

Jukka Virtanen

Myymälävalaistuksen muutostyön suunnittelu

Kohti energiatehokkaampaa valaistusta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

28.12.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jukka Virtanen Myymälävalaistuksen muutostyön suunnittelu Kohti energiatehokkaampaa valaistusta 45 sivua + 7 liitettä 28.12.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Tapio Kallasjoki Tuotekehitys- ja teollisuusmyyntipäällikkö Mika Nummenpalo
<p>Tässä insinööriyössä on tutkittu Vantaan Tammistossa sijaitsevan litalan outlet-myyvälän valaistuksen muutostyötä. Tilan vanhaa valaistusjärjestelmää on arvioitu valaistusvoimakkuusmittauksin, henkilökuntaa haastattelemalla ja selvittämällä energiankulutus.</p> <p>Insinööriyössä on esitetty tilan toteutus LED-valaistuksella. Sama tila on esitetty myös monimetallivalaisimilla. Tavoitteena on saada energiatehokas ja yhteneväinen valaistus muiden litalan myymälöiden kanssa. Työssä on tutkittu standardin asettamia vaatimuksia valaistukselle.</p> <p>Vanhassa valaistuksessa valaistusvoimakkuus ylitti reilusti vaatimukset. Valaistus oli toteutettu monimetallivalaisimilla ja tästä johtuen energiatehokkuus oli hyvä. Tila kannattaisi toteuttaa LED-valaisimilla, koska energiatehokkuus olisi vielä parempi. Lisäksi myymälät ovat yhtenäisemmät ja viihtyisämmät, kuin erilaisilla valaistusjärjestelmillä toteutettuna.</p> <p>Toteutunut uusi valaistusjärjestelmä on tehty vanhoilla monimetallikohdevalaisimilla sekä toisentyypisellä monimetalliriippuvalaisimella. LED-valaistusta ei myymälätilaan tullut.</p>	
Avainsanat	valaistus, LED-valaistus, energiatehokkuus, suunnittelu, myymälävalaistus, energian säästö

Author Title	Jukka Virtanen Lighting Design Towards a More Energy Efficient Lighting
Number of Pages Date	45 pages + 7 appendices 28 December 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer Mika Nummenpalo, Product development & Industry Sales- manager
<p>In this thesis the lighting modification to the Iittala outlet store in Vantaa Tammisto is evaluated. The old lighting system was evaluated by illuminance strength measurements, interviewing the staff and analyzing the energy consumption.</p> <p>The thesis presents the room fitted with LED-lighting. The same room is shown also using the metal halide lamps. The objective was to create energy-efficient lighting which is consistent with other Iittala stores. The study discusses the requirements of the lighting standard.</p> <p>With the old lighting, illuminance greatly exceeded the requirements. Lighting was implemented by metal halide lamps and as a result, energy efficiency was good. The room should be done with LED lighting, as energy efficiency is better that way. In addition, this way the stores are more unified and comfortable than they are when implemented with other lighting systems.</p> <p>The new lighting system is made with old metal halide downlights, as well as a with different type of metal halide pendant luminaires. The new lighting system was evaluated by illumination strength measurements, interviewing the staff and analyzing the energy consumption. LED lighting was not taken into use in the store.</p>	
Keywords	lighting, LED lighting, energy efficiency, design, Shop lighting, energy saving

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työkohteiden valaistus	1
2.1	Yleistä sisätyöpaikkojen valaistusstandardista	1
2.2	Standardissa esiintyvät termit ja määritelmät	2
2.3	Valaistussuunnittelun perusteet	3
2.3.1	Valaistusympäristö	3
2.3.2	Luminanssijakauma	3
2.3.3	Pintojen heijastumiskertoimet	4
2.3.4	Pintojen valaistusvoimakkuus	4
2.4	Valaistusvoimakkuus	5
2.4.1	Määrittely	5
2.4.2	Valaistusvoimakkuusasteikko	5
2.4.3	Työalueen valaistusvoimakkuudet	5
2.4.4	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus	6
2.4.5	Tausta-alueen valaistusvoimakkuus	8
2.4.6	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus työalueella	8
2.5	Valaistusvoimakkuuden arviointiruudukko	9
2.6	Häikäisy	10
2.6.1	Määritelmä	10
2.6.2	Kiusahäikäisy	11
2.6.3	Häikäisy suojaus	12
2.6.4	Harsoheijastuma ja heijastushäikäisy	12
2.7	Sisätilan valaiseminen	13
2.7.1	Yleistä	13
2.7.2	Keskimääräinen sylinterivoimakkuus toimitilassa	13
2.7.3	Muodonanto	13
2.7.4	Näkötehtävien suunnattu valaistus	14
2.8	Väriominaisuudet	14
2.8.1	Yleistä	14
2.8.2	Värivaikutelma	14
2.8.3	Värintoisto	15
2.9	Välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö	15

2.10	Näyttöpäätetyötilojen valaistus	16
2.10.1	Määritelmä	16
2.10.2	Valaisimien alaspäin suunnatun valovirran luminanssirajat	16
2.10.3	Luminanssirajat valaisimille, jotka voivat heijastua näytöstä normaaleissa katselusuunnissa	16
2.11	Valaistuksen alenemakerroin	17
2.12	Energiatehokkuusvaatimukset	18
2.13	Päivänvalon edut	18
2.14	Valon vaihtelevuus	19
2.15	Valaistusvaatimustaulukot	19
2.15.1	Työssä käytettävä taulukko	19
2.15.2	Taulukoiden rakenne	19
2.16	Todentaminen	20
2.16.1	Määritelmää	20
2.16.2	Valaistusvoimakkuudet	20
2.16.3	UGR- häikäisyindeksi	20
2.16.4	Värintoisto ja värivaikutelma	21
2.16.5	Valaisimen luminanssi	21
2.16.6	Huolto-ohjelma	21
3	Nykyisen järjestelmän arviointi	21
3.1	Nykyiset valaisimet	21
3.2	Nykyvalaistuksen oma-arviointi	23
3.3	Henkilökunnan arviot	23
3.4	Valaistusvoimakkuusmittaukset nykyiselle valaistukselle	25
3.5	Nykyisen valaistuksen arviointi standardin EN 12464-1 mukaan	26
3.5.1	Pintojen heijastuskertoimet	26
3.5.2	Pintojen valaistusvoimakkuus	26
3.5.3	Valaistusvoimakkuus	27
3.5.4	Häikäisy	28
3.5.5	Sisätilan valaiseminen	28
3.5.6	Väriominaisuudet, värintoisto, välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö	28
3.5.7	Näyttöpäätetyötilojen valaistus, valaistuksen alenemakerroin ja energiatehokkuusvaatimukset	29
3.5.8	Päivänvalon lisäedut, valon vaihtelevuus ja valaistusvaatimustaulukot	29

4	Suunniteltu uusi valaistusjärjestelmä	30
4.1	Tila	30
4.2	Valaistussuunnitelma	31
4.3	Energiatehokkuusvertailua	35
4.4	Suunnitelmien arviointi	36
5	Toteutunut valaistusjärjestelmä	37
5.1	Remontoidun tilan valaistusvoimakkuudet	37
5.2	Henkilökunnan arviot	38
5.3	Havaintoihin perustuva arvio	39
5.4	Energiatehokkuusarvio	41
6	Yhteenveto	44
	Lähteet	45
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelut ennen remonttia	
	Liite 2. Mittauspöytäkirjat ennen remonttia	
	Liite 3. LED- valaistussuunnitelma	
	Liite 4. Monimetallivalaistussuunnitelma	
	Liite 5. Haastattelut jälkeen remontin	
	Liite 6. Easy Led Oy:n markkinointimateriaali PRO-1 Oslon	
	Liite 7. Mittauspöytäkirja jälkeen remontin	

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä käsitellään valaistuksen muutostyön suunnittelua litalan Tamministon myymälässä. Uudella valaistuksella pyritään energiatehokkuuteen ja yhtenäiseen linjaan muiden litalan myymälöiden kanssa. Työn tarkoituksena on selvittää valaistuksen nykytila ja se, päästäänkö uudella valaistuksella haluttuun lopputulokseen.

Aluksi tarkastellaan valaistuksen laadullisia ja määrällisiä vaatimuksia. Nämä tekijät löytyvät standardista SFS-EN 12464-1. Standardi määrittelee sisätyötilojen määrälliset ja laadulliset valaistusvaatimukset. Standardi ei käsittele valaistusta asiakkaiden kannalta, mutta antaa kuitenkin vaatimukset näkemisen kannalta hyvälle valaistukselle. Standardin asettamat vaatimukset toteutuvat myymälässä.

Nykyistä valaistusjärjestelmää arvioidaan sisävalaistusstandardin, oma-arvioinnin, valaistusvoimakkuusmittauksien ja henkilökunnan arvioiden kautta. Insinööriyössä esitetään valaistussuunnitelma toteutettuna LED-valaisimilla ja monimetallivalaisimilla sekä arvioidaan toteutunut valaistusjärjestelmä.

Insinööriyö tehdään Easy Led Oy:lle ja tavoitteena on saada näkyvyyttä energiatehokkaan valaistuksen toteutukselle. LEDit ovat kuuma puheenaihe valaistusalalla. LED-valaistus yleistyy voimakkaasti ja työssä tutkitaan sen mahdollisuuksia myymälävalaistuksessa.

2 Työkohteiden valaistus

2.1 Yleistä sisätyöpaikkojen valaistusstandardista

Standardi SFS-EN 12464-1 käsittelee sisätilojen valaistusta. Standardin johdannossa mainitaan:

Jotta näkötehtävät pystyttäisiin suorittamaan tehokkaasti ja tarkasti, tarvitaan riittävä ja tarkoituksenmukainen valaistus. Toiminnan tyyppi ja kesto vaikuttavat vaadittavaan näkyvyyteen ja näkömukavuuteen erilaisilla työpaikoilla. [1, s. 8.]

Standardin yleisohjeita tulee noudattaa, vaikka erilaisilla tiloilla on omia erityisvaatimuksia, jotka on esitetty omissa taulukoissaan. Tätä eurooppalaista standardia sovelletaan määrittelemään sisätyötilojen valaistusvaatimukset normaalinäkökykyisille, ottaen huomioon näkötehokkuus ja näkömukavuus. Standardi käsittelee yleisimpiä näkötehtäviä, sisältäen myös päätetyöskentelyn. Standardi määrittelee määrälliset ja laadulliset vaatimukset sisätyöpaikoille sekä niihin liittyville alueille. [1, s. 10.]

Standardi ei määrittele valaistusvaatimuksia alkaen turvallisuudesta ja terveydestä, joten se ei ole yhdenmukainen EU:n työturvallisuusdirektiivin kanssa, standardin valaistusvaatimukset kuitenkin yleensä täyttävät turvallisuusvaatimukset.

Standardissa ei esitetä ratkaisumalleja eikä puututa suunnittelijan vapauteen eikä määrittellä, miten valon voi tuottaa. Standardi ei myöskään kata ulkotyöpaikkoja, maanalaisia kaivoksia eikä turvavalaistusta. [1, s. 10.]

2.2 Standardissa esiintyvät termit ja määritelmät

Standardissa käytetyt termit ja määritelmät ovat seuraavat:

- toiminta-alue (activity area)
alue jonka sisällä tiettyä toimintaa suoritetaan
- tausta-alue (background area)
- näyttölaite (display screen equipment, DSE)
aakosnumeerinen tai graaffinen kuvaruutu, käytettävästä näyttöprosessista riippumatta
- välitön lähiympäristö (immediate surrounding area)
näkökentässä oleva työaluetta ympäröivä kaista
- kattoikkuna (roof light)
rakennuksen katossa tai vaakasuorassa pinnassa oleva päivänvaloa tuottava aukko
- häikäisysoojakulma (shielding angle)
kulma, jonka muodostavat vaakataso ja linja, jonka suunnassa lampun valaisivat osat alkavat näkyä valaisimessa
- työalue (task area)
alue, jonka sisällä näkötehtävä suoritetaan

- ikkuna (window)
rakennuksen vaipan pystysuoraan tai lähes pystysuorassa osassa oleva päivänvaloa tuottava aukko
- työpaikka (work place)
paikka, joka on tarkoitettu käsittämään yrityksen tai laitoksen tiloissa olevat työpisteet, ja muu paikka yrityksen tai laitoksen alueella, johon työntekijällä on pääsy työssäoloaikanaan.
- työpiste (work station)
työvälineiden yhdistelmä ja niiden järjestely tilaan työympäristön ympäröimänä ja työtehtävien edellyttämällä tavalla. [1, s. 12.]

2.3 Valaistussuunnittelun perusteet

2.3.1 Valaistusympäristö

Vaaditun valaistusvoimakkuuden lisäksi on tärkeää huomioida myös laadulliset ja määrälliset tarpeet. Näkömukavuus, näkötehokkuus ja turvallisuus on otettava huomioon määritettäessä valaistusta. Näkömukavuus työympäristössä vaikuttaa positiivisesti työssä viihtymiseen, minkä seurauksena työn tuottavuus ja laatu paranee. Näkötehokkuus parantaa näkötehtävää ja auttaa suoriutumaan työtehtävästä myös vaikeissa olosuhteissa sekä pitemmän aikaa. Turvallisuus syntyy riittävästä valaistuksesta. [1, s. 14.]

Näköympäristön tekijöitä suhteessa keino- ja päivänvaloon ovat luminanssijakauma, valaistusvoimakkuus, valon suuntaus, sisätilan valaisu, valon vaihtelevuus (valon tasot ja värit), valon värintoisto-ominaisuudet, häikäisy ja välkyntä. [1, s. 14.]

2.3.2 Luminanssijakauma

Näkökentän luminanssijakauma määrittää silmien sopeutumistason, mikä vaikuttaa kohteen näkyvyyteen. Tasapainoinen sopeutumisluminanssi parantaa näöntarkkuutta ja kontrastiherkkyttä sekä tehostaa näköaistin toimintoja. Kontrastiherkkyys tarkoittaa pienten suhteellisten luminanssierojen havaitsemista. Näköaistin toimintoja ovat ainakin silmän mukautuminen eri katseluetäisyyksiin (akkommodaatio), silmien kyky kääntyä symmetrisesti sisäänpäin (konvergenssi), pupillien kokomuutos ja silmien liikkeit. [1, s. 14.]

Näkömukavuuden osatekijä on näkökentän luminanssijakauma. Tästä johtuen tulee välttää liian suuria luminansseja, koska ne aiheuttavat häikäisyä. Toisaalta liian pienet luminanssit ja luminanssikontrastit tekevät työpaikasta yksitoikkoisen. Liian suuret luminanssikontrastit aiheuttavat näköväsymystä, koska silmillä on jatkuva sopeutumistason muuttumistarve. [1, s. 14.]

