALI ei tarvitse keskusyksikköä. Tarvittavat tiedot tallennetaan järjestelmän ohjaimiin ja liitännälaitteisiin, jotka voidaan halutessa ohjelmoida uudelleen. DALI-liitännälaitteeseen voidaan tallentaa esimerkiksi laitteen osoite, ryhmätiedot, minimi- ja maksimivalaistustasot ja säätöaika.



Kuva 6. Esimerkki DALI-väylän johdotuksesta. [13.]

Järjestelmän kaapelointi on yksinkertaista. DALI-johtimet voivat kulkea samassa kaapelissa verkkojännitteisten johtimien kanssa kuvan 7 mukaisesti. Johtimien haarojen maksimipituus on jännitteenalennuksen vuoksi 300 metriä, kun käytetään 1,5 mm²:n joh-

timia. Väyläpohjainen rakenne (kuva 6) yksinkertaistaa johdotusta ja helpottaa muutosten tekemistä. [13.]



Kuva 7. Yksinkertaistettu valaisinjohtuskaavio. [13.]

3.5 Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1

Valaistusstandardit määrittelevät määrälliset ja laadulliset vaatimukset useimmille sisä- ja ulkotyöpaikoille. Standardit antavat myös suosituksia hyvistä valaistustavoista.

Kun valaistusta ruvetaan suunnittelemaan kohteeseen, on tärkeää pitää huolta, että valittu ratkaisu täyttää kaikki sille standardissa asetetut vaatimukset, jos muuta ohjeistusta ei ole annettu. [7, s.10.]

Sisävalaistusstandardi perustuu CENELEC:n (European Committee For Electrotechnical Standardization) 2011 hyväksymään eurooppalaiseen EN-standardiin. Eurooppalainen standardi EN 12464-1 on vahvistettu myös suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi.

SFS-standardit ovat SESKO:n valmistelemlia ja SFS:n julkaisemia standardeja. [14.]

Valaistusvaatimukset jaetaan kolmeen ryhmään: näkömukavuuteen, näkötehokkuuteen ja turvallisuuteen. Kun nämä kolme asiaa täyttyvät, tilan valaistus on turvallisen tuntuinen ja tilassa on mahdollista suoriutua vaativistakin näkötehtävistä tehokkaasti. Valaistuksella pyritään myös vaikuttamaan positiivisesti ihmisten mielialaan, joka voi johtaa parempaan työnsuoritukseen. [7, s.14.]

Taulukko 1. Esimerkki toimistotiloille asetetuista vaatimuksista sisävalaistusstandardissa. [7, s.54.]

Taulukko 5.26 Toimistot

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	\bar{E}_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Erityisvaatimukset
5.26.1	Arkistointi, kopiointi, jne.	300	19	0,40	80	
5.26.2	Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	500	19	0,60	80	Tietokonenäytöt, katso 4.9
5.26.3	Tekninen piirtäminen	750	16	0,70	80	
5.26.4	CAD-työasemat	500	19	0,60	80	Tietokonenäytöt, katso 4.9
5.26.5	Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
5.26.6	Vastaanottotiski	300	22	0,60	80	
5.26.7	Arkistot	200	25	0,40	80	

Taulukon 1 suureet selitettynä:

- E_m on valaistusvoimakkuuden keskiarvon vähimmäisarvo.
- U_o on valaistuksen yleistasaisuuden vähimmäisarvo.
- UGR_L on häikäisyindeksin suurin sallittuarvo.
- R_a on värinointoindeksin vähimmäisarvo.

Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus työalueella ja sen ympäröivällä alueella on tärkeää, kun näkötehtävästä pyritään suoriutumaan turvallisesti ja tehokkaasti. Valaistusvoimakkuuden arvo 500 lx on yleinen vähimmäisvaatimus tarkkuutta vaativalle pitkäaikaiselle työlle. Esimerkiksi toimistotilat kuuluvat yleensä tämän määritelmän alle. Standardissa esitetyt valaistusvoimakkuuden arvot ovat vähimmäisarvoja eli niiden tulee täytyä koko asennuksen eliniän ajan. Standardissa esitetyt valaistusvoimakkuudet eivät kuitenkaan ole velvoittavia, vaan haluttu valaistustaso on tilaajan päätettävissä. Standardin vähimmäisarvoista ei silti poiketa kovin usein.

Jotta valaistuserot ovat havaittavissa, suositeltu valaistusvoimakkuusasteikko (lx) on standardin mukaan:

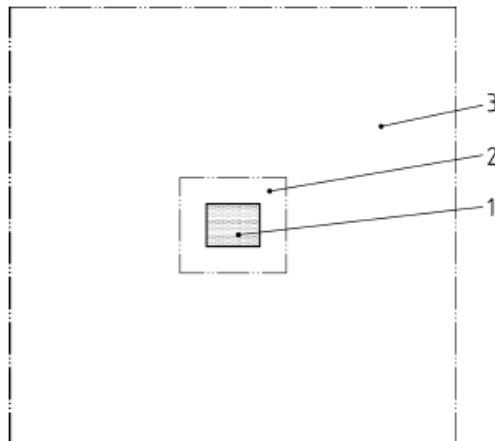
- 20–30–50–75–100–150–200–300–500–750–1000–1500–2000–3000–5000

Liian suuri valaistusvoimakkuus tilassa ei ole siltikään hyvä asia. Standardin mukaan tilan vaadittua valaistusvoimakkuutta voidaan kasvattaa yhden pykälän korkeammaksi valaistusvoimakkuusasteikolla, jos jokin seuraavista ehdoista täyttyy tilassa:

- Näkötehtävä on kriittinen.
- Virheet aiheuttavat suuria kustannuksia.
- Tarkkuus ja korkea tuottavuus ovat tärkeitä.
- Työntekijän näkökyky on keskimääräistä alhaisempi.
- Näkökohteen yksityiskohdat ovat poikkeuksellisen pieniä.
- Työtehtävää suoritetaan poikkeuksellisen pitkäkestoisesti.

Vaadittua ylläpidettävää valaistusvoimakkuuden arvoa voidaan alentaa kun

- näkökohde on poikkeuksellisen suuri tai sen kontrastit ovat suuret.
- työtehtävää suoritetaan poikkeuksellisen lyhytkestoisesti.



Kuva 8. Työalue, välitön lähiympäristö ja tausta-alue. [7, s.20.]

Välitön lähiympäristö on noin 0,5 m:n alue työalueen ympärillä kuvan 8 mukaisesti. Tausta-alue on noin 3 m: vyöhyke välittömän lähiympäristön jälkeen.

Standardissa annettu valaistusvoimakkuuden vähimmäisarvo tarkoittaa työalueen valaistusvoimakkuutta. Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus tulee olla suh-

teessa työalueen valaistusvoimakkuuteen. Suuret valaistusvoimakkuuden muutokset tilassa eivät ole hyväksi ihmiselle. Liian suuret kontrastit näkökentässä ovat näkemisen kannalta raskaita ja voivat väsyttää silmää. Välittömän lähialueen valaistusvoimakkuus saa olla pienempi kuin työalueella, mutta se ei saa alittaa sille asetettuja arvoja, jotka on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhde. [7, s.20.]

Taulukko 1 Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhde

Työalueen valaistusvoimakkuus E_{task} lx	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	E_{task}
100	E_{task}
≤ 50	E_{task}

Esimerkiksi toimistotilassa, jossa työalueen valaistusvoimakkuudeksi vaadittiin 500 lx, tulisi työaluetta ympäröivällä 0,5 m:n alueella olla vähintään 300 lx.

Tausta-alueen valaistusvoimakkuus tulisi olla noin 1/3 välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuudesta, eli tässä tapauksessa noin 100 lx. [7, s.16–22.]

Sylinterivalaistusvoimakkuus

Työpisteiden valaistuksen lisäksi myös tila, jossa ihmiset oleskelevat tulisi valaista. Kun tilan kohteet ja tekstuurit on valaistu hyvin, käyttäjät viihtyvät tilassa paremmin ja visuaalinen viestintä helpottuu. Sisävalaistusstandardissa on tiloille asetettu myös sylinterivalaistusvoimakkuuden minimiarvot. Sylinterivalaistusvoimakkuus kertoo kuvitteellisen tilaan sijoitetun sylinterin pystypinnalle tulevan valaistusvoimakkuuden. Keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus (E_z) on oltava aktiivisissa sisätiloissa vähintään 50 lx ja tasaisuus U_o yli 0,10 vaakatasossa 1,2 metrin korkeudella lattiatasosta. Tiloissa, joissa hyvä visuaalinen viestintä on tärkeää, kuten toimisto-, neuvottelu- ja opetustiloissa, tulee keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus olla vähintään 150 lx. [7, s.26.]

Valovirranalenema

Koska valonlähteiden valovirta vähenee käyttöönsä aikana, on valaistusvoimakkuuden määrä yleensä hieman ylimitoitettava. Valonlähteen valontuoton vähenemistä määrätyn ajan kuluttua kutsutaan valovirranalenemaksi (LLMF). Ledivalaisimien elinikä määritellään ajaksi, jonka kuluttua ledien tuottama valovirta on enää esimerkiksi 70 % alkuperäisestä valovirrasta. Tämä on merkitty ledimoduuleihin L70-merkinnällä. L-arvon lisäksi ledimoduuleille ilmoitetaan yleensä myös B- tai C-arvo. B-arvo ilmoittaa, kuinka suuri osa ledimoduuleista on laskenut alle L-arvon ilmoitetun tuntimäärän jälkeen. C-arvo tarkoittaa ledimoduulin kokonaan sammumista. Esimerkiksi merkintä C5 tarkoittaa, että 5 % moduuleista ei tuota valoa ollenkaan ilmoitetun tuntimäärän jälkeen. C-arvo on sisätiloihin asennettavilla ledimoduuleilla yleensä alle 1 %, eikä sitä yleensä tarvitse ottaa huomioon.

Esimerkiksi jos tuotteessa on merkintä L70B50 60 000 h, tarkoittaa se, että 60 000 tunnin kuluttua 50 %:ssa valaisimista valovirran määrä on laskenut alle 70 %:n. [15.]

Valaistusvoimakkuuden tasaisuus U_o

Näköhavainto perustuu pintojen luminanssien ja luminanssierojen havaitsemiseen. Luminanssierot johtuvat pintojen heijastussuhteista, eivätkä niinkään pintaan kohdistuvasta valonmäärästä. Tasaisuusvaatimuksilla varmistutaan, ettei valaistusvoimakkuus vaihtele liikaa tilan sisällä. Tasaisuus (U_o) määräytyy tilan minivalaistusvoimakkuuden suhteesta tilan keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen.

Lisäksi tilan seinien ja katon keskimääräiselle valaistusvoimakkuudelle ja tasaisuudelle on annettu vähimmäisarvot. Seinien keskimääräinen valaistusvoimakkuus tulee olla yli 50 lx ja katon yli 30 lx. Tasaisuuden tulisi olla yli 0,1. Valaistusvoimakkuuden tasaisuus saadaan kaavasta 2. [7, s.16–22.]

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_m} \quad (2)$$

- Välitön lähiympäristö: $U_o > 0,4$
- Tausta-alue: $U_o > 0,1$

Häikäisy (UGR)

Valaistuksen häikäisevyyttä sisätiloissa kuvaa UGR-arvo (UGR = Unified Glare Rating). Standardissa on esitetty suurin sallittu UGR-arvo eri tiloihin ja työtehtäviin. Mitä pienempi UGR-arvo standardissa on vaadittu, sitä paremmin häikäisysuojaus tulee tilassa toteuttaa.

UGR-arvo lasketaan taustaluminanssin, valaisimien luminanssien sekä valaisimien valaisevien osien ja niiden sijainnin perusteella.

Häikäisy on epämiellyttävä tunne, jonka aiheuttavat näkökentässä olevat kirkkaat kohteet kuten valaistut pinnat, valaisimien valonlähteet tai ikkunasta tuleva auringonvalo. On tärkeää, että häikäisyä rajoitetaan, sillä se voi häiritä näkösuoritusta ja rasittaa silmää. Häikäisyä tulee rajoittaa valaisimissa varjostimilla ja erilaisilla pintamateriaaleilla. Valaistusta suunniteltaessa pitää pyrkiä varmistamaan, ettei kiiltokuvastumista syntyisi liikaa, vaikka sen välttäminen kaikissa paikoissa onkin hankalaa. Kiiltokuvastumista tapahtuu, kun valo peilautuu esimerkiksi paperiarkista ja siihen painetuista merkeistä samalla tavalla niin, että kontrasti häviää miltei kokonaan ja paperia on hankala lukea. [16.]

Värintoistoindeksi (Ra)

Värintoistoindeksi kertoo kuinka hyvin värit toistuvat tietyn valonlähteen valossa. Värintoistoindeksin skaala on 0–100. 100 tarkoittaa, että värit toistuvat parhaalla mahdollisella tavalla ja näyttävät juuri sen värisiltä, kuin niiden pitääkin. 0 taas tarkoittaa sitä, että kaikki värit näyttävät mustavalkoisilta.

Värintoistoindeksi on kuitenkin ongelmallinen luku, sillä tapa, jolla se määritetään, on kyseenalainen. Referenssivalonlähteenä Ra-indeksin määrittämisessä käytetään hehkusäteilijää, ja siksi hehkulamppujen värintoistoindeksi onkin 100. Nykyinen värintoistoindeksi kuvaa siis vain sitä, kuinka lähellä tutkittavan valon värintoisto on vertailuvalonlähdettä. Testivärejä on käytössä vain kahdeksan, kun nykyistä Ra-indeksiä määritetään. Tämä mahdollistaa sen, että valaisinvalmistajat pystyvät säätämään valonlähteiden spektrit juuri niille sopivaksi.