Pyrittäessä tasapainoiseen luminanssijakaumaan on otettava huomioon kaikkien pintojen luminanssit. Ne määritellään pintojen heijastusominaisuuksien ja valaistuksen avulla. Sisäpintojen, erityisesti katon ja seinien tulee olla valoisia. Tällä parannetaan mukavuus- ja sopeutumistasoa sekä vältetään hämärää. Soveltuvat heijastussuhteet ja valaistusvoimakkuudet tulee suunnittelussa ottaa huomioon kappaleiden 2.3.3 ja 2.3.4 mukaan. [1, s. 14.]

2.3.3 Pintojen heijastumiskertoimet

Heijastumiskerroin tarkoittaa, kuinka suuri prosentuaalinen osuus tietylle pinnalle lankeavasta valovirrasta heijastuu takaisin. Vaaleilla pinnoilla ovat suuret heijastuskertoimet, tummilla pinnoilla matalat. Esimerkiksi ovat valkoinen seinä 0.85, vaalea puuverhoilu 0.35 sekä punatiiliverhoilu 0.15. Mitä tummemmat pinnat huoneessa on sitä enemmän valoa tasainen valaistuksen voimakkuus vaatii. [2.]

Suosituksat heijastuskertoimesta tärkeimmille hajaheijastaville pinnoille ovat katto (0.7-0.9), seinä (0.5-0.9) ja lattia (0.2-0.4). Tilassa oleva tärkeä esine tai esineet (0.2-0.7). Esineellä standardissa tarkoitetaan esimerkiksi kalusteita ja koneita. [1, s. 16]

2.3.4 Pintojen valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuuden E_m (vähimmäiskeskisarvo) tulee olla seinillä > 50 lx ja katossa > 30 lx. Valaistuksen yleistasaisuus U_0 (vähimmäisarvo) tulee olla seinillä ja katossa ≥ 0.1 . On huomioitava että käytännössä esimerkiksi hyllyvarastoissa yleensä näihin valaistusvaatimuksiin ei päästä, ja näin ollen lievemmat vaatimukset sallitaan. [1, s. 16.]

Toimistoissa, opetustiloissa, terveydenhuoltotiloissa, sisäänkäynneissä ja portaikoissa sekä vastaavissa tulee olla parempi valaistus. Suositeltavat arvot edellä mainituille tiloille ovat seuraavat: valaistusvoimakkuuden E_m (vähimmäiskeskisarvo) tulee olla seinillä > 75 lx ja katossa > 50 lx. Valaistuksen yleistasaisuuden U_0 (vähimmäisarvo) tulee olla ≥ 0.1 seinillä ja katossa. [1, s. 16.]

2.4 Valaistusvoimakkuus

2.4.1 Määrittely

Valaistusvoimakkuudella ja valaistusjakaumalla on suuri merkitys työpaikan alueeseen, ja siitä riippuu kuinka nopeasti, turvallisesti ja miellyttävästi ihmiset pystyvät hahmottamaan näkötehtävän ja suoriutumaan siitä. Kaikki standardissa esitetyt valaistusvoimakkuudet ovat ylläpidettäviä valaistusvoimakkuuksia sekä täyttävät näkömukavuus- ja näkötehokkuustarpeet. [1, s. 16.]

2.4.2 Valaistusvoimakkuusasteikko

Valaistuserojen subjektiivista havainnointia helpottamaan on annettu suositukset (portaittain) valaistusvoimakkuuksien tasoina (lukseina). Tasot perustuvat standardiin EN 12665. [1, s. 16.]

Suosittelut valaistusvoimakkuusasteikko:

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

2.4.3 Työalueen valaistusvoimakkuudet

Standardissa esitetyt valaistusvoimakkuuden ylläpitoarvot ovat työalueen tarkastelutasolla. Taso voi olla vaakasuora, pystysuora tai kallistettu. Jokaisessa työtehtävässä on oma keskimääräinen valaistusvoimakkuus (taulukko 6), jota ei saa alittaa riippumatta valaisimien iästä tai kunnosta. Arvot vastaavat tyypillisempiä näkötilanteita. Arvot huomioivat näkömukavuuden, hyvinvoinnin, näkötehtävien vaatimukset, näköergonomian, käytännön kokemuksen, vaikutuksen omaan turvallisuuteen ja taloudellisuuteen. [1, s. 16.]

Valaistusvoimakkuutta tulee muuttaa ainakin yhden portaan verran, kun näköolosuhteet poikkeavat tavanomaisesta. Vaadittuja arvoja pitäisi kasvattaa, kun

- kyseessä on kriittinen näkötehtävä
- virheistä syntyy huomattavia kustannuksia
- vaaditaan tarkkuutta ja korkeampaa tuottavuutta sekä keskittymistä
- kohde on pieni tai kontrastit ovat huonot
- työsuorite on poikkeuksellisen pitkäkestoinen
- työntekijän kyky nähdä on normaalia matalampi [1, s. 18.]

Vaadittuja arvoja pitäisi vähentää, kun

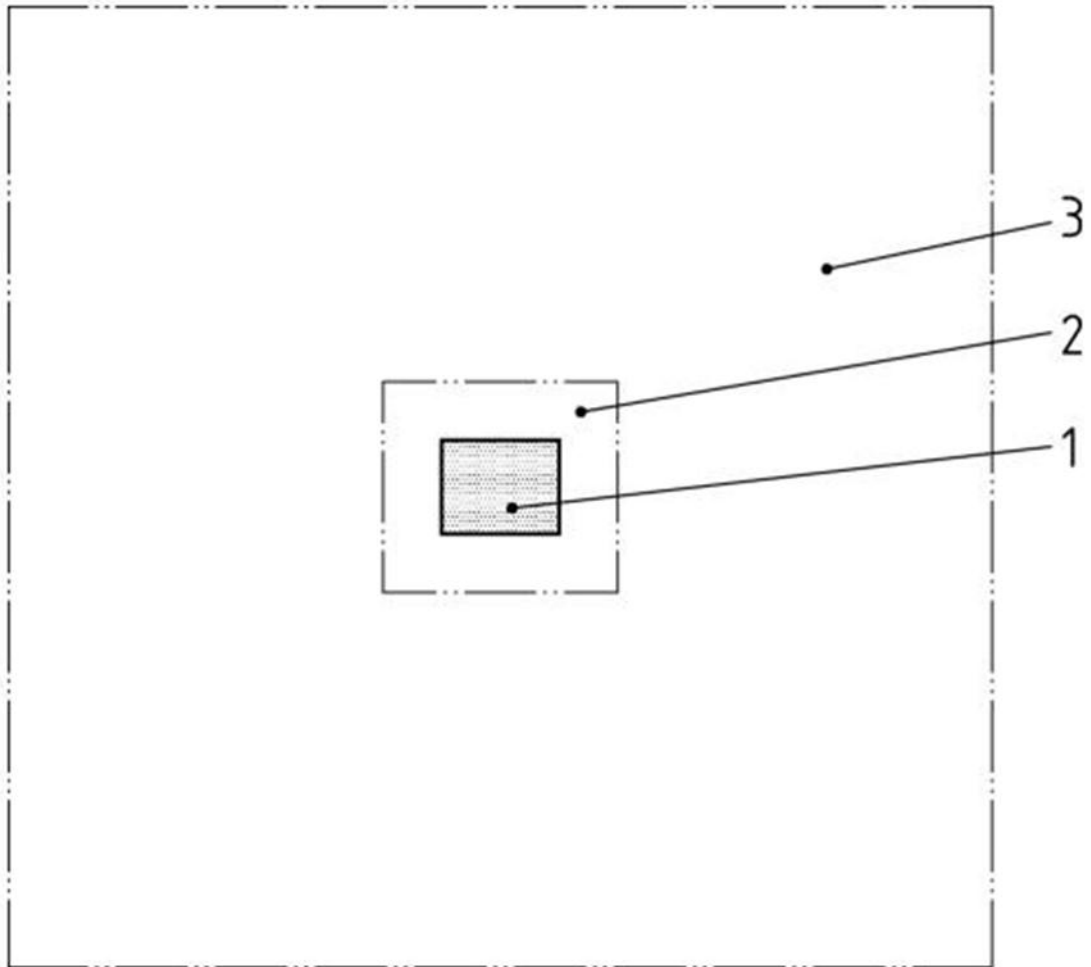
- kohde on tai sen kontrastit ovat erityisen suuret
- työsuorite on poikkeuksellisen lyhytkestoinen [1, s. 18.]

Työalueen dokumentointi

Työalueesta määritellään koko ja sijainti. Kun näitä ei tunneta, on koko alue työaluetta. Työalue valaistaan tasaisesti ($U_0 \geq 0,40$) suunniteltuun valaistusvoimakkuuteen. Työalueen tullessa tunnetuksi valaistussuunnittelu on tehtävä uudelleen. Kun alueen työtehtäviä ei tiedetä, suunnittelijan on tehtävä niistä oletuksia. Lisäksi tulee ottaa huomioon työn aiheuttamat vaatimukset. [1, s. 18.]

2.4.4 Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus

Työalueen ympärillä on välitön lähiympäristö, joka on vähintään 0.5 m leveä vyöhyke näkökentässä (kuva 1). Välittömän lähiympäristön ympärillä on tausta-alue, joka on vähintään 3 m leveä alue tilan asettamissa puitteissa. [1, s. 20.]



Kuva 1. 1 työalue, 2 välitön lähiympäristö ja 3 tausta-alue [1, s. 20]

Huomattavat valaistusvoimakkuuden muutokset työympäristössä aiheuttanevat silmien väsymistä ja epämukavuuden tunnetta. Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuden pitää olla suhteessa työalueen valaistusvoimakkuuteen. Näkökenttään pitäisi saada tasapainoinen luminanssijakauma. [1, s. 20.]

Välittömässä lähiympäristössä on yleensä alhaisempi valaistusvoimakkuus kuin työalueella, mutta se ei saa alittaa taulukon 1 arvoja. Lisäksi tulee ottaa huomioon sopeutumisluminanssi. Välitön lähiympäristö pitäisi dokumentoida, suorittaa koon ja sijainnin määrittely. [1, s. 20.]

Taulukko 1. Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhde [1, s. 20].

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

Välittömän lähiympäristön minimimitat on annettu kappaleen alussa [1, s. 20].

2.4.5 Tausta-alueen valaistusvoimakkuus

Yleensä sisätyöpaikoilla tausta-alueen valaistustarve on suuri, koska tilojen tehokkaasta käytöstä johtuen työtä tehdään usein myös iltaisin. Tausta-alueen tulisi olla vähintään 3 m:n levyinen alue, joka on välittömän lähiympäristön ympärillä. Kuitenkin tausta-alue toteutuu tilan asettamissa rajoissa ja siinä ylläpidetyn valaistusvoimakkuuden tulee olla 1/3 välittömässä lähiympäristössä ylläpidetystä valaistusvoimakkuudesta. Tausta-alue pitäisi dokumentoida, suorittaa koon ja sijainnin määrittely. [1, s. 22.]

2.4.6 Valaistusvoimakkuuden tasaisuus työalueella

Valaistusvoimakkuuden tasaisuuden (U_0) arvon tulee olla vähintään taulukossa 1. esitetyn mukainen. Kattoikkuna- tai keinovalaistuksessa valaistusvoimakkuuden tasaisuuden (U_0) arvon tulee olla välittömässä lähiympäristössä ≥ 0.40 ja tausta-alueella $\geq 0,10$. Päivänvalon vaikutus valaistukseen vähenee nopeasti etäisyyden ikkunasta kasvaessa. Päivänvalo voi kuitenkin tasata valaistuksen puutteita. [1, s. 22].

2.5 Valaistusvoimakkuuden arviointiruudukko

Työalueesta, välittömästä lähiympäristöstä sekä tausta-alueesta pitää laatia arviointiruudukko niiden pisteiden määrittämiseen, joilla valaistusvoimakkuudet lasketaan ja tarkistetaan. Ruudukon ruutujen muodoksi suositellaan neliötä. Ruudun pituuden/leveyden tulee olla 0.5 - 2. Ruudukon suurin koko lasketaan kaavalla 1. [1, s. 22].

$$p = 0.2 \times 5^{\log_{10}(d)} \quad (1)$$

missä $p \leq 10$ m

d on laskenta-alueen suurempi mitta (m), kuitenkin, jos pidemmän sivun suhde lyhyempään on 2 tai enemmän, d muuttuu alueen lyhyemmäksi sivuksi, ja p on ruudukon arviointipisteiden maksimi etäisyys. Mittaa vastaava pisteiden lukumäärä on suhteesta d/p saatava lähin kokonaisluku. [1, s. 22.]

Kaavasta 1 saatua ruudukon pisteiden etäisyyttä hyödynnetään laskettaessa tilan toisen suunnan pisteiden lukumäärä. Myös tämä arvo on pyöristettävä lähimpään kokonaislukuun. Näin määritelty ruudukon ruutujen pituuden ja leveyden suhde saadaan hyvin lähelle lukua 1. Tavallisesti laskettavasta alueesta jätetään seinistä 0.5 m:n alue pois, ellei työalue sijaitse siellä. Katolle ja seinälle käytetään sopivaa ruutukokoa ja sovelletaan 0.5 m:n aluetta. Ruudukon pisteisiin ei suositella samaa väliä kuin missä valaisimet ovat. [1, s. 22.]

Kaava 1 on johdettu olettaen, että p on verrannollinen arvoon $\log(d)$, missä

$$p = 0,2 \text{ m arvolla } d = 1 \text{ m}$$

$$p = 1 \text{ m arvolla } d = 10 \text{ m}$$

$$p = 5 \text{ m arvolla } d = 100 \text{ m.}$$

Taulukossa 2 on esitetty valmiita arvoja tietyille alueen pituuksille.

Taulukko 2. Tyypillisiä arviointipisteiden etäisyyksiä (opastava).

Alueen pitiuus m	Suurin arviointipisteiden etäisyys m	Arviointipisteiden minimimäärä kpl
0.4	0.15	3
0.6	0.20	3
1.00	0.20	5
2.00	0.30	6
5.00	0.60	8
10.00	1.00	10
25.00	2.00	12
50.00	3.00	17
100.00	5.00	20

2.6 Häikäisy

2.6.1 Määritelmä

Häikäisyä aiheuttavat näkökentässä olevat kirkkaat kohteet. Näitä ovat valaistut pinnat, valaisinten osat ja ikkunat. Häikäisy aiheuttaa virheitä, tapaturmia sekä väsymystä. Tästä johtuen häikäisyä pitää rajoittaa. Häikäistymistä esiintyy joko kiusahäikäisynä tai estohäikäisynä. Sisätyöpaikoilla estohäikäisy ei aiheuta ongelmaa, kunhan kiusahäikäisy alittaa standardin vaatimukset. [1, s. 24.]