Nykyinen värintoistoindeksi ei siis vastaa todellisuutta tarpeeksi hyvin. Uutta värintoistoindeksiä ollaan jo kehittämässä CIE:n (International Commission of Illumination) toimesta. CIE:n komitea on esittänyt, että nykyinen värintoistoindeksi korvataan paremmin todellisuutta vastaavalla tavalla. Useita erilaisia ehdotuksia on tehty Ra-indeksin

korvaajaksi. TM-30 testivärit on yksi esitetty metodi. TM-30:n tarkoituksena on lisätä testivärien määrää huomattavasti, eli noin 100 kappaleeseen. TM-30 indeksiä on ehdotettu CIE:n hyväksyttäväksi, mutta ehdotusta ei olla hyväksytty. Vanha Ra-indeksi säilyy käytössä vielä noin 2–3 vuotta. [17.]

Energiankulutus

Valaistus vastaa noin kolmasosaa koko julkisen sektorin sähkönkulutuksesta. Oikeilla valaistusratkaisuilla vaikutetaan siis merkittävästi julkisen sektorin energiankulutukseen.

Valaistushankintoja tehtäessä on tarkasteltava valaistuksen elinkaarikustannuksia investointihinnan sijasta. Valaistusratkaisun kokonaiskustannuksiin vaikuttavat esimerkiksi lamppujen ja valaisimien vaihto- ja huoltovälit. Valaisimien vaihto- ja huoltoväliin pituuteen vaikuttaa tilan käyttötarkoitus.

Yksi tapa vertailla kahden valaistusratkaisun elinkaarikustannuksia on valaistusalan toimijoiden ja Motivan kanssa yhdessä laadittu VALTTI-elinkaarikustannuslaskuri. [18.]

Energiatehokkaan valaistuksen toteuttamisessa suunnittelijoiden valinnat ovat isossa osassa. Yksinkertaisilla valinnoilla voidaan päästä merkittäviin tuloksiin: valitaan energiatehokkaat valaisimet, valaistusta ohjataan tarkoituksenmukaisesti ja pidetään huolta, että käyttäjät on opastettu riittävässä laajuudessa ohjaamaan tilan valaistusta. [19.]

Valaistus on suunniteltava täyttämään valaistusvaatimukset energiatehokkaalla tavalla. On kuitenkin tärkeää muistaa, että valaistusasennuksen luomista näköolosuhteista ei tingitä energiankulutuksen alentamiseksi. [8, s.32.]

4 Käsiteltävät suunnitteluohjelmistot

CADS Planner 17

Kymdata Oy on vuonna 1979 perustettu suomalainen yritys, joka on kehittänyt useita toimialakohtaisia CAD-ohjelmistoja (CAD = Computer aided design). CADS Planner on talotekniseen suunnitteluun tarkoitettu CAD-ohjelma. Sähkösuunnitteluun tarkoitettu CADS Planner Electric 17 on tässä insinööriyössä käytetty ohjelma. CADS käyttää

tallennusmuotonaan DRW:tä, mutta on yhteensopiva myös DWG-tiedostojen kanssa. [20.]

MagiCAD

Vuonna 1983 perustetun Progman Oy:n kehittämä MagiCAD on suomalainen CAD-ohjelmisto, joka on myös luotu taloteknistä suunnittelua varten. MagiCAD on saatavana AutoCad- ja Revit-pohjaisena. Tässä projektissa käytetty versio on MagiCAD for AutoCAD 2017 ja siihen on asennettu sähkösuunnitteluun tarkoitettu lisäosa MagiCAD Electrical. MagiCAD käyttää tallennusmuotonaan DWG:tä. [21.]

MagiCAD-lisenssi oli juuri hankittu Inisnööri-toimisto Staconille, kun olin aloittamassa tätä projektia. Työn sivutarkoitukseksi muodostuikin MagiCADin käytön opetteleminen.

DIALux 4

DIALux on ammattilaisille valaistuksen suunnitteluun ja laskemiseen kehitetty ohjelma. DIALux 4 on saksalaisen DIAL GmbH:n kehittämä ohjelma ja se on ollut käytössä jo vuodesta 2005. Sitä on kuitenkin päivitetty tasaisin väliajoin. Uusin versio ohjelmasta tällä hetkellä on 4.13. [22.]

DIALuxin suosio perustuu ohjelman ilmaisuuteen ja valaisinvalmistajien laajaan tukeen. Lähes kaikkien suurten valaisinvalmistajien internet-sivuilta tai DIALuxiin asennettavista tuoteluetteloista on mahdollista ladata valaisimien valonjakokäyriä, joiden avulla pystytään esittämään hyvin todellisuutta kuvaavia malleja ja laskelmia.

Valaistuslaskelmien avulla on tarkoitus varmistua, että tilan valaistus täyttää sille asetetut vaatimukset. DIALuxista on olemassa kaksi versiota: DIALux 4 ja DIALux evo.

DIALux evo

Keväällä 2012 DIAL GmbH julkaisi DIALux evo -ohjelman. Suurin ero DIALux 4 ja evon välillä on se, että DIALux evo on suunniteltu kokonaisten rakennusten ja piha-alueiden laskemiseen ja mallintamiseen, kun DIALux 4 oli tarkoitettu vain yksittäisten tilojen suunnitteluun. [22.]

5 Stress Free Area

Ajatus stressittömän suunnittelun konseptista johtaa juurensa 1990-luvun lopulle. Idean äiti on konseptisuunnittelija Margit Sjöroos, joka on pyrkinyt levittämään tietoisuutta stressittömistä tiloista jo vuosia. Konsepti on ainoa laatuaan koko maailmassa. Se on rekisteröity tavaramerkiksi Suomessa, EU:ssa, Yhdysvalloissa, Venäjällä ja Kiinassa.

Tavoitteena on vähentää negatiivisia fyysisiä stressitekijöitä ja ottaa huomioon ihmisten vaihtuvat vireystilat. Ideaalinen tila olisi siis aistiystavallinen, viihtyisä ja hyvin tilan käyttäjää palveleva. Tämä kaikki pyritään saavuttamaan moniaistisella ja poikkialaisella suunnittelulla. Konseptia voidaan soveltaa lähes kaiken tyyppisiin rakennuksiin.

Stressivapaan työympäristön suunnittelussa huomioidaan materiaalit, akustiikka, värit, muodot, valaistus sekä design.

Stressivapaan ympäristön rakennuspalikkoina tulisi käyttää pehmeitä valoja, silmäliikettä mukailevia kaarevia muotoja ja rauhoittavia värejä. [23.]

Ensimmäinen Stress Free Area -tila oli näytillä keväällä 2004 Gastro-messuilla Helsingin Messukeskuksessa. Kaikki valaistuksesta henkilökunnan vaatteisiin oli suunniteltu Sjöroosin vision mukaan. Idea otti nopeasti tuulta alleen. [24.]

Stress Free Area -konseptin mukaisia perusopetukseen tarkoitettuja tiloja on jo käytössä Helsingissä ainakin Vuosaarella ja Siltamäessä. Myös Espoossa, Aaltoyliopistossa, on opiskelijoiden käytössä Stress Free Area -konseptin mukaisia oppimistiloja. Tiloja rakennetaan jatkuvasti lisää ympäri Suomea. [25.]

Valaistus stressivapaassa tilassa

Hyvä valaistus auttaa työntekijöitä suoriutumaan tehtävistään ja vaikuttaa positiivisesti tilan viihtyvyyteen, käyttäjien vireystilaan sekä turvallisuuteen. [16.]

Stressivapaan tilan valaistuksen suunnittelussa tulisi suosia luonnonvaloa ja keinotekoisessa valaistuksessa epäsuoraa valoa. Epäsuoralla valolla on tarkoitus vähentää silmää rasittavia kontrasteja tilassa ja minimoida häikäisyä. Valaisimien muotojen tulisi olla kaarevia ja tilan estetiikkaa täydentäviä. Valaisinten tulisi olla väriltään vaaleita ja tilan värimaailmaan sopivia (kuva 9). [26.]

Monipuolisella valaistuksen säädöllä pystytään vastaamaan useisiin Stress Free Area-konseptin tavoitteisiin. Valaistuksenohjauksella voidaan saavuttaa vireystilan kohentamista, tilojen sopeuttamista erilaiseen käyttöön sekä muutoksia tilan värimaailmassa. [23.]

Stress Free Area -konseptissa valaistuksen toteuttaminen muistuttaa paljon ihmiskeskeisen valaistuksen peruseriaatteita. Tutkimuksia ja tietoa tulee jatkuvasti lisää valaistuksen vaikutuksista ihmiseen. Tutkimuksissa on erityisesti noussut esille valon vaikutus ihmisen tunteisiin, hyvinvointiin ja tuottavuuteen. Ihmiskeskeinen valaistus pyrkii ottamaan huomioon nämä valon ei-visuaaliset ominaisuudet. Tekniikan tohtori Henri Juslén kiteyttää ihmiskeskeisen valaistuksen käytännön ratkaisut seuraavasti:

"Laajojen tutkimusten mukaan ihmiskeskeisillä valaistusratkaisuilla voi vastata ihmisten emotionaalisiin tarpeisiin pelkäämään LED-valon kirkkautta, värilämpötilaa ja suuntaa säätämällä." [26.]

Ihmiskeskeinen valaistus on jatkuvasti kasvattanut suosiotaan viime vuosina ja sen odotetaan lisääntyvän merkittävästi vielä tämän vuosikymmenen aikana. Ihmiskeskeisellä valaistuksella tavoitetaan enemmän kuin pelkällä normien minimejä seuraavalla suunnittelulla. [28.]



Kuva 9. Esimerkki stressivapaan opetustilan valaistuksesta.

6 Esimerkkikohteet

6.1 Esimerkkikohde 1

Esittelemistäni esimerkkikohteista ensimmäinen sijaitsee Helsingissä. Suunnittelutyöhön sisältyi kuusi opetustilaa. Mielenkiintoisen kohteesta tekee se, että luokkahuoneet toteutetaan Stress Free Area -konseptilla.

Esimerkkikohteen 1 suunnittelu toteutettiin käyttäen CADS 17 -ohjelmaa. Valaistuslaskelmat toteutettiin DIALux evo -ohjelmalla.

Sisävalaistusstandardi asettaa perusopetukseen tarkoitetuille tiloille seuraavat vaatimukset: keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_m tulisi olla yli 300 lx, UGR-arvo alle 19, valaistuksen tasaisuus U_o yli 0,6 ja värintoistoindeksi 80 tai suurempi.

Kun kohteen suunnittelu aloitettiin, oli siis pidettävä mielessä Stress Free Area -konseptin tavoitteet ja ehdot. Valaistuksen kannalta tämä tarkoitti, että tiloihin tulisi saada epäsuoraa valoa. Tilojen monipuolinen säädettävyys oli myös tärkeä osa aistiystävällistä suunnittelua. Tiloissa vaadittiin epäsuoraa valoa, eli valaisimien tuli tuottaa valoa myös tilan kattoon. Koska kaikki valo tilassa ei suuntaudu käyttötasoille piti myös energiatehokkuudesta pitää huolta valaisimia ja ohjaustapaa valittaessa. Tavoitteena oli luoda avoin, monikäyttöinen ja rauhallinen oppimisympäristö.

Valaistuksen ohjaus

Aura Lightin Touchpanelin (kuva 10) avulla tilaan saatiin monipuolinen, mutta silti käytäjäystävällisen valaistuksen ohjauksen. Touchpanel toimii nimensä mukaisesti kosketuksen avulla. Näytöltä on mahdollista säätää valaistusta on/off- tekniikalla, muuttaa valaistuksen voimakkuutta sekä säätää valaistuksen värilämpötilaa. Touchpanelia ei ole mahdollista ohjelmoida, vaan se lähettää ainoastaan broadcast-käskyn DALI-väylään. [29.]



Kuva 10. Aura Light DALI-Touchpanel Valo/on 2017-messuilla 01.02.2017.

Kosketusnäyttö asennetaan tilan seinään oven viereen, aivan kuten perinteinen kytkinkin olisi sijoitettu. Näyttö on liitetty DALI-virtalähteeltä tulevalle MMJ 5x1,5S -kaapelilla, kaapeli L2 (musta) ja L3 (harmaa) yhdistetään kosketusnäytön plus ja miinus napoihin. Ohjelmointia ei tarvita. Touchpanel lähettää tilan valaisimille yleislähetysten, eli broadcast-käskyn halutusta valotilanteesta. Valaisimilla ei siis ole uniikkeja osoitteita, vaan kaikki syttyvät yhdellä käskyllä.

Tilaan ei lisätty läsnäolotunnistusta. Läsnäolotunnistimen lisääminen väylään olisi vaatinut ohjelmointia. Valittua Touchpanelia ei olisi voitu käyttää, koska sitä ei ole mahdollista ohjelmoida. Koska valaistuksen ohjauksesta haluttiin selvittää "Plug n' play" -periaatteella, eli ilman ohjelmointia ja siitä aiheutuvia kuluja, päädyttiin läsnäolotunnistuksen pois jättämiseen.

Valaistusta on mahdollista ohjata myös puhelimeen asennettavan applikaation avulla. Bluetooth-yhteydellä tapahtuvaa ohjausta varten tarvitaan kuitenkin oma ohjausyksikkö. Puhelimeen ladattava sovellus tarjoaa kaikki samat ominaisuudet kuin Touchpanel. Koulutiloissa Bluetooth-yhteydellä toimiva ohjaus ei välttämättä ole kuitenkaan kaikkein paras ratkaisu. Järjestelmää ei ole mahdollista tällä hetkellä suojata esimerkiksi salasanalla joten oppilaat pystyisivät liittämään omia puhelimiaan järjestelmän ohjaukseen. Tämä voisi johtaa valaistusjärjestelmän väärinkäyttämiseen. [30.]

Energiatehokkaampaan ja Stress Free Area -konseptia paremmin palvelemaan valaistuksenohjaukseen olisi voitu päästä, jos tilaan olisi sijoitettu kosketusnäytön lisäksi läsnäolotunnistuksella toimiva ohjaus, ja luonnonvalon energiankulutukselliset hyödyt olisi saatu parempaan käyttöön esimerkiksi läsnäolotunnistimen vakiovalosäädöllä. Kustannussyistä nämä ominaisuudet päätettiin jättää pois.

Valaisimet

Valaisinten valinta osoittautui hieman haasteelliseksi, koska huomioon piti ottaa Stress Free Area -konseptin ja sisävalaistusstandardin asettamat vaatimukset sekä tilaajan toiveet ja energiatehokkuus. Valaisinten määrä pyrittiin pitämään mahdollisimman pienenä, joten valittavien valaisinten tulisi olla mahdollisimman valotehokkaita.

Tiloihin haluttiin myös värilämpötilansäätö, joten valaisimesta täytyi löytyä DALI Type 8 -liitäntälaite. Jos valaisimen DALI-liitäntälaite ei kommunikoi DALI-standardiin lisätyn DALI Device Type 8:n mukaisesti, värilämpötilan ohjaukseen vaaditaan kaksi DALI-osoitetta, yksi kylmiä värisävyjä loistaville diodeille ja toinen lämpimiä värisävyjä varten. Värilämpötilan säätäminen on kuitenkin mahdollista yhden DALI Type 8 -liitäntälaitteen avulla. Type 8 -käskyillä voidaan lähettää käskyjä useaan eri valonlähteeseen valaisimen sisällä. [31.]

Valaisinten valinta oli yksi tärkeimmistä päätöksistä. Useita erilaisia vaihtoehtoja tutkittiin ja monen valmistajan tuotteisiin tutustuttiin ennen kuin päädyttiin ripustettaviin Aura Lightin Lezzon Tunable White -valaisimiin. Valittu valaisin on esitettyä kuvassa 11.

Valaisimen ottoteho on 41 W, valovirta 4510 lm ja valotehokkuus 110 lm/W. Ra-indeksi on 80. Eliniäksi Lezzon-valaisimen LED-ajurille on ilmoitettu L70B10 50000 h, eli on arvioitu, että ledimoduuleista 10 %:n valovirta laskee alle 70 %:n 50000 tunnin eli noin viiden ja puolen vuoden kuluttua. MacAdamin arvoksi valaisimelle on ilmoitettu SDCM 3. [32.]



Kuva 11. Aura Light – Lezzon Tunable White Valo/on 2017-messuilla 1.2.2017.

Aura Lightin Lezzon TW (kuva 11) on LED-valaisin, joka on suunniteltu erityisesti kouluihin ja toimistoympäristöön. Valaisin on puolisuora valonjaoltaan. 65 % valosta on suoraa valoa ja 35 % epäsuoraa valoa. Valon voimakkuutta säätämällä ylä- ja alavalon säätävät samassa suhteessa. Epäsuoraa valoa käyttämällä saadaan vähennettyä tilassa syntyviä kontrasteja ja täten näkömukavuus paranee, joten Lezzon soveltuu stressivapaaseen tilaan käytettäväksi. Valaisimen valoteho on riittävä, eli vaikka valonjako on puolisuora, saavutettiin tilassa silti haluttu ja sisävalaistusstandardin edellyttämä yli 300 luksin keskimääräinen valaistusvoimakkuus. [32.]

Luokkahuoneiden välillä oli avattavat seinät. Tilat voidaan siis haluttaessa yhdistää yhdeksi suureksi tilaksi. Tämän takia kaikkien luokkien valaistusratkaisuiden tuli olla yhtenäiset.

Valaisimet asennettiin tilan kattoon riippuasennuksena. Johtoteiksi valittiin valkoiset Japp-putket, koska ne sulautuivat arkkitehdin suunnittelemaan vaaleaan kattoon hyvin.

Valitsemamme valaisin on myös DALI Type 8 -liitäntälaitteella varustettu, eli värilämpötilansäädöllä varustettu Tunable White -versio. Värilämpötilaa pystytään säätämään välillä 2700–6500 K. Tunable White -valaisimet ovat varustettu useilla eri värilämmön omaavilla ledeillä, mikä mahdollistaa värilämpötilan säätämisen. [32.]



Kuva 12. Värilämpötilojen keskinäistä vertailua. 1000 K–10000 K. [33.]

Värilämpötilan säädön tarkoituksena on parantaa tilankäyttäjien hyvinvointia ja tuottavuutta. Varsinkin pimeiden kuukausien aikana värilämpötilan säätö voi auttaa käyttäjiä seuraamaan luonnollista vuorokausirytmää paremmin. Lämmintä valoa voidaan käyttää esimerkiksi antamaan pehmeä alku päivälle. Viileä valo taas antaa energiaa käyttäjille ja parantaa tuottavuutta päivän aikana. Värilämpötilalla on merkittävä vaikutus tilan tunnelmaan, kuten kuvasta 12 selviää. [34.]

Tilaan valitut valaisimet olisivat voineet olla muodoltaan hieman lempeämpiä silmälle, mutta tilaan haluttu värilämpötilan säätö ja valaistusstandardin asettamat luksiarvot rajasivat valaisimien valintaa. Valaisinten määrä haluttiin pitää vähäisenä, joten valaisimen muodosta tingittiin.

6.2 Esimerkkikohde 2

Toinen esimerkkikohde on Helsingissä sijaitseva toimistorakennus, jonka toiseen ja kolmanteen kerrokseen tehtiin muutoksia. Kerron tässä esimerkissä ainoastaan kolmanteen kerrokseen tehdyistä muutoksista. Muutokseen kuului avokonttori ja taukotila. Tilaan luotiin myös uusi neuvotteluhuone sekä hiljainen työtila. Koska suunniteltava alue oli vain osa koko kerroksesta, tilan ulkonäkö pyrittiin säilyttämään mahdollisimman yhtenäisenä muun rakennuksen kanssa, joka rajasi tiettyjä valaistusteknisiä valintoja.

Tarkoituksena oli luoda avokonttorikäyttöön moderni, yksinkertainen, energiatehokas ja toimiva valaistus, joka lisäksi vastaa kerroksen muiden tilojen estetiikkaa. Avokonttoria suunniteltaessa ensimmäinen kriteeri oli, että tilaan sijoitettaville työpisteille tulisi saada sisävalaistusstandardin vaatima 500 luksin keskimääräinen valaistusvoimakkuus. Työ-

pisteiden paikat voivat aina muuttua avokonttorissa, joten valaistuksesta pyrittiin luomaan mahdollisimman tasainen koko konttorin alueelle.

Sähkösuunnittelu toteutettiin CADS 17 -ohjelmalla ja valaistuslaskelmat toteutettiin sekä DIALux 4.13 että DIALux evoa käyttäen.

Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjauksesta avokonttorissa vastasi painonapit molempien sisäänkäyntien vieressä sekä läsnäolotunnistimet, jotka sijoitettiin tilan kattoon. Tilaan sijoitettiin yksi master-tunnistin (kuva 13) ja neljä slave-tunnistinta, jotta koko avokonttorin alue pystytettiin kattamaan. Slave-tunnistimien tarkoituksena on ainoastaan laajentaa valvottua tilaa. Kun slave-tunnistin havaitsee liikettä, lähettää se siitä tiedon master-tunnistimelle, joka lähettää tilan kaikille valaisimille broadcast-käskyn määrätystä valotilanteesta.

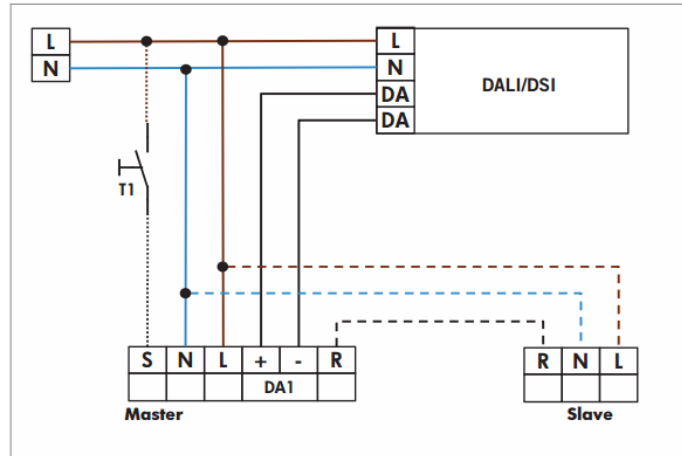
Master-tunnistimessa on erillinen tunnistin vakiovalonsäätöä varten. Vakiovalonsäädön avulla valaistus reagoi luonnonvalon määrään ja pitää sisävalaistuksen tason vakiona. Vakionvalonsäädöllä varustettu master-tunnistin tulisi sijoittaa sellaiseen kohtaan huoneessa, että se ei ole liian lähellä ikkunaa. Käyttäjän on mahdollista itse muuttaa luksimäärää, joka tilassa on tarkoitus ylläpitää. Toimistotiloissa luksimäärä on perinteisesti sisävalaistusstandardin vaatima 500 lx.



Kuva 13. BEG Luxomat/Nylund – PD4 DALI Master-läsnäolotunnistin. [35.]

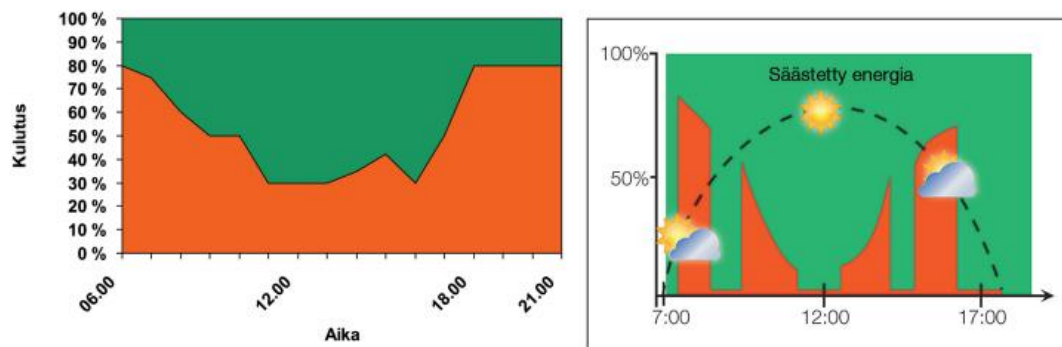
Läsnäolotunnistin on mahdollista ohjelmoida automaattiseen tai puoliautomaattiseen tilaan. Automaattitilassa valot syttyvät kun tilaan astutaan, jollei tilassa ole jo tarpeeksi luonnonvaloa. Puoliautomaattisessa tilassa valot eivät syty kun tilaan astutaan, vaan vasta kun painonappia painetaan. Valaistus sammuu, kun käyttäjä painaa painonapista tai tunnistimeen säädetty aika täyttyy ja valot sammuvat itsestään. [35.]

Vakiotoiminto DALI-tunnistimille



Kuva 14. Läsnaolotunnistuksen ohjausperiaate, T1 kuvaa painonappia. [35.]

Valaistuksen ohjauksesta neuvottelutiloissa vastasi läsnäolotunnistin ja painonappi. Molempiin tiloihin sijoitettiin yksi master-tunnistin, joiden toimintaperiaate on sama kuin avokonttorissa.



Kuva 15. Esimerkki energiankulutuksesta työpäivän aikana, kun käytössä on vakiovalosäätö (vasemmalla). Esimerkki vakiovalo-ohjauksesta joka on täydennetty läsnäolotunnistimella (oikealla) [36.]

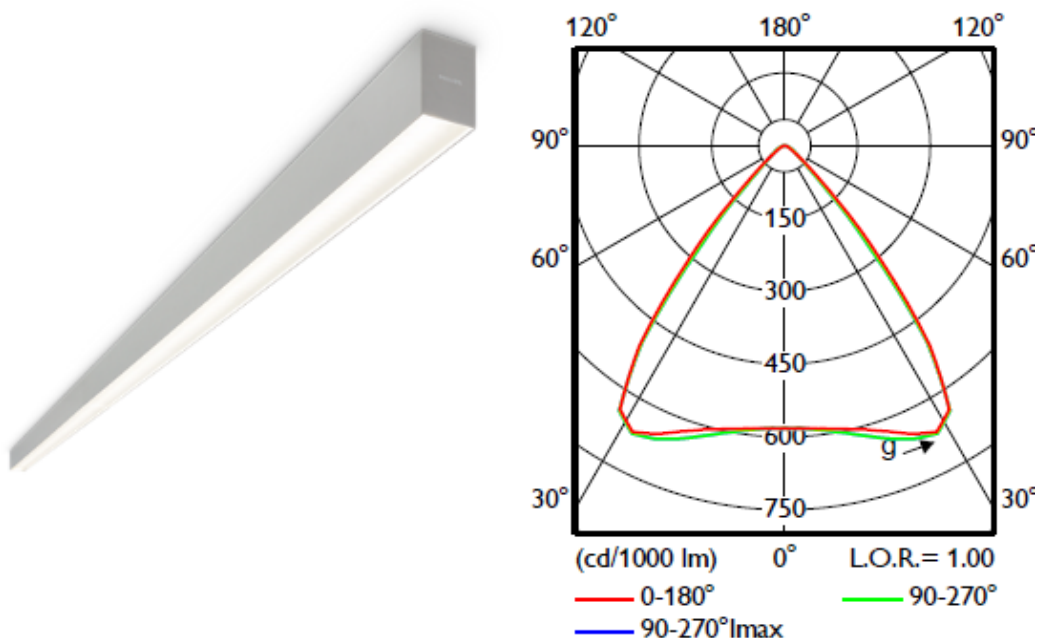
Toimitilaympäristössä merkittävin syy valonsäädölle on energiansäästö (kuva 15). Kun valaistuksen ohjaus toteutetaan vakiovalo- sekä läsnäolotunnistimilla, päästään jopa 30–70 %:n energian säästöön lähtötasosta riippuen. [36.]