Ikkunoiden kautta tulevaan kiusahäikäisyyn ei ole tällä hetkellä standardin mukaista menetelmää. Kaava 2 määrittää valaisimesta suoraan tulevaa kiusahäikäisyä. Taulukossa 3 näkyy häikäisysoojakulman minimiarvot. [1, s. 24.]

Kiiltävistä pinnoista tulevia heijastuksia sanotaan yleensä harsoheijastumiksi tai heijastushäikäisyksi. Häikäisyyn tulee kiinnittää erityisesti huomiota silloin, kun katsesuunta on vaakatasosta ylöspäin. Tällainen häikäisy esiintyy esimerkiksi varastoissa nostettaessa trukilla kuormaa ylähylylle, jolloin kuljettaja sokaistuu kattoikkunasta tulevasta valosta. [1, s. 24].

2.6.2 Kiusahäikäisy

Ikkunasta tulevan kiusahäikäisyn määrittelyyn ei ole standardisoitua menetelmää. Valaisimien suoraan aiheuttama tulee määrittellä CIE:n UGR-menetelmällä. Häikäisyindeksi lasketaan kaavalla 2. [1, s. 24.]

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0.25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (2)$$

missä

L_B on taustan luminanssi, lasketaan yhtälöstä $E_{ind} \times \Pi^{-1}$, jossa E_{ind} on asennuksen aiheuttama pystytason epäsuora valaistusvoimakkuus havainnoitsijan silmän pinnalla, yksikkönä $cd \times m^{-2}$

L on jokaisen valaisimen valaisevien osien luminanssi havainnoitsijaa kohti, yksikkönä $cd \times m^{-2}$

ω on se avaruuskulma (steradiaania), jossa tarkasteltavan valaisimen valaisevat osat näkyvät havainnoitsijan silmään

p on jokaisen yksittäisen valaisimen Guthin sijaintikerroin, joka on verrannollinen valaisimen sijainnin poikkeamaan katsesuunnasta.

Kaikki UGR- indeksin määrittelyssä käytetyt lähtötiedot tai oletusarvot tulee esittää valaistussuunnitelma-asiakirjoissa. Asennuksen UGR- arvot eivät saa ylittää valaistusvaatimustaulukossa annettuja arvoja. UGR:n suositeltavat raja-arvot muodostavat sarjan, jonka portaat osoittavat havaittavan muutoksen häikäisyssä. UGR-sarja on: 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28. [1, s. 24.]

Häikäisyindeksin ollessa suurempi kuin valaistusvaatimustaulukossa tulisi työpisteiden paikat ohjeistaa tilassa. Taulukkomenetelmän ollessa soveltumaton ja kun havainnoitsijan sijainti ja katselusuunta tunnetaan, häikäisyindeksi saadaan kaavasta 2. Standardissa on kuitenkin raja-arvot valmisteilla näitä tilanteita varten. [1, s. 24].

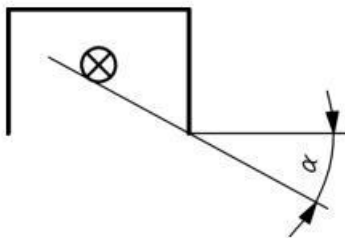
2.6.3 Häikäisysuojaus

Valonlähteen ollessa kirkas, siitä saattaa aiheutua häikäisyä, joka heikentää kohteen näkyvyyttä. Häikäisyä pitää rajoittaa esimerkiksi käyttämällä häikäisysuojia ikkunoissa ja valaisimissa. Kun valaisimet ovat näkökentässä, häikäisysuojakulmien (kuva 2) tulee täyttää taulukon 3 vähimmäisvaatimukset lampun luminanssilla. [1, s. 26.]

Taulukko 3. Häikäisysuojakulman minimiarvot eri lamppujen luminansseille.

Lampun luminanssi kcd m ⁻²	Vähimmäishäikäisysuojakulma α
20... < 50	15°
50... < 500	20°
≥ 500	30°

Taulukon 3 arvoja ei voi soveltaa epäsuoraan valaistukseen eikä silmän tason alapuolelle asennettuihin vain alaspäin valaiseviin valaisimiin. [1, s. 26.]



Kuva 2. Häikäisysuoja.

2.6.4 Harsoheijastuma ja heijastushäikäisy

Kirkkaat heijastumat vaikeuttavat näkemistä ja usein muuttavat kohteen näkyvyyttä huonompaan suuntaan. Harsoheijastumista ja heijastushäikäisyä voidaan vähentää valaisimien, ikkunoiden ja työpisteiden keskinäisellä sijoittelulla sekä pinnat voidaan maalata matakksi. Lisäksi voidaan vähentää valaisimien ja ikkunoiden luminanssia sekä maalata katto ja seinät vaalealla värisävyllä. [1, s. 26.]

2.7 Sisätilan valaiseminen

2.7.1 Yleistä

Työkohteen lisäksi tila, jossa ihmiset oleskelevat, pitäisi valaista. Oleskelutilan valaistus korostaa kohdetta joka parantaa tekstuuria ja ihmisten viihtyvyyttä. Valaistusolosuhteita kuvataan termeillä keskimääräinen valaistusvoimakkuus, muodonanto ja suunnattu valaistus. [1, s. 26.]

2.7.2 Keskimääräinen sylinterivoimakkuus toimitilassa

Standardissa EN 12464-1 määrätään seuraavasti:

Tila, jossa ihmiset liikkuvat tai työskentelevät, on valaistava hyvän visuaalisen viestinnän ja kohteiden tunnistamisen vuoksi. Tämä täytetään tuottamalla tilaan sopiva keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus \bar{E}_z . [1, s. 26.]

Ylläpidettävään keskimääräisen sylinterivoimakkuuden (keskimääräinen pystytason valaistusvoimakkuus) on oltava toiminta- ja sisätiloissa vähintään 50 lx ja tasaisuuden $U_0 \geq 0.10$ vaakatasossa määrättyllä korkeudella lattiasta, esimerkiksi istuvalle henkilölle 1.2 m:n korkeudella ja seisovalla henkilöllä 1.6 m:n korkeudella lattian yläpuolella. [1, s. 26.]

Tiloissa, joissa on visuaalista kommunikaatiota, keskimääräisen sylinterivalaistusvoimakkuuden \bar{E}_z tulee olla ainakin 150 lx ja tasaisuuden $U_0 \geq 0.10$. Näitä tiloja ovat esimerkiksi toimisto-, neuvottelu- ja opetustilat. [1, s. 26.]

2.7.3 Muodonanto

Kun tila on valaistu rakenteelliset yksityiskohdat, ihmiset ja esineet huomioonottaen, saadaan parempi yleisvaikutelma. Muoto ja teksturi ovat paremmin havainnoitavissa. Valaistus ei pidä olla liian pistemäistä, koska siitä seuraa teräviä varjoja. Myös liian hajanainen valaistus on huono, koska muodonanto poistuu. Kun valonlähteitä on useampi kuin yksi, valoja ei pidä suunnata, koska niistä syntyy moninkertaisia varjoja ja visuaalinen vaikutelma jää sekavaksi. [1, s. 26.]

Muodonanto tarkoittaa hajanaisen ja suoran valaistuksen välistä tasapainoa. Se tulisi ottaa huomioon suunnittelussa. Sylinteri- ja vaakatason valaistusvoimakkuuksien suhde määrättyssä pisteessä antaa käsityksen muodonannosta. Laskentaruudukon tulisi olla yhtenevä sylinteri- ja vaakatason valaistusvoimakkuuksilla. [1, s. 26.]

Muodonanto on hyvä, kun sylinteri- ja vaakatason välinen suhde on 0.3 ja 0.6 välillä. Tähän päästään sijoittamalla valaisimet tai kattoikkunat tasaisesti. Päivänvalo ikkunoista jakautuu lähinnä vaakatasossa. Päivänvalo aiheuttaa negatiivista vaikutusta muodonantoon, silti päivänvalon positiiviset vaikutukset voivat aiheuttaa tasapainotuksen. Sylinteri- ja vaakatason välinen suhde voi kuitenkin olla päivänvalolla annettua suurempi. [1, s. 28.]

2.7.4 Näkötehtävien suunnattu valaistus

Suunnattu valaistus voi tuoda esiin yksityiskohtia näkötehtävästä helpottaen näkyvyyttä ja tehtävän suoritusta, kuitenkin harsoheijastumista ja heijastushäikäisyä pitäisi välttää. Näkötehtävää vaikeuttavia jyrkkiä varjoja pitäisi välttää, paitsi kun ne auttavat kohteen havaittavuutta. [1, s. 28.]

2.8 Väriominaisuudet

2.8.1 Yleistä

Melkein valkoista valoa säteilevän lampun tai ikkunasta tulevan päivänvalon väriominaisuuksia määrittää valon itsensä tuottama värivaikutelma sekä valon kyky toistaa värejä, joka vaikuttaa valaistuskohdeista ja henkilöistä tulevaan värivaikutelmaan. Näitä molempia täytyy tarkastella erillisinä. [1, s. 28.]

2.8.2 Värivaikutelma

Valo synnyttää värivaikutelman. Valon näkyvän värin määrittää lampun ekvivalenttinen värilämpötila (T_{CP}). Päivänvalon värivaikutelma muuttuu päivän mittaan. Värivaikutelmaa voidaan kuvata taulukon 4 mukaisesti. [1, s. 28.]

Taulukko 4. Lampun värivaikutelma värilämpötilan funktiona

Värivaikutelma	Ekvivalenttinen värilämpötila TCP
lämmin	alle 3300 K
neutraali	3300 K...5300 K
kylmä	yli 5300 K

Käytettävän värivaikutelman määräävät psykologiset ja esteettiset tekijät. Lisäksi asiaan vaikuttaa se, minkälaisena tila halutaan nähdä. Valintaan vaikuttavat valaistusvoimakkuustaso, kohteen värit, ympäröivä ilmasto sekä kohteen käyttötarkoitus. Perinteisesti lämpimässä ilmastossa on suosittu kylmää värivaikutelmaa ja kylmässä ilmastossa lämmintä värivaikutelmaa. Valaistusvaatimustaulukoissa on tietyille kohteille sopivaa värilämpötila-aluetta rajoitettu. Ohjeita tulee soveltaa sekä päivänvalolle että keinovalolle. [1, s. 28.]

2.8.3 Värintoisto

Yleisen mukavuuden kannalta värien pitää toistua luonnollisena. Erityisesti turvavärien (ISO 3864-1) pitää toistua oikein. Valonlähteiden värintoistoindeksiä kuvataan yleisellä värintoistoindeksillä R_a . Siinä suurin arvo on 100. Valaisimen rakenteet saattavat heikentää värintoistoindeksiä. Joissakin kohteissa on käytettävä erityisvärintoistoindeksiä (R_i). [1, s. 30.]

2.9 Välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö

Välkyntä on häiritsevää ja saattaa aiheuttaa päänsärkyä. Stroboskooppi-ilmiö on optinen harha, joka voi näyttää kappaleen olevan paikallaan tai liikkuvan hitaasti. Valaistus pitäisi suunnitella niin että välkyntää tai stroboskooppi-ilmiötä ei ole, koska se saattaa altistaa työtaturmalle. [1, s. 30.]

2.10 Näyttöpäätetyötilojen valaistus

2.10.1 Määritelmä

Päätetyöskentelyyn soveltuvan valaistuksen pitää käydä kaikkiin päätetyöskentelyn tehtäviin. Näiden tilojen valaistusvaatimukset ja valaistusjärjestelmä tulee valita valaistusvoimakkuustaulukoista kohteen tyyppin, tehtävän tai toiminnan mukaisesti. Heijastukset näyttöpäätteeltä tai näppäimistöä saattavat synnyttää esto- ja kiusahäikäisyä. Suunnittelussa pitää selvittää ongelmalliset sijoituspaikat ja suorittaa laite- ja asennuspaikkavalinnat niin että, niistä ei synny häiritseviä heijastuksia. [1, s. 30.]

2.10.2 Valaisimien alaspäin suunnatun valovirran luminanssirajat

Alaspäin suunnattu valo voi aiheuttaa kuvaruudun näkyvän kontrastin alenemista. Valaistuksesta voi syntyä harsoheijastusta näytön pinnalle, samoin kuin valaisimien ja kirkkaiden pintojen luminanssin heijastumista näyttöpinnalta. Standardi EN ISO 9241-307 käsittelee vaatimuksia näyttöjen visuaalisille ominaisuuksille. [1, s. 30.]

2.10.3 Luminanssirajat valaisimille, jotka voivat heijastua näytöstä normaaleissa katse-lusuunnissa

Taulukossa 5 on annettu raja-arvoja valaisimen keskimääräiselle luminanssille 65°:n ja sitä suuremmissa kulmissa luotilinjasta mitattuna tarkasteltaessa valaisinta kaikista suunnista. Arvojen tulee täytyä tietokoneella suoritettavassa työssä, joissa käytetään näyttöjä, joita on kallistettu enintään 15° pystytasosta. [1, s. 30.]

Taulukko 5. Keskimääräiset luminanssirajat valaisimille, jotka voivat kuvastua näyttöpäätteeltä.

Näytön kirkkaan tilan luminanssi	Suuriluminanssinen näyttö $L > 200 \text{ cd m}^{-2}$	Normaaliluminanssinen näyttö $L \leq 200 \text{ cd m}^{-2}$
Tapaus A (Positiivinen polariteetti ja vaatimukset näytettävän informaation väreille ja yksityiskohdille tavanomaiset, kuten toimistokäytössä, opetuksessa jne.)	$\leq 3000 \text{ cd m}^{-2}$	$\leq 1500 \text{ cd m}^{-2}$
Tapaus B (Negatiivinen polariteetti ja/tai korkeammat vaatimukset esitetävän informaation väreille ja etsityille yksityiskohdille, kuten CAD, värientarkastelu jne.)	$\leq 1500 \text{ cd m}^{-2}$	$\leq 1000 \text{ cd m}^{-2}$
Huom. Näytön kirkkaan tilan luminanssi ilmaisee näytön valkoisen osan maksimiluminanssin. Tämä arvo on saatavissa näytön valmistajalta.		