Valaisimet

Valaisimiksi avokonttorin alueelle valittiin Philipsin toimistotiloihin sopiva ripustettava TrueLine-ledivalaisin (kuva 16).

Valaisimen pituus on 1130 mm, leveys 55 mm ja korkeus 88 mm. Valaisimen tiedot käyttöönsä alussa ovat seuraavat: teho 23 W, valovirta 3400 lm ja tehokkuus 148 lm/W. Ra-indeksi on 80 ja väriämpötila 4000 K.

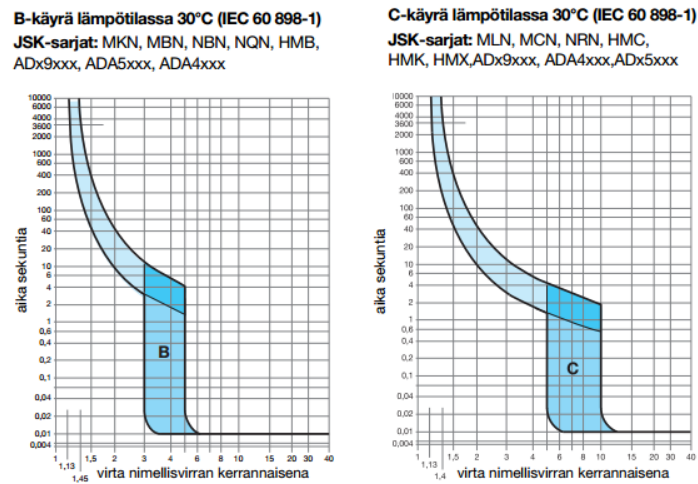
Valaisimen keskimääräiseksi käyttöiäksi on arvioitu L70B50 70000 h, eli 50 %:ssa ledeistä valovirta laskee alle 70 %:n 70000 tunnin kuluttua. MacAdamin arvoksi valaisimelle on ilmoitettu SDCM 3,5. [37.]



Kuva 16. Philips TrueLine ja kyseisen valaisimen valonjakokäyrä. [37.]

Koko avokonttorin ala katettiin yhdellä valaistusryhmällä, johon kuului yhteensä 14 TrueLine-valaisinta ja kaksi CoreLine-paneelivalaisinta. Koska valaisimia oli yhdessä ryhmässä 16 kappaletta, muodostui niiden sytyttämisestä aiheutuva virtapiikki valaisinvalmistajan mukaan liian suureksi B-tyyppin 10 A:n johdonsuojakatkaisijalle. Johdonsuojakatkaisija vaihdettiin keskuksella C-tyyppin johdonsuojakatkaisijaan, joka kestää suuremman käynnistymisvirran (kuva 17). C-tyyppin 10 A:n johdonsuojakatkaisija tulisi kes-

tää 25 valaisimen ryhmästä aiheutuvan käynnistysvirtapiikin valaisinvalmistajan mukaan. [37.]



Kuva 17. Ledivalaistus isoissa ryhmissä voi aiheuttaa käynnistyessään liian suuren virtapiikin. B- ja C-tyyppien johdonsuojakatkaisijoiden laukaisukäyrien vertailu. [38.]

Neuvotteluhuone ja hiljainen työtila toteutettiin tilojen alakattoihin sopivilla paneelivalaisimilla. Alakattoon uppoasennuksena kiinnitettävät CoreLine-paneelivalaisimet (kuva 18) sijoitettiin molempiin tiloihin. Uppoasennuksena paneelivalaisin on hyvin huomioon otettava, sillä se sulautuu muodoltaan tilan kattoon. Samaan aikaan se kuitenkin suorittaa valaistuksen tärkeimmän tehtävän hyvin tehokkaasti, eli luo tilaan riittävät näkemisolosuhteet.

CoreLine Panel -valaisin on neliönmallinen valaisin, jossa sivut ovat 600 mm. Valaisimen tiedot käyttöönsä alussa ovat seuraavat: teho 41 W, valovirta 3400 lm ja tehokkuus 83 lm/W. Ra-indeksi on 80 ja värielämytila 4000 K. MacAdamin arvoksi valaisimelle on ilmoitettu SDCM <5.

Valaisimen keskimääräiseksi käyttöiäksi on arvioitu: L70B50 50000 h, eli 50 %:ssa ledeistä valovirta laskee alle 70 %:n 50000 tunnin kuluttua. [39.]



Kuva 18. Philips CoreLine -paneelivalaisin. [39.]

6.3 Esimerkkikohde 3

Esimerkkikohde 3 on Helsingissä sijaitseva hammashoitola. Kohteessa tehdään tilamuutos, jossa vanha instrumenttivarasto muutetaan vastaanottohuoneeksi. Tavoitteena oli suunnitella tilaan standardien mukainen, energiatehokas ja tilan käyttötarkoitusta palveleva valaistusratkaisu.

Sisävalaistusstandardi asettaa hammashoitolan vastaanottohuoneelle erilaisia kriteereitä. Valaistusvoimakkuus E_m tulisi olla vähintään 500 lx, UGR-arvo alle 19, valaistuksen tasaisuus U_o yli 0,6 ja Ra-indeksi 90 tai suurempi.

Tilan yleisvalaistusvoimakkuuden tulee siis olla yli 500 lx. Hoitotuolin erillinen kohdistettava valo takaa työstettävälle alueelle vaadittavan 1000 luksin valaistusvoimakkuuden. [7, s.66.]

Kohteen sähkösuunnittelu on toteutettu MagiCADin avulla ja valaistuksen laskemiseen on käytetty DIALux 4.13 -ohjelmaa.

Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjauksesta vastaanottohuoneessa vastasi Osramin DALI-säädin (kuva 19). Säätimen toiminta on yksinkertaista, valojen päälle/pois-ohjaus tapahtuu nappia painamalla. Valaistuksen voimakkuuden säätäminen onnistuu pyörittämällä nappia.

Säätimeen voi myös tallentaa valmiin valaistusasetuksen, joka syttyä nappia painettaessa. [40.]



Kuva 19. DALI-säädin, OSRAM MCU. [40.]

Valaisimet

Ra-indeksin arvovaatimuksena oleva ≥ 90 rajaa tilan valaisimien valintaa melko paljon. Useimmilla valaisinvalmistajilla ei ole valaisinvalikoimissaan paneelivalaisinta, joka täyttää Ra-indeksin vaatimuksen 90.

Valaisimiksi tilaan valittiin Fagerhultin Multilume Flat Opal -paneelivalaisimet. Valaisimen teho on 36 W, väriämpötila 4000 K, Ra-indeksi ≥ 90 , valovirta 3906 lm, valotehokkuus 111 lm/W. Valovirran alenemaksi valaisimelle on ilmoitettu L90B10 50000 h, eli ledeistä 10 %:n valovirta on laskenut alle 90 %:n noin 50000 tunnin kuluttua. [41.]

Vastaanottohuone luokitellaan G1-luokan tilaksi. Standardi SFS 6000-7-710 [42] määrittää G1-tilan seuraavasti:

Lääkintätila, jossa sähkönsyötön keskeytys (esim. syötön poiskytkentä vian takia) ei aiheuta välitöntä uhkaa potilaan turvallisuudelle, ja sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia on tarkoitus käyttää – ihon ulkopuolisesti – ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, ellei kyseessä ryhmän 2 soveltamisalue.

Ryhmän 2 soveltumisalueella viitataan G2-luokassa suoritettaviin sydämenläheisiin toimintoihin leikkaussalikäyttöön tai tehohoitoon, joissa sähkönsyötön keskeytys (vika) voi aiheuttaa välittömän vaaran potilaille.

Standardi SFS 6000-7-710 [42] määrää valaistuksen osalta seuraavaa G1- ja G2-luokan tiloille:

Ryhmän 1 ja 2 lääkintätiloissa valaisimet on syötettävä vähintään kahdesta erillisestä syötöstä, joista toinen on liitettävä varavoimajärjestelmään.

Myöhemmin standardissa tähän annetaan kuitenkin ehto:

HUOM. Sairaaloiden ja vastaavien laitosten ulkopuolisissa ryhmän 1 lääkintätiloissa ei ole välttämätöntä asentaa ollenkaan varavoimajärjestelmien teholähdettä, jos sähkönsyötön katkeaminen ei vaaranna toimintojen lopettamista ja tilojen evakuoimista [42.]

Hammashoituhuoneen valaistusta ei siis tarvitse tässä tapauksessa syöttää kahdesta lähteestä. Tällaisissa tilanteissa tilaan voidaan esimerkiksi sijoittaa turvavallo, jotta toimintojen turvallisesta lopettamisesta varmistutaan.

7 Arviointi ja vertailu

7.1 Stress Free Area -konseptin arviointi

Stress Free Area -konseptin tavoitteena on vähentää negatiivisia stressitekijöitä suunnittelun avulla. Tällaisia ärsykejä voivat olla esimerkiksi melu, valaistus ja ilmanlaatu. Myös tilan materiaalit ja sommittelu vaikuttavat siihen, kuinka ihminen kokee tilan [23]. Arvioin tässä osiossa ainoastaan valaistuksen osuutta stressivapaan suunnittelun osalta.

Valaistus on suuri osa työympäristön tuottavuutta. Tilan varjot, heijastukset ja häikäisy vaikuttavat siihen, miten työntekijä näkee tehtävän työn. Lisäksi valon laatu vaikuttaa siihen, miten työntekijä näkee ja kokee työympäristönsä. Tämä taas vaikuttaa suoraan työmotivaatioon ja mielialaan. [43.]

Stress Free Area -konseptin valaistuksen toteuttamiseen ei ole selkeää ohjeistusta. Konsepti esittää kuitenkin toivottuja lopputuloksia: tavoite on vähentää negatiivisia fyysisiä stressitekijöitä tilassa, huomioida tilan käyttäjien vireystila ja mahdollistaa erilaisiin tilanteisiin vaikuttaminen säädettävällä suunnittelulla. [23.]

Yksi valaistuksen aiheuttama mahdollinen stressitekijä on häikäisy, joka voidaan minimoida oikeanlaisilla ratkaisuilla [16]. Vireystilaan pystytään vaikuttamaan värilämpöti-

lansäädöllä. Erilaisiin tilanteisiin tilassa voidaan vastata monipuolisella käyttäjäystävällisellä valaistuksenohjauksella. [26.]

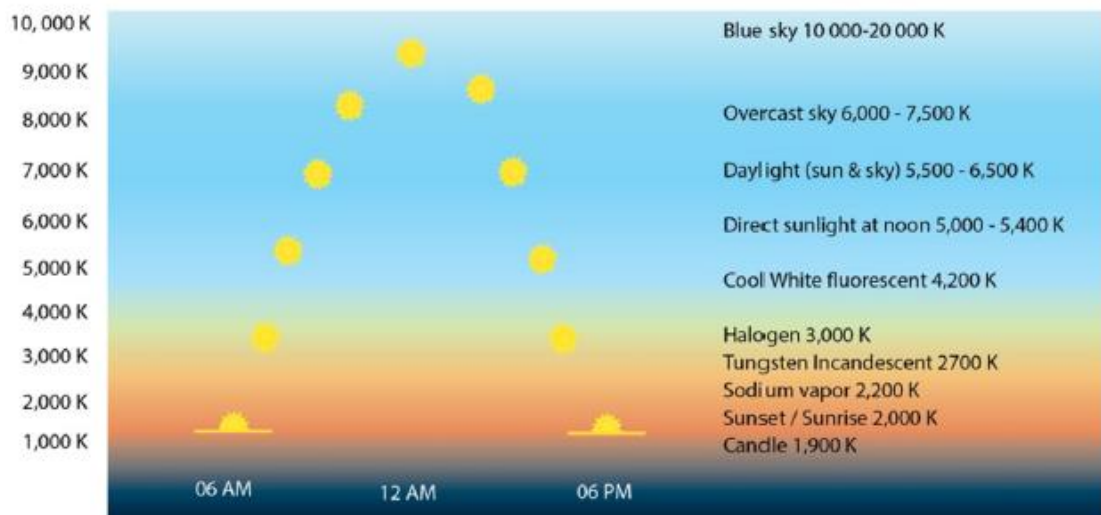
Suunnittelijan tekemien valintojen kannalta tämä tarkoittaa siis laajaa säädettävyyttä, laadukkaiden aistiystävällisten valaisinten valintaa, häikäisyn minimoimista tilassa ja luonnonvalon huomioon ottamista.

Työntekijöiden mahdollisuus vaikuttaa työolosuhteisiinsa vaikuttaa myös heidän tyytyväisyyteensä. Mahdollisuus säädellä valaistusta, lämpötilaa ja muita laitteita lisää tyytyväisyyttä. [43, s.45–48.]

Taulukko 3. Esimerkkikohteessa 1 väriämpötilansäädön lisääminen kohteeseen aiheutti seuraavia kustannuksia pelkkään himmennykseen verrattuna. Hinnat ovat alv 0 % [44.]

	Himmennys	Himmennys ja väriämpötilansäätö
	Valaisin, Lezzon (€/kpl)	Valaisin, Lezzon TW (€/kpl)
Valaisin	429	500
	IQ DALI dimmer (€/kpl)	DALI Touchpanel (€/kpl)
Valaistuksenohjain	120	525

Tarvitsemme valoa ja pimeyttä. Valoisa päivä on tarkoitettu aktiiviseen toimintaan ja pimeä yö nukkumiseen. Valo on siis tärkein osa ihmisen sisäistä kelloa. On siten loogista, että väriämpötilan muutokset myös sisätiloissa vaikuttavat vireystilaamme.



Kuva 20. Väriämpötilan vaihtelu vuorokauden aikana.

Väriämpötilansäädön lisääminen tilaan aiheuttaa ylimääräisiä investointikustannuksia, kuten taulukosta 3 selviää, mutta valaistuksen kohdalla on usein kannattavampaa tarkastella valaistusratkaisun elinkaarikustannuksia ja tässä tapauksessa erityisesti tilan käyttäjien tuottavuutta, tyytyväisyyttä ja siitä saatavaa etua taulukon 4 mukaisesti [27.]

Stress Free Area -konseptin valaistuksen kannalta oleelliset asiat ovat lähellä ihmiskekskeisen valaistuksen ideoita. Molemmat konseptit pohtivat valon ominaisuuksien einäkyviä vaikutuksia ihmiseen ja painottavat valaistuksen säädön merkitystä.

Taulukko 4. Helvar, esimerkki eri valaistusratkaisuiden kustannuksista 10 vuoden aikana. [45.]

	Perusvalaistus normien minimiit (päälle/pois)	Perusvalaistus normien minimiit Laajempi ohjaus	Korkeammat valotasot ja/tai erikoiset spektrit Laajempi ohjaus	Korkeammat valotasot ja/tai erikoiset spektrit (päälle/pois ohjaus)
kWh/ihminen (€)	500	300	400	700
Tuottavuuslisäys (säästettynä rahana) (€)	0	0	- 10000 (2% tuottavuuslisä)	- 5000 (1% tuottavuuslisä)
Suunnittelun lisäkustannus (€)	0	50 (vakiovalo, läsnäolo yms.)	300 (vakiovalo, läsnäolo, rytmejä, henk koht ratkaisuja yms.)	50
Asennuksen ja ylläpidon lisäkustannus (€)	0	50	500	250
Yhteensä	500	400	-8800	-4000

tarkasteluaika 10 vuotta	ei korkoja	
valaisimet (5*50W)	käyttö 2000h/a	Energian hinta 0,1€/kWh
palkkakustannukset 50k€/vuosi		

Valaistusratkaisuiden tarkan vaikutuksen ennustaminen on kuitenkin hankalaa. Se riippuu lähtötilanteesta, valitusta valaistusratkaisusta, tilan käyttäjistä ja työn luonteesta. [46.]

7.2 DIALux 4.13 ja DIALux evo 6.2

Vertailen seuraavaksi DIALux 4.13:n ja DIALux evo 6.2:n ominaisuuksia, eroja ja helpokäyttöisyyttä valaistuskalkelmia tehtäessä. Arvioin myös ohjelmien soveltuvuutta erilaisiin töihin. Käytän toista esimerkkikohdetta mallina vertausta tehdessäni.

DIALux evolla on mahdollista suunnitella kokonaisia rakennuksia ja piha-alueita, mutta tässä vertailussa keskityn ainoastaan ohjelmien ominaisuuksiin yksittäistä tilaa laskettaessa.

Molemmissa ohjelmissa on mahdollista luoda yksittäinen tila heti ohjelmien käynnistyttyä. Tiloille voidaan asettaa mitat ja korot ja näin saadaan aikaan nopeasti tila, jota voidaan käsitellä sekä 2D- että 3D-muodossa.

On myös toinen tapa, jolla yksittäisen tilan saa luotua DIALuxeihin. CADSin ja DIALuxien välillä on kaksisuuntainen rajapinta STF-formaatin kautta. CADS Electricissä on mahdollista luoda arkkitehtipohjan ääriviivoja mukailleen DIALux-tilaobjekti. Tilaobjektia luotaessa ilmoitetaan CADSiin tilan ulottuvuudet. Kun luotu STF-tiedosto avataan DIALuxissa, aukeaa valmis 3D-malli tilasta. Jos kohteessa on useita samanlaisia tiloja, joihin ollaan sijoittamassa samanlainen valaistusratkaisu, riittää yleensä yhden tilan laskeminen ja tarvittaessa mallintaminen.

DIALux 4.13:n ja CADSin välinen yhteys toimii myös toiseen suuntaan. DIALux 4.13:sta on mahdollista tuoda CADSiin esimerkiksi valaisimien sijainnit, sijoituskorot, tuotetiedot, ottotehot, 3D-kokotiedot ja Isolux-käyrät. DIALux evossa tämä ei vielä onnistu, mutta kyseinen ominaisuus on suunnitteilla myös DIALux evoon.

Kun kummassa tahansa ohjelmassa halutaan koettaa valaisinta luotuun tilaan, on hankittava valaisinvalmistajien tuottama valonjakotiedosto kyseisestä valaisimesta. Valonjakotiedostot löytyvät kahdella eri tavalla. On mahdollista joko hakea valonjakotiedosto valaisinvalmistajan internet-sivuilta tai asentaa kyseisen valmistajan tuoteluettelo DIALuxiin. Useimpien suurien valaisinvalmistajien tuoteluettelot on mahdollista asentaa DIALuxiin. Molemmat DIALuxin versiot tukevat samoja tuoteluetteloita ja ladattavat valonjakotiedostot toimivat samalla tavalla molempien ohjelmien kanssa.

Kun tilaan sijoitetaan valaisimia, on käytössä yleensä 2D-näkymä. Molemmissa ohjelmissa valitaan haluttu valaisin ja se voidaan sijoittaa tilaan yksittäin tai kentäksi järjestelytynä. Kentäksi järjestely tarkoittaa, että käyttäjä voi määrittää, kuinka monta valaisinta tilaan sijoitetaan pysty- ja vaakasuunnassa. Molemmissa ohjelmissa on myös mahdollista asettaa haluttu luksiarvo, jonka perusteella DIALux sijoittaa automaattisesti valaisimet tilaan niin, että määrätty luksiarvo täyttyy tilassa keskimäärin.

Esimerkkikohteessa 2 vertailtavaksi tilaksi on valittu mahdollisimman yksinkertainen palikkamainen neuvotteluhuone. Tilan pinta-ala on 7,7 m² ja alakaton korkeus tilassa on 2,5 m. Valitusta neuvotteluhuoneesta luotiin CADS:n avulla STF-tiedosto DIALuxeja varten. Tätä samaa tiedostoa käytettiin sekä DIALux 4.13 valaistuslaskelmissa että

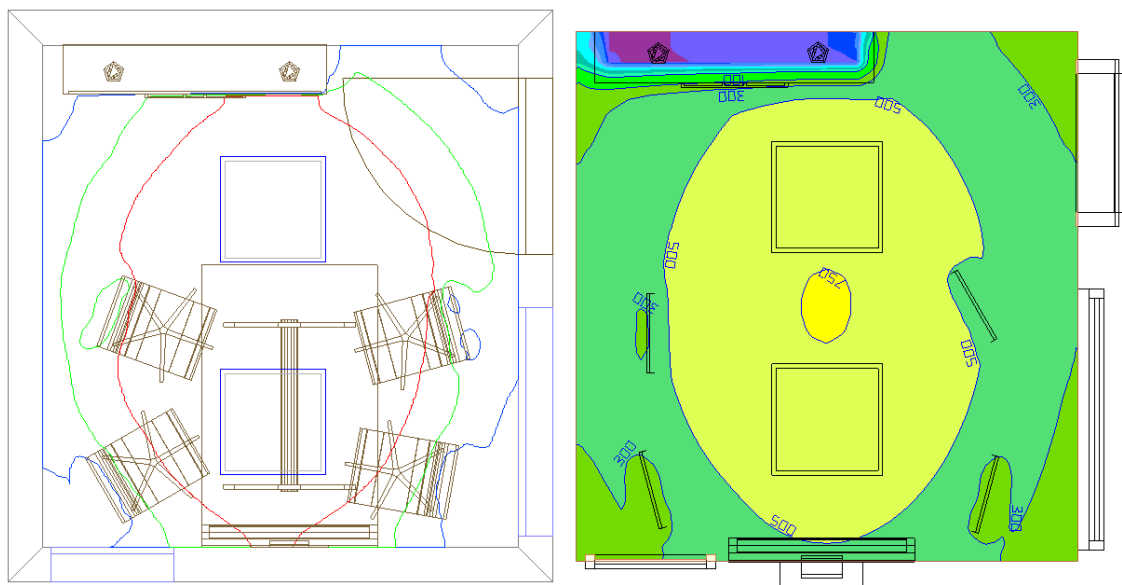
DIALux evon avulla tehdyissä laskelmissa, jotta muuttujia ohjelmien keskinäistä vertailua tehdessä ei syntyisi. Ohjelmat ottavat huomioon tilan muodot, pintojen materiaalit sekä tilaan sijoitetut objektit ja tekevät näiden tietojen pohjalta määrätyt laskelmat.

Neuvotteluhuoneeseen sijoitettiin kaksi Philipsin CoreLine -paneelivalaisinta. Tilassa oleva alakatto määritti oppasennettavien valaisimien asennuskorkeudeksi 2,5 m.

Yksi merkittävä ero ohjelmistojen välillä on tapa, jolla 3D-mallia voidaan liikuttaa ja kuvakulmaa muuttaa. DIALux evolla 3D-mallin katselu on mieluisampaa ja helpompaa, sillä DIALux 4.13:ssa 3D-mallin pyörittämistä varten on hiiren toiminto vaihdettava valikosta joka kerta, kun halutaan siirtyä objektien liikuttamisesta tilan liikuttamiseen.

Jos tilaan tehdään jokin muutos, on valaistuslaskelmat aina suoritettava uudelleen. Molemmilla ohjelmilla esimerkkitilan uudelleenlaskeminen kesti noin 8–10 sekuntia, joten merkittävää eroa ei synny yksittäisen tilan laskenta-ajassa.

Molemmilla ohjelmilla on mahdollista esittää laskentatulokset Isolux-käyrinä, vääräväreinä tai numeerisesti kuvan 21 mukaisesti. Käyttäjä voi itse määrittää Isolux-käyrien luksiarvot ja värit, joilla käyrät esitetään kuvassa.



Kuva 21. Laskentatulokset 2D näkyssä, vasemmalla DIALux 4.13:n Isolux-käyrät ja oikealla DIALux evon Isolux-käyrät sekä väärävärit.

Jos esimerkiksi urakoitsija ehdottaa vaihtoehtoista valaisinta kohteeseen, on DIALux 4.13:ssa mahdollista monistaa useita samanlaisia tiloja luodun projektin alle. Tämä nopeuttaa eri valaistusratkaisujen kokeilemistä haluttuun tilaan. Kätevä tapa on esimerkiksi nimetä monistetut tilat käytetyn valaisimen mukaan. DIALux evossa tilan monistaminen saman projektin alle ei onnistu.

DIALux evon avulla on mahdollista sijoittaa tilaan työalue. Näin tehtäessä ohjelma lisää työalueen ympärille automaattisesti ympäröivän alueen ja tausta-alueen joiden valaistusvoimakkuus on hyvä tietää. DIALux 4.13:ssa näiden alueiden asettaminen on tehtävä yksitellen, joka tekee laskemisesta hieman työläämpää.

DIALux evon valikot ovat miellyttävämmät käyttää varsinkin mallinnettaessa tilaa. Huoneobjektien sijoittaminen, siirtäminen ja asettelu ovat selkeämpää ja nopeampaa. Kun tilan lopputuloksesta halutaan antaa asiakkaalle mahdollisimman tarkka kuva, soveltuu DIALux evo käyttötarkoitukseen paremmin. DIALux evolla mallinnetut huoneet näyttävät luonnollisemmilta ja kuvaavat paremmin todellista tilannetta kuin DIALux 4.13:lla tehdyt mallinnukset (kuva 22).



Kuva 22. Vasemmalla DIALux 4.13 ja oikealla DIALux evo.

DIALux evon käyttäminen henkilökohtaisella kannettavalla tietokoneella oli välillä hyvinkin hidasta. Varsinkin jos auki oli myös jokin sähkösuunnitteluohjelmisto, oli ohjelmistojen käyttäminen yhdessä takkuista. Työpaikalla pöytätietokoneella ja kahdella näytöllä ohjelmien käyttäminen sujui huomattavasti paremmin, mutta ohjelman ajoittais-

ta jäätymistä tapahtui silti. DIALux 4.13:n kanssa ei vastaavia ongelmia esiintynyt merkittävästi.

DIALux 4.13 on DIALux evoa kevyempi ohjelma. DIALux 4.13:ssa valaistuslaskelmien kannalta välttämättömät perustulokset saadaan nopeammin selville ja useita eri valaisimia on helpompi koettaa samaan tilaan nopeasti. Tilojen tarkka mallintaminen on aikaa vievää toimintaa, johon ei kaikissa projekteissa ole aikaa tai tarvetta. Kun kohde ei vaadi tarkkaa mallinnusta, on DIALux 4.13 erinomainen ja nopea tapa laskea, että tarvittavat valaistusvoimakkuudet täyttyvät tiloissa.

DIALux evon valikot soveltuvat paremmin valaistuksen laskemiseen. Valikot ovat kronologisessa järjestyksessä suunnittelutyön etenemisen kannalta ja hyvät esimerkkikuvat nopeuttavat oikean valikon valitsemista. DIALux evon avulla on mahdollista tallentaa eri valaistustilanteita, mikä helpottaa todellisten valaistustilanteiden hahmottamista lopullisessa tilassa. Valaistustilanteiden avulla voidaan esimerkiksi varmistaa, miltä pelkät kohdevalot tilassa näyttävät, jos yleisvalaistus on pois päältä.