Kun suuriluminanssista näyttöä on tarkoitus käyttää alle 200 cd m^{-2} kirkkaudella, valaistus suunnitellaan normaaliluminanssin näytön mukaan. Kiiltävällä kontrastilasilla varustetut näytöt vaativat erityisvalaistusolosuhteet. Näitä ovat pienempi luminanssin raja-arvo, kaihtimet ja mahdollisuus säätää valaistusta työntekijäkohtaisesti. [1, s. 32.]

Teollisuusnäyttöjä on usein suojattu lisälasilla. Näihin syntyy helposti heijastuksia ja niitä on vähennettävä sopivilla tavoilla. Näitä ovat sopiva pintakäsittely, lisälasin kallistamisen tai kaihtimet. [1, s. 32.]

2.11 Valaistuksen alenemakerroin

Valaistussuunnittelussa pitää käyttää sopivaa alenemakerrointa (MF), jossa on otettu huomioon valaisimet, niiden ympäristötekijät sekä huoltosuunnitelma. Valaistusvaatimustaulukoissa annetut arvot tarkoittavat ylläpidettäviä arvoja. Valaistussuunnittelussa tulisi määrittää kokonaisalenemakerroin. [1, s. 32.]

Päivänvalolaskelmissa tulee myös ottaa huomioon ikkunoiden likaantuminen. Valaistussuunnittelijan pitää myös esittää arviot, millä alenemakertoimeen on päästy. Tilaan tulee valita käyttöympäristöön sopivat valaisimet. Lisäksi valaisimille pitää olla perusteellinen huoltosuunnitelma, sisältäen lampunvaihto-välin, puhdistusvälit sekä puhdistusmenetelmän. [1, s. 32.]

Alenemakertoimen merkitys energiatehokkuuteen on huomattava. Sen määritykset tulee optimoida niin, että syntyy mahdollisimman hyvä energiatehokkuus. Valaistuksen alenemakertoimen määrittäminen löytyy standardista CIE 97-2005 . [1, s. 32.]

2.12 Energiatehokkuusvaatimukset

Valaistus on toteutettava siten, että energiatehokkuusvaatimukset otetaan huomioon, kuitenkin niin että, valaistus täyttää vaatimukset tehtävässä tai tilassa. Näköolosuhteista ei pidä tinkiä energian säästämiseksi. Energian säästöä voidaan tehostaa hyödyntämällä päivänvaloa, ohjaamalla valaistusta läsnäolon mukaan, kehittämällä valaistushuoltoa sekä hyödyntämällä täysimääräisesti valaistuksen ohjausta. [1, s. 32.]

Päivänvalon määrä vaihtelee pitkin työpäivää ilmasto-olosuhteiden mukaan. Seinäikkunoista saatava päivänvalo vähenee nopeasti etäisyyden kasvaessa ikkunoista. Lisävalaistusta tarvitaan mahdollisesti työpisteelle riittävän valaistusvoimakkuuden saamiseksi sekä tilan luminanssijakauman tasapainottamiseksi. Valaistusta voidaan automatisoida, jotta saadaan sopiva yhteiskäyttö keino- ja päivänvalolle. [1, s. 32]

Rakennuksen valaistuksen energiatehokkuutta kuvataan LENI-indeksillä, joka on energiankäytön vertailuluku. LENI-luku soveltuu myös yksittäisen tilan valaistusratkaisujen määrittämiseen. Standardissa EN 15193 annetaan vertailuarvot kokonaisille rakennuksille. [1, s. 32.]

2.13 Päivänvalon edut

Päivänvalolla voidaan korvata keinovaloa ja säästää energiaa. Se on moni-ilmeistä. Sen suunta, suuruus ja spektrisisältö muuttuvat ajan mukaan. Päivänvalon vaikutusta sisätiloissa pidetään ihmiselle hyödyllisenä. Ikkunat tarjoavat visuaalisen yhteyden ulkotilaan. Ikkunat eivät saa kuitenkaan aiheuttaa visuaalista epämukavuutta, epämukavia lämpötilojen muutoksia tai yksityisyyden menettämistä. [1, s. 34.]

2.14 Valon vaihtelevuus

Valo on tärkeää ihmisen kokonaishyvinvoinnille. Valolla on vaikutuksia mielialaan, tunteisiin ja vireystilaan. Kellonajan mukaan vaihtelevat valaistusolosuhteet voivat parantaa ihmisten viihtyisyyttä. Suositeltavia vaihteluvälejä mietitään tulevaan standardiin. [1, s. 34.]

2.15 Valaistusvaatimustaulukot

2.15.1 Työssä käytettävä taulukko

Valaistusvaatimustaulukkoja on standardissa 53 kappaletta. Tässä työssä käsitellään valaistusvaatimustaulukkoa 5.27 (taulukko 6) liiketilat. [1, s. 48.]

2.15.2 Taulukoiden rakenne

Taulukossa 6:

- Sarake 1 ilmaisee tilan (alueen), tehtävän tai toiminnan viitenumeron.
- Sarake 2 ilmaisee ne alueet, tehtävät tai toiminnat, joita annetut vaatimukset koskevat. Mikäli tiettyä (aluetta), tehtävää tai toimintaa ei ole esitetty, sovelletaan samankaltaiselle tai vastaavalle tilanteelle annettuja arvoja.
- Sarake 3 ilmaisee keskimääräisen ylläpidettävän valaistusvoimakkuuden E_m tarkastelutaholla (ks. 2.4) sarakkeessa 2 annetulle tilalle (alueelle), tehtävälle tai toiminnalle.
- Sarake 4 ilmaisee UGR- häikäisyindeksin maksimiarvon (Unified Glare Rating Limit, UGR, jota sovelletaan sarakkeessa 2 ilmoitetussa tilanteessa).
- Sarake 5 ilmaisee valaistusvoimakkuuden tasaisuuden U_0 vähimmäisarvon vertailutasolla sarakkeessa 3 ilmaistulla ylläpidettävällä valaistusvoimakkuudella.

- Sarake 6 ilmaisee pienimmän sallitun värintoistoindeksin (R_a) (ks. 2.8.3) sarakkeessa 2 esitetyle tilanteelle.
- Sarakkeessa 7 on annettu erityisvaatimuksia sarakkeessa 2 esitetyle tilanteille. [1, s. 34.]

Taulukko 6. Valaistusvaatimustaulukko 5.27

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_0 -	R_a -	Erityisvaatimukset
5.27.1	Myyntialue	300	22	0.40	80	
5.27.2	Kassa-alue	500	19	0.60	80	
5.27.3	Pakkauspöytä	500	19	0.60	80	

2.16 Todentaminen

2.16.1 Määritelmää

Standardissa mainitut suunnittelukriteerit todennetaan seuraavilla menetelmillä. Kaikki arvot (laskelmista ja mittauksista) ja oletukset (myös tarkkuus) tulee dokumentoida. Suunnittelun tulee vastata todellisia asennuksia ja niiden olosuhteita. Tämä varmistetaan vertaamalla. [1, s. 70.]

2.16.2 Valaistusvoimakkuudet

Valaistusvoimakkuuden tulee täyttää vaatimukset ja vastata käytettyä suunnittelualuetta. Varmennus pitää tehdä alueen suunnittelupisteille. Jälkimittaukset pitää suorittaa samoista mittauspisteistä. Määrättyjen työtehtävien valaistusmittaus tulee suorittaa kyseisen tehtävän työtasolta. Mittauksien yhteydessä pitää huomioida mittarin kalibrointi, valonlähteen yhdenmukaisuus teknisiin dokumentteihin nähden sekä suunnittelun data. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus ja tasaisuus pitää laskea, lasketut arvot eivät saa olla alle annettujen. [1, s. 70.]

2.16.3 UGR- häikäisyindeksi

Valaisinvalmistajalla tulee olla valaisimesta taulukoidut varmennetut UGR- häikäisyarvot. Valaisinväli pitää ilmoittaa annetuissa taulukoissa. [1, s. 70.]

2.16.4 Värintoisto ja värivaikutelma

Lamppuvalmistajan pitää ilmoittaa varmennetut kohteen lamppujen värintoistoindeksistä (Ra) ja ekvivalenteista värilämpötiloista (Tcp). Pitää tarkistaa, että lamput vastaavat suunniteltuja arvoja. [1, s. 70.]

2.16.5 Valaisimen luminanssi

Valaisimen valaisevien osien keskimääräinen luminanssi tulee mitata ja/tai laskea vaakatasossa (C-taso) 15°:n välein, lähtien 0°:sta ja γ- kulmiin (korkeus) 65°, 70°, 75°, 80° ja 85°. Yleensä valaisinvalmistaja toimittaa nämä tiedot ja ne perustuvat maksimiarvoon (lamppu/valaisin). Arvot eivät saa ylittää taulukossa 5 annettuja raja-arvoja. [1, s. 70.]

2.16.6 Huolto-ohjelma

Valaisimille pitää olla perusteellinen huoltosuunnitelma, sisältäen lampunvaihtovälin, puhdistusvälit sekä puhdistusmenetelmän. [1, s. 70.]

3 Nykyisen järjestelmän arviointi

3.1 Nykyiset valaisimet

Tammiston littala outletin valaisimien lukumäärä laskettiin myymälästä. Nykyisen järjestelmän valaisimet on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Nykyisen järjestelmän monimetallilamppuvalaisimet

Malli	Lukumäärä	Lamppuja	a teho	Kuristin	Kokonaisteho	Käyttöaika
Valaisintyyppi	kpl	kpl	W	W	W / kpl	h / vuosi
kohdevalaisin	114	1	70	7	77	5 000
riippuvalaisin	60	1	70	7	77	5 000

Lisäksi myymälässä on heijastimella varustettuja loisteputkivalaisimia, jotka eivät ole käytössä. Näitä valaisimia ei ole otettu laskelmassa huomioon. Monimetallivalaisimet ovat päällä myymälän ollessa auki. Yöaikavalaistus on ainoastaan 2 kohdevalaisinta tuulikaapissa. Kulutettu energia saadaan laskettua kaavalla (3).

$$W = P \times t \quad (3)$$

W on tässä kulutettu energia, yksikkönä on Wh. P on kokonaisteho, yksikkönä W. Ajan lyhenne on t , yksikkönä h. Kokonaisenergia vuodessa on $W = P \times t = 77 \times 174 \times 5000 = 66\,990$ kWh.



Kuva 3. Monimetalliriippuvalaisin on vanhaa valaistusta, taka-alalla käytöstä pois oleva loisteputkivalaisin.

Kuvassa 3 on esitetty nykyinen monimetallilampulla varustettu riippuvalaisin. Se on Livalin valmistama. Liitäntälaittehäviöt ovat konventionaalisella laitteella (kuristimella) 20 % ja elektronisella liitäntälaitteella uutena 10 %. Kuvassa 4 on esitetty nykyinen monimetallilampulla varustettu kohdevalaisin. Liitäntälaitteet ovat samat kuin kuvan 3 valaisimessa.

3.2 Nykyvalaistuksen oma-arviointi

Myymlään saavuttaessa valaistustunnelma oli sekava, jotenkin tuntui, että olisi tullut halpahalliin, jossa jokaiselle on jotakin. Kyseessä on kuitenkin outlet-myymlä. Myymälässä ei ole alaslaskettua kattoa. Kattoikkunat antoivat valoa miellyttävästi myymälään. Luonnonvaloa tuli liikaa näyteikkunasta ja sisäänkäynnistä.

Tuotteet näyteikkunan lähellä eivät välttämättä näytä siltä, kuin taiteilija on ajatellut. Muutama kohdevalaisimen lamppu oli palanut. Iltakäynnillä liike on kiinni, kaikki valot suljettu, lukuun ottamatta kahta kohdevalaisinta tuulikaapissa. Vaikka liikepaikka on teollisuusaluetta, satunaisia ulkoilijoita riittää ja tästä syystä valaistus näyteikkunassa olisi viihtyisämpi ja myyvä.

3.3 Henkilökunnan arviot

Myymlän henkilökunnalle esitettiin seuraavat kysymykset:

1. Tuntuuko työympäristö tylsältä ja yksitoikkoiselta?
2. Väsyvätkö silmät, onko päänsärkyä?
3. Häikäisevätkö valaisimet tai ikkunasta tuleva valo?
4. Onko valoa riittävästi?
5. Onko valaisimien valo miellyttävä?
6. Ilmeneekö välkkymistä tai muita epämiellyttäviä ilmiöitä?
7. Esiintyykö varjoja?
8. Jotain muuta työpaikan valaistusolosuhteista?

Työympäristöä ei pidetty tylsänä ja yksitoikkoisena. Mainittiin että talvella on mukavaa tulla töihin, kun valaistus piristää. Päänsärkyä ja silmien väsymistä ei ollut esiintynyt tässä valaistuksessa. Valaistus ei ollut aiheuttanut häikäisyä, mutta kevätaurinko häikäisee myyntitiskin aamulla. Asiakkaan tullessa ovesta, häntä ei tahdo nähdä. Valon määrää pidettiin riittävänä.

Välkkymistä tai muita epämiellyttäviä ilmiöitä ei ollut esiintynyt. Häiritseviä varjoja ei esiintynyt. Valaistusolosuhteista ei ollut muuta sanottavaa kuin se, että kaivattiin paikalle lampun vaihtajaa. Lamppujen paloaikaa pidettiin liian lyhyenä, koko ajan saa olla lamppuja vaihtamassa. Kaiken kaikkiaan nykyinen valaistus todettiin hyväksi.



Kuva 4. Monimetallikohdevalaisin on vanhaa valaistusta, taka-alalla loisteputkivalaisin.

Ajankohta saattaa vaikuttaa tulokseen. Vaikka valaistusta pidettiin riittävänä, sanottiin että ei sitä koskaan ole liikaa. Henkilökunnalle kysymykset esitettiin 10.7.2012 ja lomalla ollutta työntekijää haastateltiin 7.8.2012.

3.4 Valaistusvoimakkuusmittaukset nykyiselle valaistukselle

Valaistusvoimakkuusmittaukset suoritettiin väriluksimittari Konica Minolta malli CL-200 A (valmistusnumero 30014513) kuvassa 5 ja Clas Ohlsonin valaistusmittarilla malli 1300 (valmistusnumero 10055656). Konica on kalibroitu myös LED-valaistukselle. Konican mittaustuloksia voi pitää tarkempina kuin Ohlsonin mittarin. Ohlsonin mittari soveltuu kohteeseen, jossa ei ole LED-valaistusta.



Kuva 5. Väriluksimittari Konica Minolta CL-200A

Mittaus suoritettiin laittamalla mittarit ostoskärryyn. Konica Minolta kytkettiin kannettavaan tietokoneeseen. Konica Minoltan ohjelmistolla suoritettiin 5 kpl mittauksia/mittauspiste. Clas Ohlsonin valaistusmittarilla mitattiin 1 mittaus/ mittauspiste.

Myymlän mitat ovat $15.19 \times 33.2 \text{ m} = 504 \text{ m}^2$ ja huonekorkeus on 6.5 m. Toisessa 15 metrin päädyssä ovat näyteikkuna ja tuulikaappi. Muilla seinillä ei ole ikkunoita. Tilassa on 2 noin 1 m^2 :n kattoikkunaa.

Mittauspäivänä 10.7.2012 klo 11 oli puolipilvistä ja lämpöä oli $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Mittauspisteitä oli 13 kpl. Yksi mittauspiste sijaitsi ulkona. Mittaukset ja haastattelut kestivät noin yhden tunnin. Asiakkaita liikkeessä kävi muutama pikaisesti, joten häiriötekijöitä mittaukselle ei ollut. Tulokset on esitetty taulukossa 8.

Taulukossa 8 esitetyt Konica Minolta valaistusvoimakkuustulokset ovat keskiarvo mitaustuloksista. Clas Ohlsonin valaistusmittarilla tulokset ovat alakantissa kautta linjan. Mittari soveltuukin paremmin yksittäisen mittauspisteen mittaamiseen ja konventionaalisille valonlähteille.

Taulukko 8. Valaistusvoimakkuudet nykyisessä järjestelmässä

Mittauspaikka	Konica Minolta CI-200 Valaistusvoimakkuus lx	Konica Minolta CI-200 Väriämpötila K	Clas Ohlson malli 1300 Valaistusvoimakkuus lx
Tuulikaappi	3900	4000	3240
Ulkona	12000	5800	11000
Sisäänkäynti	630	3440	350
Kassa 1	890	3070	600
Kassa 2	840	2960	630
Lasivetriini linnut	1280	2930	1000
Käytävä 1	1600	2870	1300
Käytävä 2	890	3000	630
Käytävä 3	890	2830	600
Käytävä oikea reuna 3	800	2840	800
Käytävä oikea reuna 2	780	2910	450
Käytävä oikea reuna 1	1210	3200	1100
Näyteikkuna 1 aaltomaljakko	3750	4580	3240

3.5 Nykyisen valaistuksen arviointi standardin EN 12464-1 mukaan

3.5.1 Pintojen heijastuskertoimet

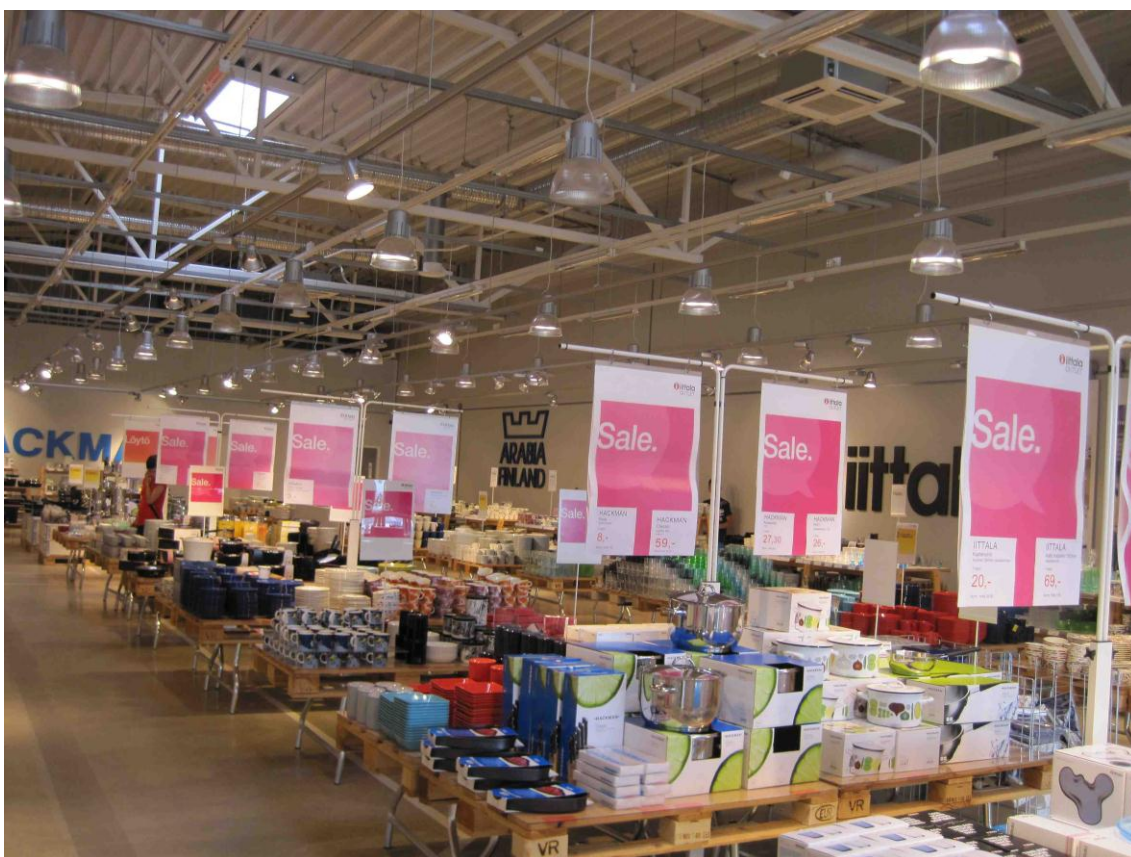
Myymälätilassa arvioitiin heijastuskertoimien olevan katossa 0.5, seinissä 0.3 ja lattiasa 0.2. Standardissa suositellaan kattoon 0.7 - 0.9, seiniin 0.5 – 0.8 ja lattiassa 0.2 – 0.4.

3.5.2 Pintojen valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuuden \bar{E}_m (vähimmäiseskiarvo) tulee olla seinillä > 50 lx ja katossa > 30 lx. Valaistuksen yleistasaisuuden U_0 (vähimmäisarvo) tulee olla seinillä ja katossa \geq 0.1. Myymälässä seinät ja katto olivat tasaisesti valoisat silmämääräisesti tarkasteltaessa. Seinillä olevat logot ovat huomattavasti paremmin valaistu, kuten pitääkin olla.

3.5.3 Valaistusvoimakkuus

Nykyisen järjestelmän valaistusvoimakkuusmittaukset on esitetty taulukossa 8. Mittaustuloksista näkee, että kalusteita ei ole otettu huomioon suunnittelussa. Valaistus on tasajakoinen muuntojoustavuuden takia. Valoa on lisätty haluttuun paikkaan kuten vitriineihin. Valoa myymälässä (kuvassa 6) on paljon. Muuntojoustavuudesta johtuen valaistusvoimakkuusasteikkoa, työalueen valaistusvoimakkuutta, välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuutta ja tausta-alueen valaistusvoimakkuutta ei voi soveltaa.



Kuva 6. Iittalan outlet Tammistossa kesäisenä aamupäivänä.

Valaistusvoimakkuuden tasaisuus silmämääräisesti ja mittaustulosten valossa toteutuu standardin hengen mukaisesti. Vanha valaistussuunnitelma ei ole käytettävissä ja tietoa valaistusvoimakkuuden arviointiruudun käytöstä ei ole. Todennäköisesti suunnitelma on tehty valaistussuunnitelmaohjelmaa käyttäen.

3.5.4 Häikäisy

Häikäisyä kohteessa ei ollut esiintynyt, kiusahäikäisyä näyteikkunasta ja tuulikaapista lukuun ottamatta.

3.5.5 Sisätilan valaiseminen

Keskimääräistä sylinterivalaistusvoimakkuutta ei arvioitu nykyisessä myymälätilassa, kuitenkin muodonanto vaikuttaa onnistuneelta. Näkötehtävien suunnattu valaistus oli standardin vaatimusten mukainen.

3.5.6 Väriominaisuudet, värintoisto, välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö

Myymätilassa (kuvassa 7) värivaikutelma oli lämmin ja neutraali. Värintoisto oli korkea, koska kyseessä olivat monimetallilamput. Välkyntää ja/tai stroboskooppi-ilmiötä ei myymälässä ollut esiintynyt, koska loisteputkivalaistusta ei ole käytössä.



Kuva 7. Vastaväriarokuva litala Outlet Tammisto myymälästä. Tummemmilla alueilla suurempi valaistusvoimakkuus.

3.5.7 Näyttöpäätetyötilojen valaistus, valaistuksen alenemakerron ja energiatehokkuusvaatimukset

Myyvälässä on 2 kassapäätettä. Päätteillä ei ole ollut heijastumisia, ilmeisesti valaistusolosuhteet ovat onnistuneet. Määritetystä valaistuksen alenemakertoimesta ei ole tietoa. Lampunvaihtoväli on ainakin liian pitkä, mutta ikkunat olivat puhtaita. Valoa tilassa on huomattavan paljon. Tämä johtaa sisätilojen lämpenemiseen ja huonompaan energiatehokkuuteen. Ohjauksia valaistuksessa ei ole ollut, ainoastaan päälle ja pois. Tuulikaapissa valot paloivat koko ajan. Ohjausta ei ole ratkaistu energiatehokkaalla tavalla.

3.5.8 Päivänvalon lisäedut, valon vaihtelevuus ja valaistusvaatimustaulukot

Näyteikkuna ja kattoikkunat tuovat luonnon valoa myymälään. Näkymä näyteikkunasta on suoraan parkkipaikalle (kuvassa 8). Valaistuksessa ei ole vaihtelevuutta, ainoastaan luonnonvalon vaihtelu kattoikkunoista ja näyteikkunasta.



Kuva 8. Myymälätalaa näyteikkunan edustalla

Sovellettava valaistusvaatimustaulukko tähän tilaan on taulukko 6, liiketilat. Standardin vähimmäisvaatimukset toteutuvat valaistusvoimakkuuden osalta. Valoa on paikoin liikaakin.

4 Suunniteltu uusi valaistusjärjestelmä

4.1 Tila

Kuvassa 9 on esitetty myymälän layout. Kassapöytä on siirretty vasemmalta oikealle puolelle, jolloin aamuaurinko ei pääse häikäisemään myymälän hoitajaa. Pyörillä olevan hyllyn tilalle on sijoitettu pakkauspöytä näyteikkunan luo. Luonnonvaloa on paljon pakkauspöydällä, aamuasiakkaalle liikaakin. Pöytäryhmä on lisätty toisen kattoikkunan alle (lähettyville). Teema-valaisimet ovat pöydän yläpuolella.



Kuva 9. Tammiston myymälän layout.

4.2 Valaistussuunnitelma

littala on osa Fiskarsin konsernia. Fiskars on sitoutunut energiatehokkaampaan toimintaan kuin aikaisemmin. Tavoitteena on pienentää energiankulutusta yhdeksän prosenttia vuoteen 2016 mennessä. [2.]

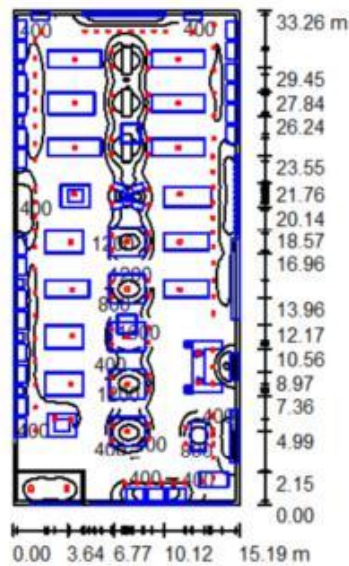
Valaistus on yksi keino lisätä kiinteistön energiatehokkuutta. Esimerkkikohteessa valaistusta ja energiatehokkuutta nykyisillä valaisimilla voisi parantaa:

- suuntaamalla valaisimet paremmin kohteeseensa
- jaottelamalla valaisimet uudelleen
- uusimalla lamput
- karsimalla tarpeettomat valaisimet pois ja kierrättämällä konsernin muissa pisteissä
- lisäämällä valaistuksen ohjattavuutta
- puhdistamalla valaisimet
- käyttämällä vaaleita pintoja

Uudessa järjestelmässä avoin sisäkatto korvataan keskeltä alas lasketulla katolla. Koko järjestelmä suunnitellaan toteutettavaksi LED-valaistuksella. Fiskarsin littalan myymälä on jo toteutettu LED-valaistuksella. LED-valaistuksella haetaan energiatehokkuutta, säädettävyyttä ja yhdenmukaista linjaa muihin littalan myymälöihin.

Suunnitelma on tehty Dialux- valaistussuunnitelmaohjelmalla. Valaisimia on neljää eri tyyppiä. Valon määrä tilassa vähenee, mutta ylittää standardin vaatimukset. Kuitenkin kassapöytä ja pakkauspöydät tulee varustaa pöytävalaisimella tai lisätä näissä kohdissa valaistusta. Kuvassa 10 on esitetty yhteenveto valaistussuunnitelmasta.

Valitettavasti valaistuskiskoon kiinnittyviä LED-valaisimia ei tällä hetkellä saa säädettävänä. Säättömahdollisuus jää ainoastaan katto- ja riippukiinnitteisiin valaisimiin. Määrällisesti LED-valaisimia on eniten valaistuskiskossa, joten valaistuksen säädöllä ei tilassa saavuteta energian säästöä.



Tilan korkeus: 6.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:428

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	389	23	1839	0.060
Lattia	20	251	14	1099	0.057
Katto	50	93	48	125	0.519
Seinät (4)	30	115	20	1484	/

Käyttötaso:

Korkeus:	0.850 m
Rasteri:	128 x 128 Pisteet
Reuna-alue:	0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	23	EASY LED OY PRO 100 OSLOM 30 4000K 401001 & 401301 PRO 100 OSLOM 30 4000K 401001 & 401301 (1.000)	2850	2850	27.0
2	2	EASY LED OY PRO 200 OSLOM 60 4000K 501001 & 501301 PRO 200 OSLOM 60 4000K 501001 & 501301 (1.000)	5700	5700	52.0
3	30	Easy Led Oy PRO-1 OSLOM 80 PRO-1 OSLOM 80 310607 PRO-1 OSLOM 80 310607 (1.000)	2850	2850	27.0
4	72	Easy Led Oy PRO-1 OSLOM Tina W 310697 PRO-1 OSLOM Tina W 310697 (1.000)	2581	2850	27.0
			Yhteensä: 348311	Yhteensä: 367650	3479.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.89 \text{ W/m}^2 = 1.77 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 504.97 m^2)

Kuva 10. Dialux-ohjelmalla suunniteltu LED-valaistus.