Päätelmänä voidaan siis todeta, että DIALux 4.13 soveltuu erinomaisesti valaistuksen laskemiseen ja tarvittavat perustiedot ovat nopeasti selvitettävissä ohjelman avulla. DIALux 4.13:n toimiva kaksisuuntainen yhteys CADSin kanssa nopeuttaa suunnittelua. Jos tilasta ja sen valaistustilanteesta halutaan tehdä tarkka mallinnus, on DIALux evo oikea valinta. DIALux evo on myös ehdottomasti valittava ohjelma, jos halutaan mallintaa kokonainen rakennus ja sen valaistus.

DIALux 4.13:n ja DIALux evon dokumentointiosuus tapahtuu samantyyppisesti molemmissa ohjelmissa. Hyödyllisin dokumentti on yhteenvetosivu, josta on luettavissa tilaan asetettujen tasojen luksiarvot, tilassa käytetyt valaisimet ja 2D-kuva tilasta, johon on sijoitettu Isolux-käyrät. Yhteenvetosivulta on myös luettavissa valaistuksen verkkoon kytketty kuorma W/m^2 ja $W/m^2/100lx$. Nämä lukuarvot antavat suuntaa tilan energiatehokkuudesta.

DIALux evon yhteenvetosivulla on myös mainittu sisävalaistusstandardissa vaaditut arvot lasketuille arvoille. Yhteenvetosivun avulla on siis helppo varmistua, että standardissa määrätyt arvot täyttyvät. Molemmista ohjelmista on saatavissa myös kymmeniä sivuja sisältävä täysraportti, iso osa sen tiedoista on kuitenkin tarpeettomia peruslaskentaa tehtäessä.

Dokumentointi

DIALux evon avulla on helpompi hakea tarvittavat tulokset esimerkiksi työalueen, ympäröivän alueen ja tausta-alueen valaistusvoimakkuuksista.

Molemmissa ohjelmissa on haluttujen laskentatulosten dokumenttien hakeminen valikoista hieman sekavaa, koska halutut tulokset voivat olla ripoteltuna usealle eri dokumentille, etenkin jos tiloihin on asetettu omia laskentatasoja.

Laskentatulokset ohjelmistojen välillä olivat lähellä toisiaan, kun laskettiin tyhjää huonetta. Mallinnetussa tilassa, jossa huoneisiin lisättiin ovet, ikkunat ja huonekalut tuloksien välille syntyi suurempi ero kuten taulukosta 5 ilmenee. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että DIALux evo huomio tiloihin sijoitetut objektit tarkemmin huonetta laskettaessa.

Taulukko 5. DIALux 4.13 ja DIALux evolla saadut arvot mallinnetuissa tiloissa.

Neuvotteluhuone	DIALux 4.13	DIALux evo	Standardi
Työalue, Em (lx)	648	605	500
Tasaisuus, Uo Emin/Em	0,69	0,72	0,6
Ympäröivä alue, Em (lx)	522	453	300
Tasaisuus, Uo Emin/Em	0,43	0,47	0,4
Sylinterivalaistusvoimakkuus, Ez (lx) (1,2m)	226	221	150

7.3 CADS 17 ja MagiCAD Electrical 2016.11

Tarkoitus on verrata CADS17:n ja MagiCAD Electrical 2016.11 for AutoCad 2017:n ominaisuuksia valaistussuunnitteluun liittyen. MagiCAD oli juuri hankittu Insinööritoimisto Staconille, ja insinööriyön sivutarkoituksiksi muodostuikin ohjelman käytön opettelu. Käytössä oli ainoastaan MagiCAD Electrical -lisenssi. Esimerkkikohde 3 oli ensimmäinen MagiCADillä alusta loppuun toteuttamani projekti, joten aikaa kului MagiCADin ominaisuuksien opettelemiseen ja soveltamiseen. CADS17 oli vertausta tehtäessä paljon tutumpi ohjelma ja sen ominaisuudet olivat jo ennestään hallussa.

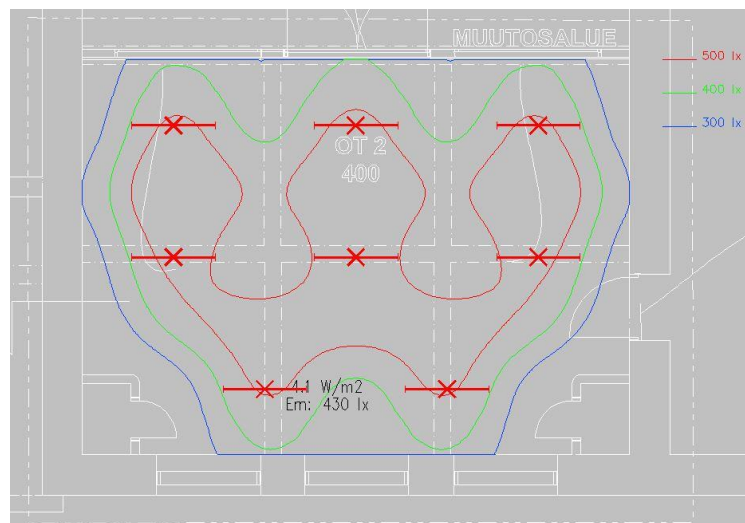
Kummassakin suunnitteluohjelmistossa työskentely aloitetaan luomalla uusi projekti ja tuomalla arkkitehtipohja projektiin. Kun työ on tallennettu, voidaan suunnittelu aloittaa.

7.3.1 Yhteensopivuus DIALuxin kanssa

Ensimmäinen valaistussuunnittelun vaihe on luoda DIALuxiin laskettavat tilat. CADS 17:stä se onnistuu "määritä vapaamuotoinen tila" -toiminnon avulla. Arkkitehtipohjan ääriviivoja myöten piirretään tilan ääriviivat, jonka jälkeen asetetaan seinien paksuus ja katon korkeus. Luotu tila tallennetaan STF-tiedostoksi haluttuun kansioon "Luo tiloista DIALux-projekti" -painiketta klikkaamalla. Tämä luotu STF-tiedosto tuodaan DIALuxiin ja tila on valmis.

Kun tilaan on asetettu valaisimet DIALux 4.13:ssa ja laskenta on tehty, voidaan valaisimet tuoda CADSiin kuvan 23 mukaisesti. Valaisinten tuominen CADSiin tapahtuu tallentamalla STF-tiedoston DIALuxissa, klikkaamalla "Tuo tilat/valaisimet DIALuxista" -valikosta CADSissä ja valitsemalla luotu STF-tiedosto.

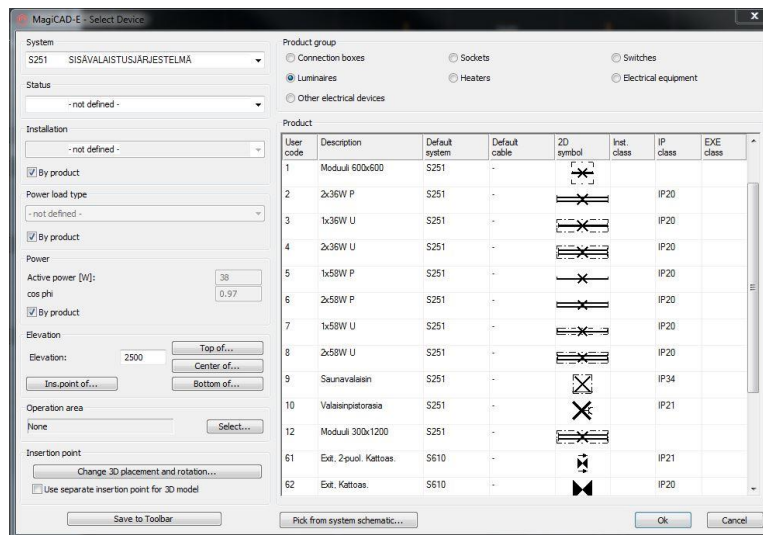
MagiCAD Electricalista ei vastaavaa ominaisuutta löydy. Jos MagiCADillä halutaan käyttöön vastaavat ominaisuudet, tulee olla käytössä myös MagiCAD Room -lisenssi. [45.] Huoneen saa kuitenkin luotua myös tuomalla arkkitehtipohjana käytetyn DWG-tiedoston DIALuxiin ja piirtämällä tilojen ääriviivat sekä asetamalla korot vasta DIALuxissa. Tämä on kuitenkin hitaampi tapa toimia, kun halutaan yksi huone laskettavaksi tai mallinnettavaksi.



Kuva 23. Valaisimet ja laskentatiedot tuotuna DIALuxista CADSiin.

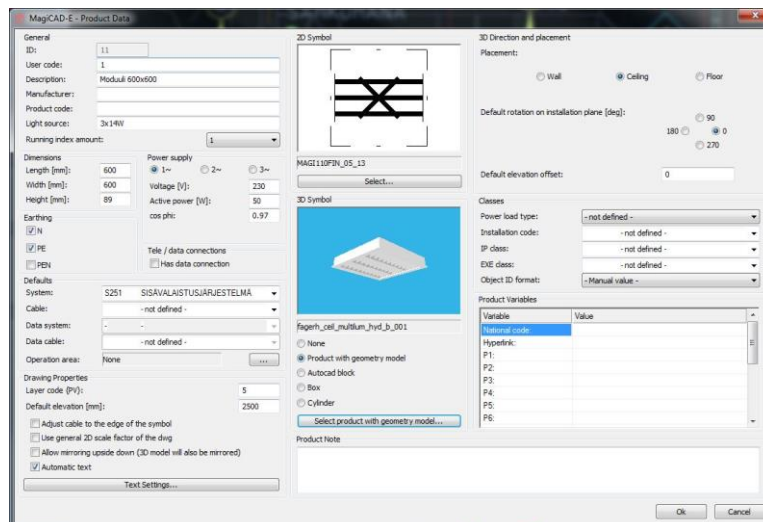
7.3.2 Valaisimen valinta

MagiCADissä valaisin valitaan kuvan 24 mukaisesta listasta. Napsauttamalla hiiren oikealla painikkeella jotakin listan valaisinta aukeaa valikko, jossa on mahdollista muokata valitun valaisimen tietoja, luoda kokonaan uusi valaisin tai käyttää valitun valaisimen tietoja uuden valaisimen pohjana.



Kuva 24. MagiCAD Electrical – valaisimen valinta.

Valaisimelle voidaan asettaa nimi, symboli, teho, taso, oletuskorko ja kaikki muut oleelliset tiedot kuvan 25 mukaisesti.



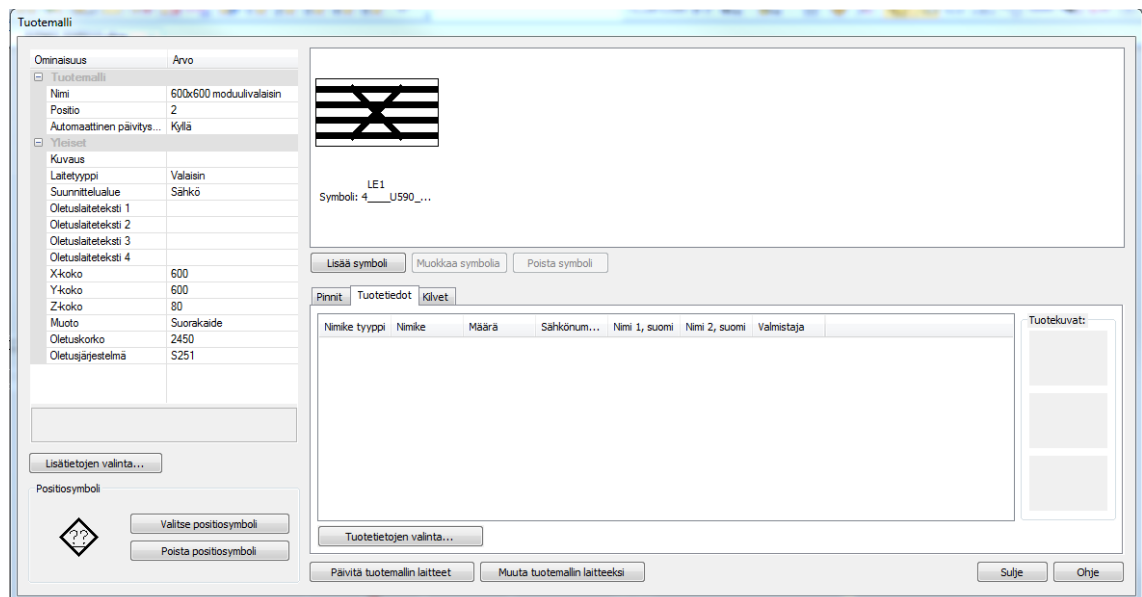
Kuva 25. MagiCAD Electrical – valaisimen tietojen täyttäminen.

Valaisimelle voidaan etsiä myös sitä vastaava tuotemalli valaisinvalmistajien luetteloista. Kun valaisimelle valitaan tuotemalli, täyttyvät valaisimen tiedot automaattisesti.

Kytkimien, pistorasioiden, ATK-pisteiden ja muiden kalusteiden kanssa toimiessa tuotemallitoiminnot ja kuvaan sijoittaminen tapahtuu samalla tavalla kuin edellä esitetty valaisimen sijoitus.

CADS 17

Valaisin voidaan lisätä CADSiin symbolivalikosta. Jos valaisimesta halutaan tehdä tuotemalli, voidaan se tehdä sijoitetulle symbolille jälkikäteen. Tuotemallin luominen tapahtuu CADSissä projektin tuotemallit ja positiot -valikosta. Myös CADSissä voidaan uusi valaisin luoda tyhjästä pohjalta tai käyttää jo olemassa olevan valaisimen pohjatietoja.