Nykyisessä valaistusjärjestelmässä olevien valaisimien uudelleen käyttö on mahdollista. Valaisimet tulee puhdistaa ja varustaa uusilla lampuilla. Valaisimien uudelleenjärjestelmisellä ja suuntauksella voidaan pienentää valaisimien lukumäärää. Valaisimien säädettävyyttä olisi hyvä parantaa, vaikka se kiskoasennuksessa onkin hankalaa.

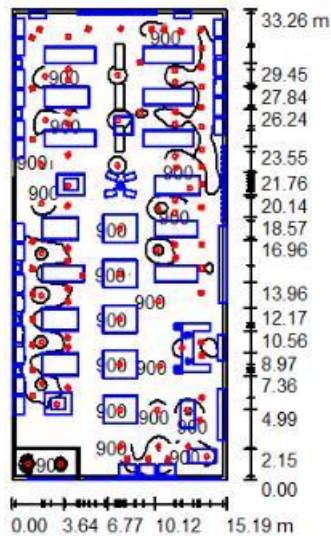
Kuvassa 11 on esitetty valaistussuunnitelma nykyisellä valaistusjärjestelmällä, joka on laskettu Dialux-ohjelmalla. Tilan layoutin tietäminen mahdollistaa tarkan valaisimien sijoituksen ja kohdistuksen myymäläkalusteisiin.

Myymälässä myydään erilaisia astioita, jotka ovat valmistettu lasista, posliinista tai teräksestä. Huomattava valovoimakkuus esimerkiksi taidelasiin saattaa lisätä tuotteen myymistä ja laatuvaikutelmaa. Toisaalta ruostumattoman teräksen kiiltävyys saattaa aiheuttaa ei haluttuja heijastumia, jotka häikäisevät.

Vitriinien ja kaappien valaiseminen omalla valaisimella olisikin järkevää, koska tällöin valonjako on tasaisempaa ja esimerkiksi pienet taidelasiesineet näyttäisivät paremmalta. Monimetallispotilla (kiskossa) hyllyjen takaosiin jää helposti varjoa.

Myymälän tuulikaapin tulee olla hyvin valaistu, jotta ovi erottuu näyteikkunasta. Tuulikaapin valaistus pysyy ennallaan. Valaistuksen tulee olla standardin vähimmäisvaatimukset ylittävä. Tilassa erityisesti kassan valaistukseen on kiinnitetty erityistä huomiota.

Tilan toinen tärkeä paikka on pakkauspöytä, jonka valaistukseen on kiinnitetty erityistä huomiota. Pakkauspöydän sijainti suoraan näyteikkunan edessä, johtaa aurinkoisena aamuna pakkaajan häikäistymiseen. Asia on kuitenkin helposti korjattavissa verholla tai valoa läpäisevällä mainoskalvolla.



Tilan korkeus: 6.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:428

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	561	28	4294	0.050
Lattia	20	406	17	1651	0.042
Katto	50	107	56	143	0.528
Seinät (4)	30	97	26	1111	/

Käyttötaso:

Korkeus:	0.850 m
Rasteri:	128 x 128 Pisteet
Reuna-alue:	0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	30	Lival Optic 812 70W WFLf	4640	6600	70.0
		Lival/LCC/10May2004/2 Lival Optic 812 70W WFLf (1.000)			
2	65	Lival Premium 70 VWFLf	4664	6600	70.0
		Lival/LCC/18Jun2004/1 Lival Premium 70 VWFLf (1.000)			
Yhteensä:			442359	Yhteensä: 627000	6650.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $13.17 \text{ W/m}^2 = 2.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 504.97 m^2)

Kuva 11. Dialux-ohjelmalla nykyisillä valaisimilla suunniteltu valaistus.

Kuvassa 11 esitettyssä suunnitelmassa kuormalavapöydissä (*pallet on wheels*) riippuvalaisimissa voisi käyttää 35 W:n valonlähdettä. Näkemys riippuu siitä, minkälaista materiaalia pöydällä on tarkoitus säilyttää.

4.3 Energiatohokkuusvertailua

Kahta erilaista suunniteltua uutta valaistusjärjestelmää ei pysty suoraan vertailemaan keskenään, koska olemassa oleva valaistus aiheuttaa rajoituksia suunnitteluun. Kuvan 11 suunnitelmassa on käytetty kohteessa jo olevia valaisimia. Vaihtamalla tilalle 35 W:n monimetallivalaisimia energiatohokkuutta voisi parantaa.

Laskettaessa monimetallivalaisimen energiatohokkuutta on otettava huomioon liitäntälaittehäviöt. Konventionaalisella liitäntälaitteella (kuristin) hyötysuhde on noin 0.8 ja elektronisella liitäntälaitteella 0.9. [3]

Monimetallivalaisimen lampun valovirta on 6600 lm (kummassakin valaisimessa) ja riippuvalaisimen 4640 lm sekä spottivalaisimen 4664 lm

Kuvan 10 LED-valaistussuunnitelmassa valaisimen tehoarvo pitää sisällään liitäntälaittehäviöt (hyötysuhde 0.96 - 0.97). LED-valaisimessa ilmoitetaan ainoastaan valaisimen valovirta (kuva 10).

Dialux-ohjelma toimii kuten valaisinvalmistaja on tiedot antanut. LED-valaisinvalmistaja on antanut valaisimen ottaman kokonaistehon liitäntälaittehäviöineen. Monimetallivalaisimissa liitäntälaittehäviö (10 – 20 %) pitää huomioida erikseen. Energiatohokkuus (valotehokkuus) tiedot saadaan Dialux-arkilta (kuvat 10 ja 11). Energiatohokkuus laskeaan kaavalla 4.

$$W_e = \frac{\phi}{P} \quad (4)$$

ϕ on valovirta, joka kuvaa ihmissilmän kannalta valaisimen lähettämää valomäärää, yksikkönä on lumen (lm). P on teho, yksikkönä Watti W. [4, s. 3-4.]

Kuvasta 10 saadaan kokonaisvalovirta 348 311 lm ja teho 3479 W. Energiatohokkuudeksi saadaan: $W_e = \phi / P = 348\,311 \text{ lm} / 3479 \text{ W} = 100 \text{ lm/W}$.

Kuvasta 11 saadaan kokonaisvalovirta 442 359 lm ja teho on 6650 W ja häviöt tästä $0.15 * 6650 \text{ W} = 1000 \text{ W}$. Energiatohokkuudeksi saadaan: $W_e = \phi / P = 442\,359 \text{ lm} / (6650 + 1000) \text{ W} = 58 \text{ lm/W}$.

4.4 Suunnitelmien arviointi

Monimetallivalaisimet ovat jo kohteessa. Suorittamalla kappaleessa 4.2 mainitut toimet saadaan valaistusjärjestelmä kustannustehokkaasti toimivaksi. Energiatehokkuuttakin on saatu vähentämällä valaisimia, osittain myös valonmäärästä tinkimällä. Kiskoihin on helppo lisätä valaistusta tarpeen vaatiessa. Lampun polttoikä (n. 6000 h) on lyhyt myymälävalaistukseen.

LED-valaisimet ovat lähes 40 % energiatehokkaampia tässä vertailussa kuin monimetallivalaisimet. Myymälöiden yhtenäisyyden ja imagon takia näen LED-valaistuksen parempana ratkaisuna. Myös pitkä polttoikä (n. 80 000 h) ja takuu-aika (4 v) vahvistavat tätä käsitystä.

Huonoja puolia saattaa olla LED-valaisimien kylmäsävyisyys (> 4000 K) ja värintoistokyky (tämänhetkinen arviointijärjestelmä ei sovellu LED:lle). Kuitenkin LED-suunnitelmassa käytetyissä valaisimissa on värintoistoindeksi $R_a > 0.82$. LED-valaisimien kylmäsävyisyyden moni kokee miellyttävänä työpaikoilla.

Suunnitelmassa olevien LED-valaisimien liitännälaitteisiin on panostettu huomattavasti, jotta ne kestäisivät koko valaisimien käyttöiän. Teknisesti LED-valaisimen käyttöön-otossa ei ole ongelmia.

LED-valaisimilla on korkeampi hankintahinta kuin monimetallivalaisimella. LED-valaisin säästää huoltokustannuksessa kun lampun vaihto jää pois. Energiatehokkuus LED-valaisimissa on nousussa, nyt syksyllä 2012 suunnittelussa käytettyjen LED-valaisimien valmistajalla 116 lm/W.

Uudisrakennuksissa kiristyneet energiatehokkuusvaatimukset aiheuttanevat siirtymistä LED-valaistukseen. Vanhan kiinteistön LED-valaistukseen yritys voi saada investointitukea. [6.]

5 Toteutunut valaistusjärjestelmä

5.1 Remontoidun tilan valaistusvoimakkuudet

Tammiston myymälän remontti valmistui lokakuun alussa 2012. Tilan valaistutukseen oli käytetty monimetallikohdevalaisimia 95 kpl, jotka ovat samanlaisia kuin ennen remonttia. Riippuvalaisimet oli vaihdettu (valmistaja tuntematon, omavalmiste?), poltin vaikutti monimetallilampulta (70W). Riippuvalaisimia oli tilassa 18 kpl. Kuvassa 9 layoutissa oleva Teemavalaisin ei toteutunut.

Koska tilan layout on uusi, valaistusvoimakkuusmittauksien vertailu vanhaan järjestelmään ei ole tarkoituksenmukaista. Kuitenkin toteutunut valaistusjärjestelmä täyttää valaistusstandardin vaatimukset. Taulukossa 9 on esitetty mitatut valaistusvoimakkuudet 5.10.2012 klo 11. Päivä oli hyvin sateinen ja lämpötila 13 °C.

Taulukko 9. Valaistusvoimakkuudet toteutuneessa uudessa järjestelmässä

Mittauspaikka	Clas Ohlson malli 1300 Valaistusvoimakkuus lx
Ulkona	2000
Tuulikaappi	2200
Inspiraatiopöytä	1900
Seinähyllä	850
Lavapöytä pyörillä	1240
Käytävä 1	330
Käytävä 2	550
Käytävä 3	440
Lepopöytä	270
Kassa 1	1100
Kassa 2	1100
Takaseinä hyllykkö 1	800
Takaseinä hyllykkö 2	1600
Takaseinä hyllykkö 3	2200
Vitriini 1	500
Vitriini 2	370
Vitriini 3	320
Pakkauspöytä	1200
Lastenpöytä	1020

5.2 Henkilökunnan arviot

Henkilökunnalle esitettiin kappaleessa 3.3 esitetyt kysymykset. Vastaukset olivat hyvin samanlaisia kuin edellisellä kysymyskierröksellä. Kuitenkin osa haastatelluista koki uuden valaistuksen häikäisevänä. Lisäksi valon kohdistuksessa havaittiin puutteita. Alas laskettua kattoa kaivattiin koko tilaan, mutta se toteutui vain lepopöydän yläpuolella (kuva 12).



Kuva 12. Kuvassa näkyy tilan alas laskettu katto.

Kassapöydän valaistus koettiin kaikin puolin hyväksi. Näytöissä ei ollut heijastumia. Kassapöydän uusi sijainti koettiin paremmaksi kuin vanha. Tässäkään valaistusjärjestelmässä ei koettu häiritseviä varjoja. Yhden haastateltavan mukaan riippuvalaisin kuvastuu kassan 2 näytöstä.

Pakkauspöytää pidettiin sijainniltaan hyvänä ja valaistusta riittävänä. Näyteikkunassa on suojakalvo, joka estää suoran auringonvalon kassoille ja pakkauspöydälle. Muu osa näyteikkunasta on auki. Näyteikkunan edessä on taidelasia pyörillä varustetuissa avohyllyissä.

5.3 Havaintoihin perustuva arvio

Tilan valaistusvoimakkuus on riittävä. Osa kohdevalaisimista on väärin suunnattu. Esimerkiksi mainosjuliste näkyy seinällä osittain. Kohdevalaisimien valaistusta tuntui olevan jo liikaakin ja suunnitelmissa on vielä lisätä sitä 20 kpl. Tilaan pitäisi lisätä riippuvaisia, jotta valoa olisi tasaisemmin. Kuvassa 13 esiintyy taidelasissa harmittomia varjoja.



Kuva 13. Takaseinän hyllyköt

Kassojen lähes yläpuolella on kaksi riippuvalaisinta, jotka luovat taustavalaistusta (kuva 14). Kaksi kohdevalaisinta valaisee mainosjulistetta, joka on kassojen takana. Kohdevalaisimien valoa tulee epäsuorasti kassoille ja osittain tästä johtuen valaistus on miellyttävä. Riippuvalaisimet luovat hajavaloa kassoille. Kokonaisuutena kassoille tulee valoa tasaisesti ja riittävästi.

Kassojen ja pakkauspöydän kohdalta näyteikkunassa on kalvo joka estää auringon häikäisyn, mutta toisaalta estää näkymän ulos. Säleverho olisi parempi ratkaisu kuin umpinainen kalvo ikkunassa.

Pakkauspöydällä (kuva 15) valoa on riittävästi, mutta koska se kaikki tulee kohdevalaisimista (2 kpl) valo häikäisee. Valaistusvoimakkuus 1200 luksia keskeltä pakkauspöydän pintaa on liikaa. Tässäkin kohtaa olisi voinut laittaa logon seinään ja valaista kohdevalaisimella, jolloin epäsuora valaistus olisi valaissut pakkauspöytää. Toisen kohdevalaisimen voisi ottaa pois ja korvata riippuvalaisimella.