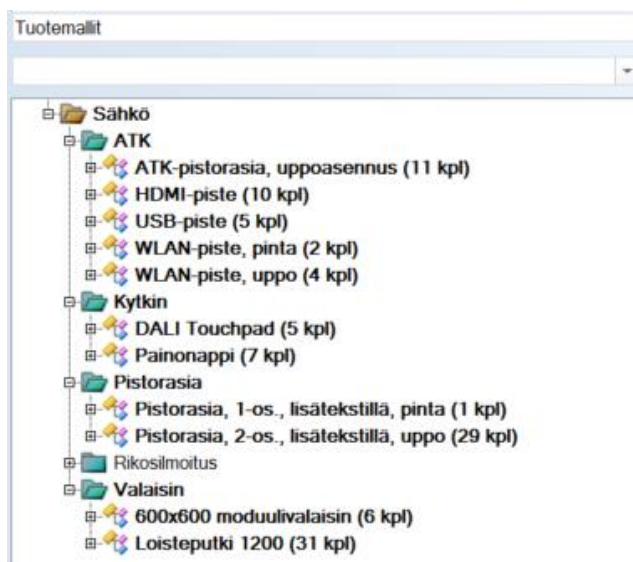


Kuva 26. CADS 17 – valaisimen tuotemallin luominen

Tuotemallin symboli on helppo korvata toisella symbolilla jos tuotteisiin tulee muutoksia (kuva 26). Käyttäjän itse luoman symbolin voi muuttaa tuotemalliksi sijoittamalla sen ensin kuvaan ja asettamalla sen jälkeen tuotemalliksi. Jos jo kuvaan sijoitetut symbolit halutaan muuttaa tuotemallin mukaisiksi, onnistuu se kohdassa ”muuta tuotemallin laitteeksi”.

Valaisinten positionumerot saadaan sijoitettua automaattisesti kuvaan, kun tuotemallin tietoihin on täytetty haluttu positionumero. Määrälaskenta tapahtuu myös automaattisesti tuotemallien avulla, kuten kuvasta 27 ilmenee.

Muiden kalusteiden lisääminen kuvaan tapahtuu samalla periaatteella.



Kuva 27. CADs 17 – luettelo tasokuvaan sijoitetuista tuotemalleista.

7.3.3 Johtopäätökset

Molemmassa ohjelmassa piirtäminen on toteutettu hyvin samantyyppisesti. Moniviivalla piirtäminen ja esimerkiksi erilaiset pakotus-toiminnot tulevat varmasti nopeasti tutuiksi, jos on käyttänyt jompaakumpaa ohjelmaa.

Valaistuksen kannalta käytössä olleita ohjelmia tarkasteltaessa nousee esille CADsin toimiva yhteys DIALuxin kanssa. Ohjelmat toimivat saumattomasti keskenään molempiin suuntiin. CADSissä on yksinkertaista ja nopeaa luoda tila DIALuxiin ja vastaavasti DIALuxista on mahdollista kätevästi siirtää valaisimet ja niiden tiedot CADSiin. En päässyt työn aikana testaamaan MagiCAD Room -sovellusta, joten MagiCADin ja DIALuxin keskinäisen yhteyden toimivuus jäi kokeilematta. Huomionarvoista on siis, että MagiCADin ja DIALuxin sujuva yhteiskäyttö vaatii siis kaksi erillistä sovellusta.

Kalusteiden ja johtoteiden sijoittaminen kuvaan on molemmissa ohjelmissa toteutettu sujuvasti. Vaikka itselläni ei MagiCADin kanssa ollut paljoa aikaisempaa käyttökokemusta, tuntuivat symbolivalikot selkeiltä ja helppokäyttöisiltä.

Sähkötasokuvan piirtämiseen tarvittavat toiminnot ovat molempien ohjelmien valikoissa hyvin esillä. Molemmissa ohjelmissa on myös mahdollisuus mukauttaa työkalurivejä oman mielensä mukaan raahaamalla niitä hiirellä toivottuun kohtaan. CADs 17:n valikoiden kieli on suomi, MagiCADissa taas englanti. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut varsinaisesti ohjelmien käyttöön.

MagiCADin useat ominaisuudet perustuvat komentorivin käyttöön. Erilaisia komentoja ohjelmistosta löytyy suuri määrä, joten niiden opetteleminen ja sujuva käyttäminen ei tapahdu hetkessä. On kuitenkin hyvin mahdollista, että käyttökokemuksen lisääntyttä komentorivin toiminnot nopeuttavat suunnittelua CADsiin verrattuna.

Koska minulla oli CADsin kanssa toimimisesta huomattavasti enemmän kokemusta työtä aloittaessa, tuntuu sen toimintojen vertaaminen MagiCADiin epäreilulta. CADsin kanssa toimimista myös helpotti vuosien saatossa tehdyt valmiit suunnittelutoimiston sisäiset pohjat ja asetukset.

Suurimmaksi haasteeksi MagiCADin kanssa nousi valaistussuunnittelun ja piirtämisen ulkopuoliset AutoCADin toimintaan liittyvät asiat kuten kynä- ja tulostusasetusten määrittäminen, koska piirretyt kuvat pyrittiin toteuttamaan niin, että ne vastaisivat jo pitkään Insinööritoimisto Staconilla käytössä olleen CADsin kuvien ulkonäköä tulostettuina.

Koska AutoCADille ei ollut olemassa CADsin asetuksia vastaavia piirustus pohjia, kynäasetuksia ja tulostusasetuksia projektia aloitettaessa, kului iso osa ajasta AutoCADin asetusten tutkimiseen.

Kynäasetukset tarkoittavat sitä, kuinka paksuna mikäkin väri näkyy lopullisessa paperikuvassa. Insinööritoimisto Staconilla on CADsin käytössä vain 11 eri väriä sähköpiirustuksia suunniteltaessa. AutoCADiin tulee luoda vastaava järjestelmä, jotta kuvista saataisiin yhtenäisiä tulevaisuudessa.

Varsinkin CADsin tulostusta helpottava ominaisuus, jossa PDF-tulostetta tehdessä tyhjät reunat voidaan leikata kuvasta pois, olisi tullut tarpeeseen myös AutoCADilla

tulostettaessa. AutoCADilla tulee lisätä uusi paperikoko aina, kun halutaan tulostaa erisuuruinen kuva.

Jotta MagiCADilla tehtävä suunnittelutyö nopeutuisi ja selkeytyisi, tulee suunnittelutoimiston sisäiset valmiit piirustus pohjat, kynäasetukset, tulostusasetukset, paperikoot ja toimintatavat luoda alusta alkaen yhtenäisiksi ja haluttua ulkonäköä vastaaviksi. Tähän ei työn aikana jäänyt tarpeeksi aikaa, mutta AutoCADin asetukset tulivat tutuiksi, joten tulevaisuudessa yhtenäisten asetusten luominen varmasti onnistuu. Kun nämä asetukset saadaan kuntoon, on suurin osa vastaan tulleista ongelmista jo selvitetty.

8 Pohdinta

Valaistuksen merkitys ihmiselle on kiistaton. Se vaikuttaa ihmisen tuottavuuteen, hyvinvointiin, viihtyisyyteen ja turvallisuuteen [26]. Suunnittelijoilla on siis vastuu tehdä oikeanlaisia valintoja sekä ihmisten että ympäristömme hyvinvoinnin parantamiseksi.

Esittelin työssäni valaistuksen perussuureet ja sisävalaistusstandardin asettamia ehtoja valaistussuunnittelulle. Kun valaistus toteutetaan sisävalaistusstandardin vaatimusten mukaisesti, on ratkaisu yleensä hyvä. On kuitenkin tärkeää pohtia tilojen valaisemista useammasta kulmasta eikä tyytyä ainoastaan minimiarvojen täyttämiseen.

Työn tavoitteena oli tutkia julkisten kohteiden valaistusta ja tapoja siihen, kuinka valaistusta voidaan parantaa yksinkertaisilla valinnoilla. Samalla tehtiin selvitystä ja vertailua käytössä olevista valaistussuunnittelun työkaluista, eli suunnitteluohjelmista.

Kävin läpi kolme erilaista esimerkkikohdetta. Kohteet olivat usein suunnittelussa vastaan tulevia julkisia kohteita. Tutustuin Stress Free Area -konseptiin, jossa suunnittelun rooli on hyvin merkittävä kokonaisuuden kannalta. Valaistussuunnittelu on pieni, mutta tärkeä osa stressivapaiden tilojen suunnittelussa, jossa pyritään ottamaan huomioon kaikki ihmisen aistit.

Kaikkia tiloja ei ole mahdollista eikä tarpeellista toteuttaa viimeisimpien valaistustekniikoiden avulla. Usein kustannukset nousevat esteeksi halutulle valaistusratkaisuille. On kuitenkin tärkeää pyrkiä aina palvelemaan tilan käyttäjiä parhaalla mahdollisella tavalla.

Esimerkkikohteet eivät ehtineet valmistua insinööriyön aikana, joten en päässyt arvioimaan tilojen valmiita valaistusratkaisuja. En siis voinut arvioida tässä insinööriyössä oman työni lopputulosta haluamassani määrin, mutta koen oppineeni projektin aikana paljon uutta sisävalaistuksesta. Uskon, että osaan nyt lähestyä sisävalaistussuunnitelua useammasta näkökulmasta ja luomaan paremmin tilaa palvelevia ratkaisuja kuin ennen projektin aloittamista.

Suunnitteluohjelmien sujuva käyttö on tärkeää suunnitteluprosessin kokonaisuuden kannalta. DIALux 4.13:n ja DIALux evon vertailussa selvisi, että molemmilla ohjelmilla on omat vahvuutensa ja siksi molemmat ohjelmat on hyvä olla käytössä. Jos tarvittavat tulokset halutaan nopeasti ja yksinkertaisesti esille, on DIALux 4.13 hyvä valinta. DIALux evo taas on oikea valinta, jos halutaan mallintaa tila ja laajemmat valaistuslaskennan tulokset. Tyhjää tilaa laskettaessa molempien ohjelmien tulokset olivat lähellä toisiaan. Kun tilat kalustettiin ja rakennusaukot lisättiin, antoi DIALux evo hieman pienempiä valaistusvoimakkuusarvoja kuin DIALux 4.13. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että DIALux evo ottaa paremmin huomioon mallinnettujen tilojen objektit.

CADSin ja MagiCADin vertailua tehdessä iso osa ajasta kului MagiCADin pohjana toimivan AutoCADin asetusten tutkimiseen. MagiCADista saadaan varmasti tulevaisuudessa enemmän irti, kun käyttökokemus ohjelman parissa kasvaa. Seuraava vaihe MagiCADin käyttöönotossa Insinööritoimiston Staconin osalta on luoda yhteiset pohjat, asetukset ja toimintatavat ohjelman käytön suhteen. Jos MagiCAD otetaan aktiivisempaan käyttöön, olisi Room-lisenssi myös hyvä hankkia helpottamaan valaistuslaskelmien suorittamista. Tässä projektissa saamani tietojen perusteella pystyn varmasti autamaan MagiCADin käyttöönoton kanssa tulevaisuudessa.

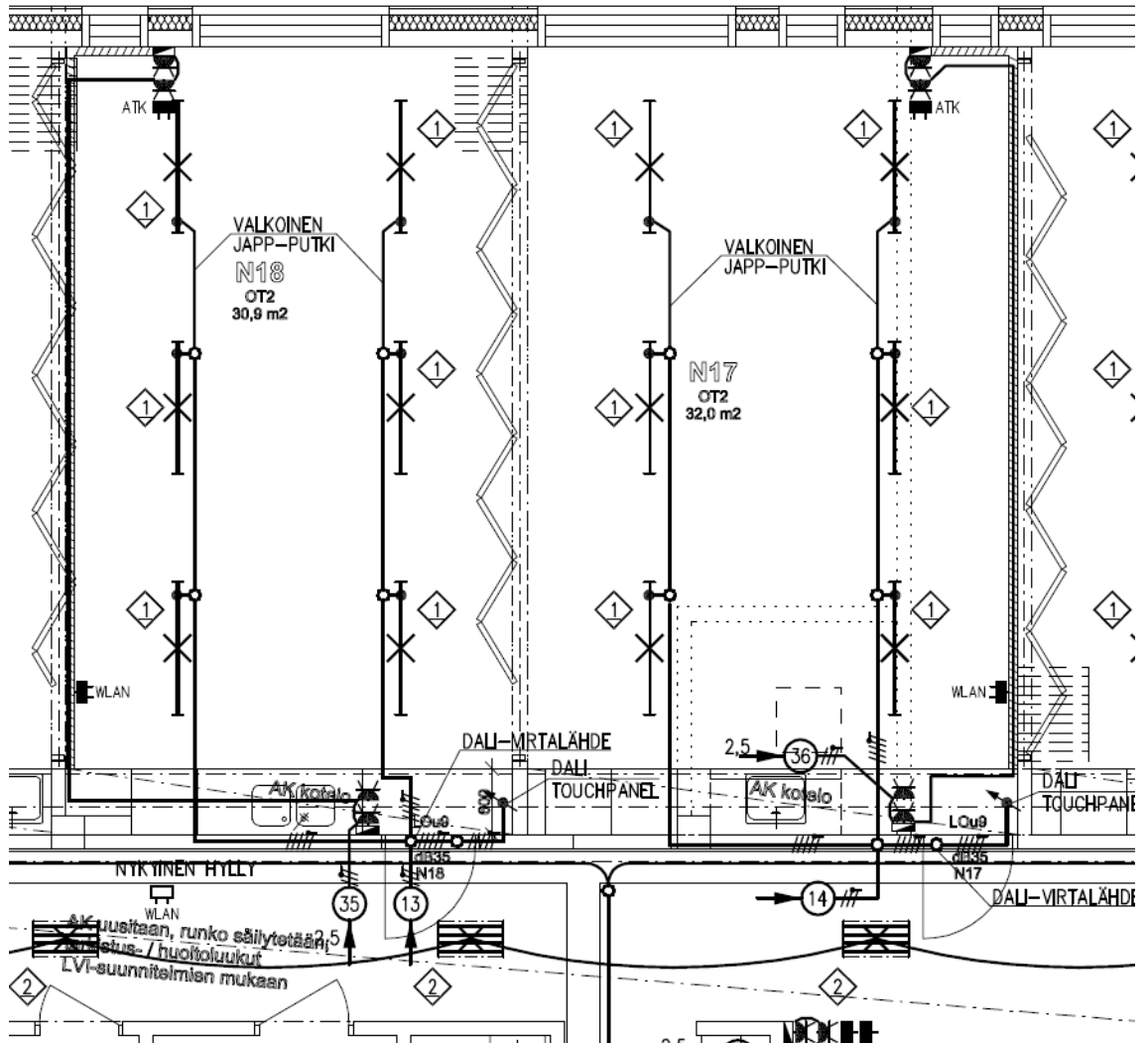
Lähteet

- 1 Kallasjoki, T. 2015. Valaistustekniikan perusteita. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 2 Valovoima. 2016. Verkkójulkaisu. <https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/kandela-valovoima/>. Luettu 12.1.2017.
- 3 Valaistussuunnittelijan käsikirja. 2009. Verkkodokumentti. Fagerhult Oy. http://np.netpublicator.com/np/n30265811/tekniskinfo_fi_09.pdf. Luettu 20.1.2017.
- 4 ST 58.07 Valaistuksen laadun arviointi ja mittaus, ST-kortisto 2005. Sähkötietyöry.
- 5 Valonväri. 2017. Verkkójulkaisu. Fagerhult Oy. <http://www.fagerhult.com/fi/Valaistustietoutta/LED/Valaistuksen-kokonaisvaikutelma-ja-valon-vari/>. Luettu 2.3.2017.
- 6 MacAdamin ellipsi. Verkkodokumentti. Researchgate. https://www.researchgate.net/figure/283213366_fig2_Figure-2-MacAdam-Ellipses-in-CIE-1931-chromaticity-diagram-18. Luettu 28.3.2017.
- 7 SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: sisätilojen työkohteiden valaistus. 2011. Helsinki. Suomenstandardoimisliitto SFS ry.
- 8 Tietoja valaisimista. 2016. Verkkójulkaisu. Lumenluxstore. <http://www.lumenluxstore.fi/Tietoja-valaisimista>. Luettu 1.4.2017.
- 9 Ledien luotettava kytkentä ja himmennys. 2016. Theben. Esite.
- 10 Käynnistymisvirta. 2017. Verkkójulkaisu. Eldoled. <https://www.eldoled.com/support/learning-center/how-to-choose-the-right-circuit-breaker/>. Luettu 20.3.2017.
- 11 Riikkula, J. 2015. Sisävalaistustekniikka – valaistuksenohjaustavat. Valoakatemia. Helsinki. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 12 Valaistuksen ohjaus. 2016. Verkkodokumentti. Valaistustieto. <https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/valaistuksen-ohjaus/>. Luettu 12.2.2017.
- 13 DALI teoria. 2014. Verkkodokumentti. OAMK. http://www.oamk.fi/~kurki/Valaistustekniikka/DALI_teoria_joulu2014.pdf. Luettu 13.2.2017.
- 14 Vesa, J. 2016. Katsaus valaistusstandardeihin. Valoakatemia. Helsinki. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 15 Ledien elinikä. 2016. Verkkójulkaisu. Glamox. <http://glamox.com/fi/ledien-elinika1>. Luettu 1.3.2017.

- 16 Kallasjoki, T. 2016. Sisätyöpaikkojen valaistus. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 17 Kallasjoki, T. 2016. Valon väriominaisuudet. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 18 Valaistus. 2016. Verkkojulkaisu. Motiva.
<http://www.motivanhankintapalvelu.fi/tietopankki/valaistus>. Luettu 21.2.2017.
- 19 Energiatehokas valaistus. 2016. Verkkojulkaisu. Valaistustieto.
<https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/>. Luettu 21.2.2017.
- 20 Kymdata. 2017. Verkkojulkaisu.
<http://www.cadsplanner.com/en/Contact/Company%20information/Kymdata%20Oy/>. Luettu 1.4.2017.
- 21 Progman Oy. 2017. Verkkojulkaisu. <https://www.magicad.com/fi/progman-oy/>.
Luettu 1.4.2017.
- 22 DIAL. 2017. Verkkojulkaisu. <https://www.dial.de/en/dialux/>. Luettu 1.4.2017.
- 23 Stress Free Area. 2013. Verkkojulkaisu. Conbalance. <http://conbalance.com/>.
Luettu 28.1.2017.
- 24 Stress Free Area. 2006. Verkkojulkaisu. Ylioppilaslehti.
<http://ylioppilaslehti.fi/2006/10/rauhaisan-tien-kulkija/>. Luettu 28.1.2017.
- 25 Uuden sukupolven konseptisuunnittelu. 2016. Verkkojulkaisu.
<http://www.slideshare.net/ElisaAu/konseptisuunnittelusjroosmargit?ref=http://www.silab.fi/tag/stress-free-area/>. Luettu 28.01.2017.
- 26 Stress Free Area. 2017. Verkkojulkaisu. Kotona. <http://www.kotona.fi/meidantalossa/10-vinkkia-stressittomaan-kotiin>. Luettu 8.4.2017.
- 27 Ihmiskeskeinen valaistus. 2016. Verkkojulkaisu. Helvar Oy.
<https://www.helvar.com/fi/uutiset/raportti-ihmiskeskeinen-valaistus/>. Luettu 4.4.2017.
- 28 Juslén, H. 2016. Ihmiskeskeinen valaistus. Valoakatemia. Helsinki. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 29 Aura Light Touchpanel. 2016. Verkkodokumentti. Aura Light.
http://www.auralight.com/wp-content/uploads/Lunatone_Art24035465_DALI_Touchpanel_Datasheet_EN.pdf.
Luettu 23.3.2017.
- 30 Keskustelu Aura Lightin tuote-esittelijän Jani Mustosen kanssa Valo/on 2017 – messuilla 1.2.2017

- 31 Henkilökohtaista valoa. 2016. Verkkajulkaisu. Fagerhult Oy.
<http://www.fagerhult.com/fi/Tunable-white/Henkilokohtaista-valoa/Kuinka-tekniikka-toimii-kaytannossa/>. Luettu 2.3.2017.
- 32 Auralight Lezzon TW. 2017. Verkkodokumentti. Aura Light.
<http://www.auralight.fi/wp-content/uploads/2015/08/FI-Lezzon-TW.pdf>. Luettu 2.3.2017.
- 33 Väriämpötilat. 2016. Verkkajulkaisu. Shutterstock.
<https://www.shutterstock.com/blog/color-temperature-3-point-lighting-basics>. Luettu 8.4.2017.
- 34 Vätilämpötilan säätö. 2016. Verkkajulkaisu. Valokas.
<http://www.valokas.fi/fi/varilampotilan-saato-ctt>. Luettu 15.2.2017.
- 35 Nylund PD4-M. 2017. Verkkodokumentti. Nylund.
<http://www.nylund.fi/fi/tuotteet/valaistuksen-ohjaus/luxomat-tunnistimet/sisatilojen-lasnaolotunnistimet-2/dalidsi-ohjaus/pd4-m-dalidsi.html#.WMKP-vmLTIU>. Luettu 8.2.2017.
- 36 ST 58.31 Valonlähteiden säätö ja ohjaus. ST-kortisto. 2005. Sähkötieto ry.
- 37 Philips TrueLine. 2017. Verkkodokumentti. Philips.
http://www.lighting.philips.fi/prof/sisaevalaisimet/ripustusasennettavat/trueline-ripustettava/910504097203_EU/product. Luettu 4.4.2017.
- 38 Johdonsuojakatkaisijat. 2016. Verkkodokumentti. Hager.
<http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/johdonsuojakatkaisijat-tekniset-tiedot-11fi0211.pdf>. Luettu 4.3.2017.
- 39 Philips CoreLine. 2017. Verkkodokumentti. Philips.
http://www.lighting.philips.fi/prof/sisaevalaisimet/uppoasennettavat/coreline-panel/910503910128_EU/product. Luettu 4.3.2017.
- 40 Osram DALI MCU. 2016. Datalehti.
- 41 Fagehult Multilume Flat Opal. 2017. Datalehti.
- 42 SFS 6000-7-710. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. 2012. Helsinki. Suomenstandardoimisliitto SFS ry.
- 43 Reunanen, J., Nenonen, S., Eskelinen, M. 2006. Kiinteistöjohtamisen vaikutusmahdollisuuksista organisaation toimintaan.
- 44 Auralight Oy. Puhelinkeskustelu Anne Mäkelän kanssa. 1.4.2017.
- 45 Juslén, H. 2016. Valaistus ja tuottavuus. Valoakatemia. Helsinki. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 46 Progman Oy. Puhelinkeskustelu Niklas Dahlbergin kanssa. 1.4.2017.

Esimerkkikohde 1 – vahvavirtajohdotuspiirustus, osapohja



Esimerkkikohde 2 – DIALux evo valaistuslaskelmat

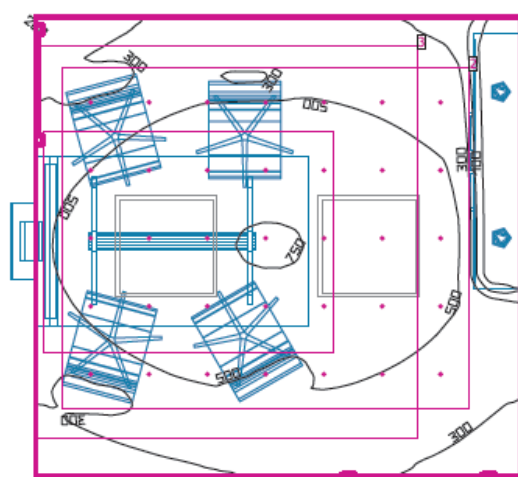
neuvotteluhuone

3.3.2017

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Tila 1 / Tilan yhteisvalo

DIALux

Tila 1



Tilan korkeus: 2.500 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 käyttötaso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.850 m, Reuna-alue: 0.000 m	457 (500)	4.52	759	0.01	0.01

EN 12464-1

2 Työkohde 1	Horisontaali valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 1.200 m	690 (50.0)	394	1022	0.57	0.39
	Sylinterivalaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 1.200 m	221 (50.0)	176	265	0.80	0.66
	Mallinnus Korkeus: 1.200 m	0.32 (0.60)	0.45	0.26	/	/
3 työalue	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Ympäröivä alue: 0.500 m	605 (500)	436	727	0.72	0.60
Ympäröivä alue 1	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx]	453 (300)	212	682	0.47	0.31
4 Tausta-alue 1	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Reuna-alue: 0.000 m	179 (100)	47.2	286	0.26	0.17

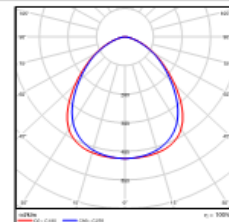
Sylinterivalaistusvoimakkuus (Rasteri)

Keskiarvo (todellinen): 221 lx, Min.: 176 lx, Maks.: 265 lx, Min./keskim.: 0.80, Min./ maks.: 0.66
Korkeus: 1.200 m

Numer o Kappalemäärä

1	2	Philips Lighting RC127V W60L60 1x LED34S/830 OC Käyttötehoaste: 99.96% Lampun valovirta: 3400 lm Valaisimien valovirta: 3399 lm Teho: 41.0 W Valoteho: 82.9 lm/W Värimetriset tiedot LED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100
---	---	---

Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.



Lamppujen kokonaisvalovirta: 6800 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 6798 lm, Kokonaisteho: 82.0 W, Valoteho: 82.9 lm/W

Ominaisliitäntäteho: 10.66 W/m² = 2.33 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala 7.70 m²)

Kulutus: 230 kWh/a enimmäisarvosta 300 kWh/a

Esimerkkikohde 2 – DIALux 4.13 valaistuslaskelmat

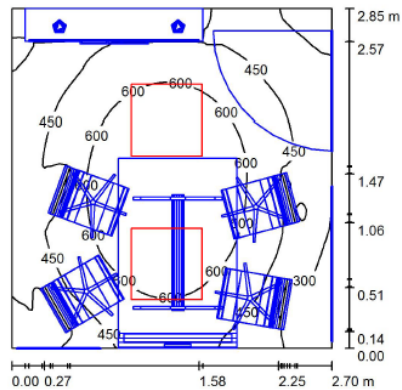
Projekti 2

DIALux

30.03.2017

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

neuvotteluhuone / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.500 m, Asennuskorkeus: 2.543 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:37

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	496	46	750	0.093
Lattia	20	176	8.67	389	0.049
Katto	70	107	4.93	147	0.046
Seinät (4)	60	179	1.17	625	/

Käyttötaso:
Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.000 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS RC127V W60L60 1x LED34S/830 OC (1.000)	3400	3400	41.0
Yhteensä:			6800	6800	82.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $10.66 \text{ W/m}^2 = 2.15 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 7.69 m^2)

DIALux 4.13 by DIAL GmbH

Sivu 1

Työalue ja ympäröiväalue

Numero	Tunnus	Rasteri	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
	Työalue 2	16 x 16	648	451	752	0.697	0.601
	Ympäröivä alue	128 x 128	522	215	700	0.411	0.307

Sylinterivalaistusvoimakkuus

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
228	167	267	0.733	0.625

Esimerkkikohde 3 – vahvavirtajohdotuspiirustus, osapohja, MagiCad