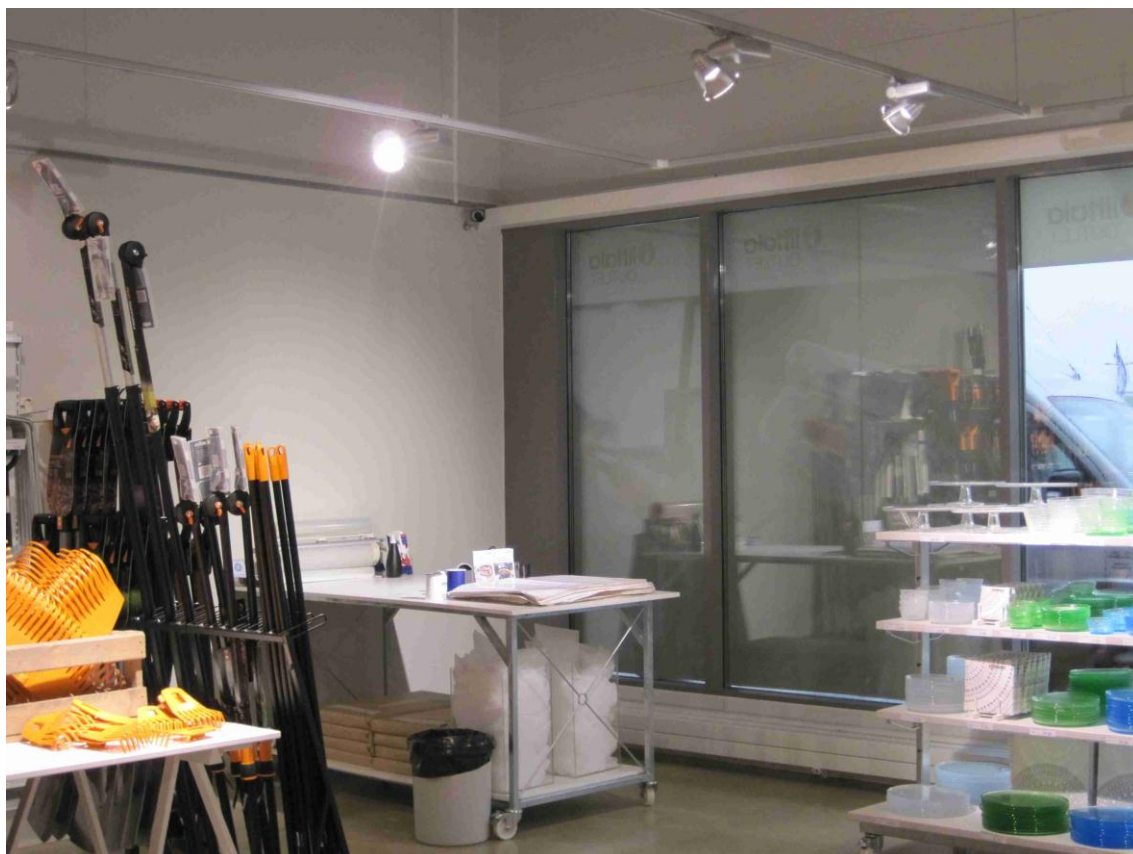
Kuva 14. Myymälän kassat

Valoa riittää hyvin myös hyllyjen väliin ja näiden valaisemiseen kohdevalaisimet ovat sopivia. Kohdevalaisimet saattavat olla kaikki samalla valonjaolla, joka johtaa siihen että ne eivät tilassa sovellu joka paikan valaisemiseen.

Tilassa ei ole hyödynnetty kaappi- tai pöytäkohtaista valaistusta. Esimerkiksi vitriinit saattaisivat olla myyvämpiä omalla valaistuksellaan. Seinät ovat ehkä hieman vaa-leampia kuin ennen, mutta silmämääräisesti ja valokuvaan vertaillen tilannetta on hyvin vaikea arvioida.

5.4 Energiätehokkuusarvio

Koska riippuvalaisimen valmistaja on tuntematon, tarkan arvion laskeminen on hankalaa. Olettamalla riippuvalaisimen arvot samaksi kuin kappaleessa 4.3 monimetallilla saadaan energiätehokkuus (valotehokkuus), joka on 58 lm/W.



Kuva 15. Myymälän pakkauspöytä

Uusi järjestelmä on energiätehokkaampi kuin vanha. Vanhassa valaistusjärjestelmässä oli 174 kpl 70 W:n monimetallilamppuja. Uudessa järjestelmässä 70 W:n monimetallilamppuja on 113 kpl. Energiätehokkuus perustuu pääosin valonmäärästä tinkimiseen.

Lisäksi haastattelussa selvisi, että kohdevalaisimia on tarkoitus asentaa kiskoihin vielä 20 kpl lisää. Tällöin lähestytään alkuperäistä valaisimien määrää. Aiemmin mainitulla tasovalauksella saisi vähennettyä lisäkohdevalaisimien määrää.

Kuvassa 16 on etualalla vitriinit, joihin voisi toteuttaa valaistuksen muullakin tavalla kuin kohdevalaisimilla. Kauempana vasemmalla paistinpannut, joista ruostumattomasta teräksestä valmistetut kyllä erottuvat.

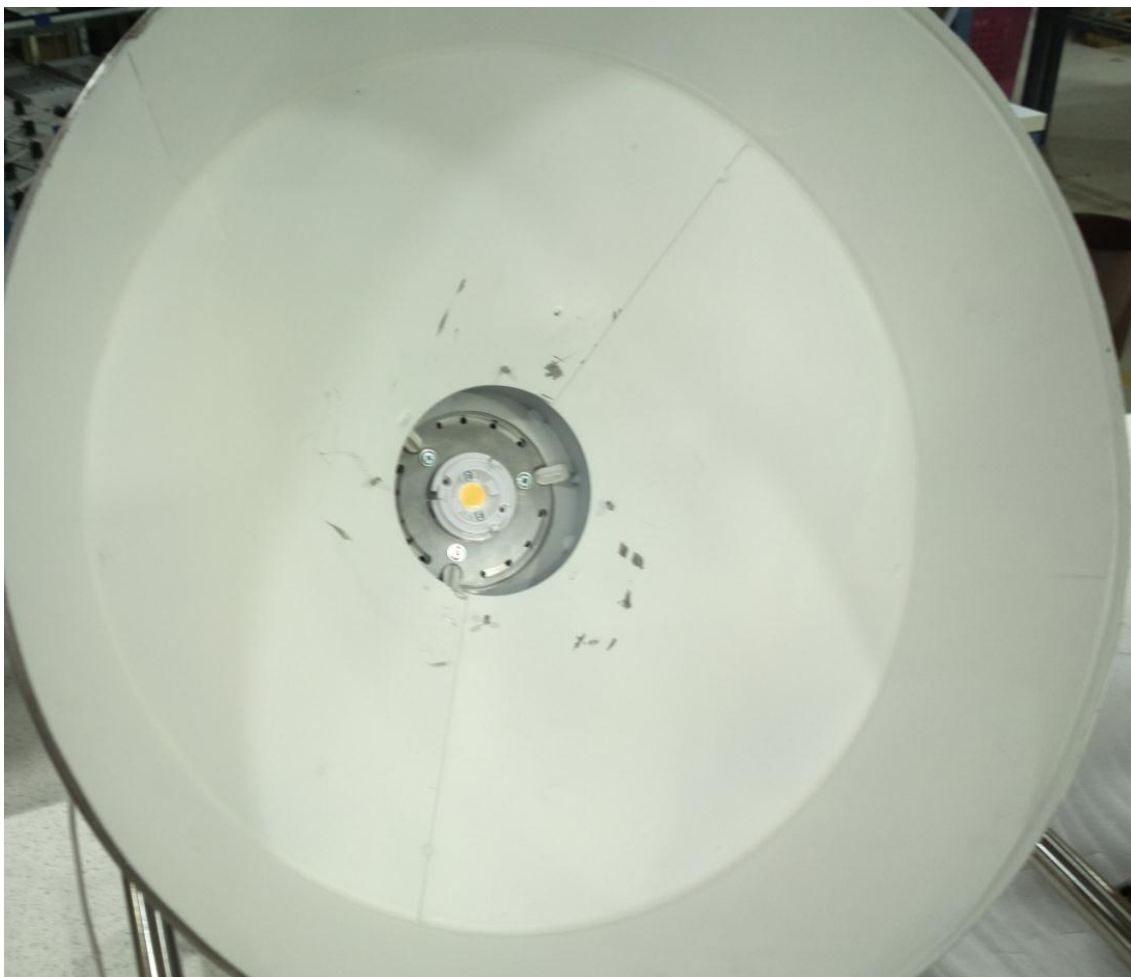


Kuva 16. Toikan linnut vitriinissä lämmittelevät monimetallivalaisimien lämmössä.

Tilan energiatehokkuutta voisi parantaa valaistuksen osalta nykyisen riippuvalaisimen modifioinnilla LED-valaisimeksi. Tällaisia valaisimia (kuva 17) on tehty valaisinkohtaisesti säädettäviksi.

Virtakiskoon kiinnitettävä valaisinkohtaisesti säädettävä LED-valaisin voisi olla varteenotettava ratkaisu tässä kohteessa. LED-valaisimien käyttö esimerkiksi vitriinien sisällä olisi energiatehokas ratkaisu.

Myös tasojen valaisu LED-valaisimilla voisi olla energiatehokas ratkaisu. Näillä toimilla kohdevalaisimien määrää voisi vähentää. Toinen vaihtoehto olisi hankkia 35 W:n monimetallikohdevalaisimia, jotka tietyssä kohtaa tilaa riittäisivät kyllä ja samalla voisi hankkia sopivalla valonjaolla olevat.



Kuva 17. Riippuvalaisin, joka on modifioitu LED-valaisimeksi.

Tilan muuntaminen energiatehokkaammaksi onnistuu tulevaisuudessa myös kustannustehokkaammin. Lumen/Watti – hinta tulee pienenemään myös tulevaisuudessa ja investoinnin hyödyt ovat nopeammin saatavissa myös vanhoissa valaistusjärjestelmissä.

6 Yhteenveto

Insinööriyön alussa käsiteltiin voimassa olevaa sisävalaistusstandardia SFS-EN 12464-1. Nykyisestä valaistusjärjestelmästä arvioitiin valaisimet, suoritettiin valaistuksen oma arviointi sekä henkilökunnan arviointi. Tilassa suoritettiin valaistusvoimakkuusmittaukset. Tilaa arvioitiin sisävalaistusstandardin mukaan.

Nykyinen valaistusjärjestelmä todettiin hyväksi, paikoin valoa on liikaakin. Luonnonvalo häiritsi kassatyöskentelyä. Koko valaistus oli toteutettu 70 W:n monimetallivalaisimilla ja polttimon paloaika koettiin liian lyhyeksi. Valaistuksessa ei ole säätömahdollisuutta, yöaikaan valot palavat ainoastaan tuulikaapissa.

Uusi valaistusjärjestelmä suunniteltiin toteutettavaksi LED-valaisimilla sekä toisena vaihtoehtona käyttäen jo olemassa olevaa valaisinkantaa. Olemassa olevassa valaistusjärjestelmässä kokonaisteho on 13.4 kW, suunnitelluissa uusissa valaistusjärjestelmissä LED-valaistukselle 3.5 kW ja monimetallivalaistukselle 7.6 kW. Arvoja ei voi kuitenkaan pitää yhteismitallisina. Suunnittelu perustuu vanhaan valaisinkantaan ja oletukseen, että liitälaitteet ovat monimetallivalaisimissa elektronisia. Vanhoissa valaisimissa teho ja valonjako eivät aina ole parhaita mahdollisia.

LED-valaisimen tiedoissa ilmoitetaan valaisimen ottama kokonaisteho ja valovirta. Monimetallivalaisimissa kokonaistehoon pitää valonlähteen lisäksi laskea liitälaitteen ottama teho 10 – 20 % ja valovirta valaisimesta ei ole valonlähteen valovirta vaan pienempi riippuen valaisimen hyötysuhteesta. Energiatehokkuus (valotehokkuus) monimetallivalaisimella 58 lm/W ja LED-valaisimella 100 lm/W. Syksyllä 2012 tätä insinööriyötä tehdessä valotehokkuus LED-valaisimessa oli noussut jo 116 lm/W.

Toteutunut valaistusjärjestelmä oli samantyyppinen kuin ennen remonttia. Monimetallivalaisimien käyttö oli ymmärrettävää, koska valaisimet ovat alle 5 vuotta vanhoja. Kokonaan uuteen myymälätilaan teknisesti LED-valaisin on järkevämpi vaihtoehto kuin monimetallivalaisin. LED-valaisin on huomattavasti energiatehokkaampi, pitkäikäisempi ja helpommin puhtaana pidettävissä. Työssä ei verrattu valaisimien kokonaiskustannuksia.

Lähteet

- 1 Standardi. SFS- EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. 95 s. Suomeksi ja englanniksi. Vahvistettu 10. lokakuuta 2012.
- 2 Sopimusalat. Verkkodokumentti.
http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/sopimusalat/teollisuus/keskisuuri_teollisuus/keskisuuren_teollisuuden_toimenpideohjelmat/ Luettu 8.12.2012
- 3 Valaisinopas. Verkkodokumentti.
<http://www.eglo.com/finland../Finland/Valaisinopas/Valaisinten-ABC/Heijastuskerroin> Luettu 4.8.2012
- 4 Sähköposti. Lival oy. Saatu 9.8.2012.
- 5 Tapio Kallasjoen luentomateriaali. Valaistustekniikan perusteita. Metropolia Ammattikorkeakoulu. 34 s. 2010.
- 6 Easy Led Oy:n markkinointimateriaali. PRO-1 Oslon. 2 s. 2012.
- 7 Toimialueet. Verkkodokumentti.
<http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/> Luettu 17.9.2012

Haastattelut ennen remonttia

Kysymys	Haastateltava 1	Haastateltava 2	Haastateltava 3
Tuntuuko työympäristö tylsältä ja yksitoikkoiselta?	Ei, valaistus on hyvä. Talvella mukava ja piristää.	Ei	Ei
Väsyvätkö silmät, onko päänsärkyä?	Ei	Ei	Ei
Häikäisevätkö valaisimet tai ikkunasta tuleva valo?	Auringon valo häikäisee keväällä.	Auringon valo häikäisee keväällä. Asiakas ei näy tuulikaapista.	Auringon valo häikäisee keväällä.
Onko valoa riittävästi?	On	On, kunhan lamput ovat ehjät.	On, mutta palaneita lamppeja on aivan liikaa.
Onko valaisimien valo miellyttävä?	On	On	On
Ilmeneekö välkkymistä tai muita epämiellyttäviä ilmiöitä?	Ei	Ei	Ei
Esiintyykö varjoja?	Ei	Ei	Ei
Jotain muuta työpaikan valaistusolosuhteista?	Ei	Tuulikaapin valaistus on jatkuvasti päällä.	Ei

Mittauspöytäkirjat ennen remonttia

No.	Serial No.	Luksit	x	y	Kelvin	duv
Tuulikaappi						
Data No.	Serial No.(0)	Ev[lx](0)	x(0)	y(0)	Tcp[K](0)	duv(0)
1	30014513	3894,41	0,3770	0,3637	3995	-0,0053
2	30014513	3876,56	0,3770	0,3638	3995	-0,0053
3	30014513	3877,12	0,3771	0,3638	3995	-0,0053
4	30014513	3904,45	0,3767	0,3636	4004	-0,0052
5	30014513	3922,30	0,3765	0,3634	4009	-0,0052
Ulkona						
Data No.	Serial No.(0)	Ev[lx](0)	x(0)	y(0)	Tcp[K](0)	duv(0)
1	30014513	11052,62	0,3259	0,3357	5802	0,0002
2	30014513	11798,59	0,3260	0,3357	5797	0,0002
3	30014513	12153,42	0,3258	0,3354	5807	0,0002
4	30014513	12346,19	0,3258	0,3353	5810	0,0001
5	30014513	12589,26	0,3257	0,3352	5814	0,0001
Sisäänkäynti						
Data No.	Serial No.(0)	Ev[lx](0)	x(0)	y(0)	Tcp[K](0)	duv(0)
1	30014513	632,42	0,4067	0,3877	3443	-0,0017
2	30014513	633,26	0,4070	0,3878	3438	-0,0017
3	30014513	631,26	0,4069	0,3877	3439	-0,0017
4	30014513	632,90	0,4069	0,3876	3437	-0,0018
5	30014513	630,95	0,4067	0,3875	3440	-0,0018
Kassa 1						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[lx] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	894,34	0,4308	0,3995	3066	-0,0009
2	30014513	897,72	0,4308	0,3995	3066	-0,0009
3	30014513	898,50	0,4308	0,3995	3066	-0,0009
4	30014513	898,14	0,4308	0,3995	3067	-0,0009
5	30014513	890,93	0,4311	0,3995	3062	-0,0010
Kassa 2.						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[lx] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	830,18	0,4371	0,3996	2958	-0,0017
2	30014513	818,67	0,4384	0,4000	2940	-0,0017
3	30014513	826,74	0,4380	0,4000	2946	-0,0016
4	30014513	838,28	0,4356	0,3991	2980	-0,0017
5	30014513	846,46	0,4346	0,3986	2993	-0,0018
Lasivetriini Linnut						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[lx] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	1284,57	0,4412	0,4031	2922	-0,0007
2	30014513	1279,27	0,4409	0,4033	2927	-0,0007
3	30014513	1280,66	0,4408	0,4033	2928	-0,0006
4	30014513	1274,53	0,4409	0,4033	2928	-0,0007
5	30014513	1275,64	0,4410	0,4032	2925	-0,0007

Käytävä 1						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[Ix] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	1595,81	0,4448	0,4043	2873	-0,0006
2	30014513	1598,59	0,4446	0,4043	2876	-0,0006
3	30014513	1598,59	0,4446	0,4043	2876	-0,0006
4	30014513	1597,76	0,4446	0,4043	2876	-0,0006
5	30014513	1598,87	0,4445	0,4043	2877	-0,0006
Käytävä 2.						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[Ix] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	891,61	0,4344	0,3992	3001	-0,0015
2	30014513	893,00	0,4347	0,3993	2997	-0,0015
3	30014513	889,10	0,4348	0,3993	2996	-0,0015
4	30014513	890,77	0,4349	0,3994	2993	-0,0015
5	30014513	884,08	0,4352	0,3995	2990	-0,0015
Käytävä 3.						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[Ix] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	885,75	0,4505	0,4094	2829	0,0008
2	30014513	888,82	0,4508	0,4091	2822	0,0007
3	30014513	887,15	0,4506	0,4093	2826	0,0007
4	30014513	888,54	0,4506	0,4093	2827	0,0007
5	30014513	885,47	0,4507	0,4093	2825	0,0007
Käytävä oikea reuna 3						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[Ix] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	828,86	0,4463	0,4030	2839	-0,0012
2	30014513	829,42	0,4462	0,4031	2841	-0,0012
3	30014513	828,86	0,4463	0,4030	2839	-0,0012
4	30014513	828,02	0,4464	0,4031	2837	-0,0012
5	30014513	720,25	0,4456	0,4042	2860	-0,0007
Käytävä oikea reuna 2						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[Ix] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	802,08	0,4396	0,3971	2895	-0,0029
2	30014513	778,06	0,4384	0,3973	2916	-0,0027
3	30014513	778,25	0,4384	0,3973	2917	-0,0027
4	30014513	778,42	0,4384	0,3973	2917	-0,0027
5	30014513	778,69	0,4383	0,3973	2918	-0,0027
Käytävä oikea reuna 1.						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[Ix] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	1213,73	0,4196	0,3910	3202	-0,0027
2	30014513	1210,10	0,4193	0,3910	3209	-0,0027

3	30014513	1210,94	0,4192	0,3910	3210	-0,0027
4	30014513	1209,82	0,4192	0,3911	3210	-0,0026
5	30014513	1210,66	0,4192	0,3910	3210	-0,0027
Näyteikkuna 1 Aaltomaljat						
Data No.	Serial No. (0)	Ev[Ix] (0)	x (0)	y (0)	Tcp[K] (0)	duv (0)
1	30014513	3738,79	0,3586	0,3650	4581	0,0015
2	30014513	3758,31	0,3587	0,3653	4579	0,0016
3	30014513	3755,25	0,3587	0,3654	4579	0,0016
4	30014513	3749,39	0,3587	0,3654	4579	0,0017
5	30014513	3744,37	0,3588	0,3655	4577	0,0017

Mittauspöytäkirja Clas Ohlson

Tammisto litala <u>outlet</u> 10.7.2012 klo 11	Clas Ohlson malli 1300 srjnro:10055656 Valaistusvoimakkuus lx
Tuulikaappi	3 240
Ulkona	11 000
Sisäänkäynti	350
Kassa 1	600
Kassa 2	630
Lasivetriini linnut	1000
Käytävä 1	1300
Käytävä 2	630
Käytävä 3	600
Käytävä oikea reuna 3	800
Käytävä oikea reuna 2	450
Käytävä oikea reuna 1	1100
Näyteikkuna 1 aaltomaljakko	3240

LED- valaistussuunnitelma

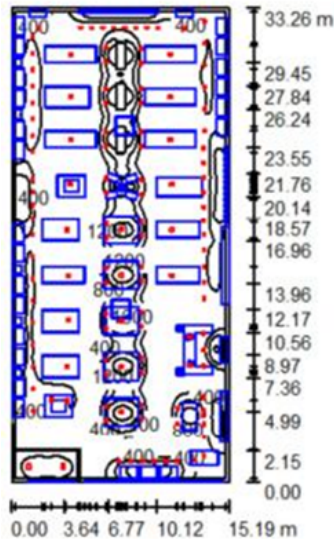
Projekti 1

Easy Led Oy
Meriniitynkatu 11 C
24100 SALO
Finland



Tekijä Mika Nummenpalo
Puhelin +358 44 559 83 59 Mobile Dubai: +971 55 485 30 21
Faksi +358 2 737 44 30
Sähköpostiosoite mika@led1.fi

Tila 1 / Yhteenveto



Tilan korkeus: 6.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:428

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	389	23	1839	0.060
Lattia	20	251	14	1099	0.057
Katto	50	93	48	125	0.519
Seinät (4)	30	115	20	1484	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	23	EASY LED OY PRO 100 OSLON 30 4000K 401001 & 401301 PRO 100 OSLON 30 4000K 401001 & 401301 (1.000)	2850	2850	27.0
2	2	EASY LED OY PRO 200 OSLON 60 4000K 501001 & 501301 PRO 200 OSLON 60 4000K 501001 & 501301 (1.000)	5700	5700	52.0
3	30	Easy Led Oy PRO-1 OSLON 80 PRO-1 OSLON 80 310607 PRO-1 OSLON 80 310607 (1.000)	2850	2850	27.0
4	72	Easy Led Oy PRO-1 OSLON Tina W 310697 PRO-1 OSLON Tina W 310697 (1.000)	2581	2850	27.0
			Yhteensä: 348311	Yhteensä: 367650	3479.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.89 \text{ W/m}^2 = 1.77 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 504.97 m^2)

Monimetallivalaistussuunnitelma

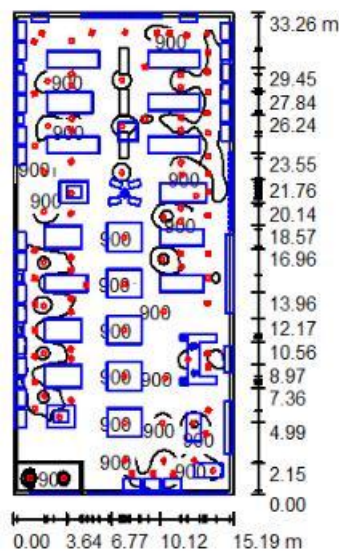
Projekti 1



Tekijä Jukka Virtanen
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Finland

Tila 1 / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 6.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava
1:428

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	561	28	4294	0.050
Lattia	20	406	17	1651	0.042
Katto	50	107	56	143	0.528
Seinät (4)	30	97	26	1111	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	30	Lival Optic 812 70W WFLf Lival/LCC/10May2004/2 Lival Optic 812 70W WFLf (1.000)	4640	6600	70.0
2	65	Lival Premium 70 VWFLf Lival/LCC/18Jun2004/1 Lival Premium 70 VWFLf (1.000)	4664	6600	70.0
			Yhteensä: 442359	Yhteensä: 627000	6650.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $13.17 \text{ W/m}^2 = 2.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 504.97 m^2)


Haastattelut jälkeen remontin


Kysymys	Haastateltava 1	Haastateltava 2	Haastateltava 3
Tuntuuko työympäristö tylsältä ja yksitoikkoiselta?	Ei	Ei	Ei
Väsyvätkö silmät, onko päänsärkyä?	Ei	Ei	Ei
Häikäisevätkö valaisimet tai ikkunasta tuleva valo?	Ei	Kyllä, valaisimet eivät ole vielä suunnattu.	Ei
Onko valoa riittävästi?	On	On	On
Onko valaisimien valo miellyttävä?	On, parempi kuin vanha.	On	On
Ilmeneekö välkymistä tai muita epämiellyttäviä ilmiöitä?	Ei	Ei	Ei
Esiintyykö varjoja?	Ei	Ei	Ei
Jotain muuta työpaikan valaistusolosuhteista?	Ei	Toimivat, uusi on parempi.	Kassan 2 (ulompi näyteikkunan suunnasta) yläpuolella oleva riippuvaisiin kuvastuu näytöltä.

Easy Led Oy:n markkinointimateriaali PRO-1 Oslon

PRO-1 OSLON


PRO-1 OSLON
Tyylikäs kiskovalaisin







Easy Led Oy:n PRO-1 OSLON -valaisin on energiatehokas vaihtoehto muun muassa myymälävalaistukseen. Valaisin on kiinnitettävissä normaaliin kolmivaihekköön. Lukuisilla eri linssivaihtoehdoilla valaisimen valonjako on räätäljitävissä sovelluskohtaisesti, tarvitsit sitten spottia, tasovaloa tai jopa näiden yhdistelmää. Valaisimen pieni lämmöntuotto ja vähäinen UV-säteily ei vahingoita arkojakaan tuotteita.

Valaisin valmistetaan kokonaisuudessaan Suomessa ja sille on myönnetty avainlippu. Valaisimen elektronisessa suunnittelussa on otettu huomioon myös tuotteen pitkä elinkaari ja korkeat laatuvaatimukset. Annamme valaisimelle neljän vuoden takuun.

Easy LED 

www.easyled.fi





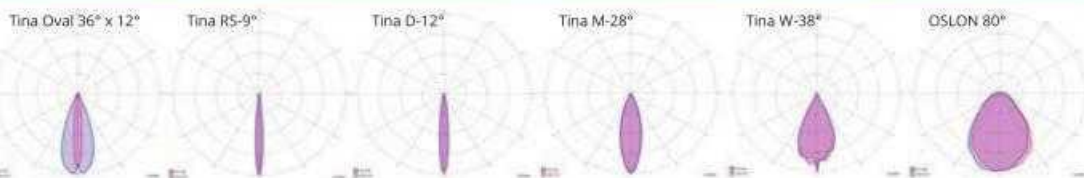
Easy Led Oy - Miehilinjärkäly 11, FI-24100 Salmi, Finland - tel. +358 (0)9 787 4420 - email: info@easyled.fi

PRO-1 OSLO

Tehonkulutus: 27W
 Jännite: 230VAC
 Virta: 0,13A
 Värintoistoindeksi Ra: >82 (4000 K)
 Asennus: Vakiona GA 69-liitin (mm, XT5A-kiskoon)
 Asennuskorkeus: 2-4 m
 Elinikä: >80 000 h / 80% (T< -25°C)
 Mitat: 230 x 160 x 110 mm



Mallit	EL. Koodi	Valaisukulma	Valovirta (lm)	Värlämpötila (K)	Runkoväri
PRO-1 OSLO	3106A7	36° x 12°	2850	4000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106B7	9°	2850	4000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106C7	12°	2850	4000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106D7	28°	2850	4000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106E7	38°	2850	4000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106F7	80°	2850	4000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106A6	36° x 12°	3000	6000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106B6	9°	3000	6000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106C6	12°	3000	6000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106D6	28°	3000	6000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106E6	38°	3000	6000	9010 White
PRO-1 OSLO	3106F6	80°	3000	6000	9010 White
PRO-1 OSLO	3206A7	36° x 12°	2850	4000	Black
PRO-1 OSLO	3206B7	9°	2850	4000	Black
PRO-1 OSLO	3206C7	12°	2850	4000	Black
PRO-1 OSLO	3206D7	28°	2850	4000	Black
PRO-1 OSLO	3206E7	38°	2850	4000	Black
PRO-1 OSLO	3206F7	80°	2850	4000	Black
PRO-1 OSLO	3206A6	36° x 12°	3000	6000	Black
PRO-1 OSLO	3206B6	9°	3000	6000	Black
PRO-1 OSLO	3206C6	12°	3000	6000	Black
PRO-1 OSLO	3206D6	28°	3000	6000	Black
PRO-1 OSLO	3206E6	38°	3000	6000	Black
PRO-1 OSLO	3206F6	80°	3000	6000	Black



Easy LED 
www.easyled.fi

Mittauspöytäkirja jälkeen remonttin

Mittauspaikka	Clas Ohlson malli 1300 Valaistusvoimakkuus lx
Ulkona	2000
Tuulikaappi	2200
Inspiraatiopöytä	1900
Seinähylly	850
Lavapöytä pyörillä	1240
Käytävä 1	330
Käytävä 2	550
Käytävä 3	440
Lepopöytä	270
Kassa 1	1100
Kassa 2	1100
Takaseinä hyllykkö 1	800
Takaseinä hyllykkö 2	1600
Takaseinä hyllykkö 3	2200
Vitriini 1	500
Vitriini 2	370
Vitriini 3	320
Pakkauspöytä	1200
Lastenpöytä	1020