

Simo Raassina

Käyttäjämielitymukset ja valaistuksen laatu toimistossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

7.2.2014

Alkulause

Kiitän liiketoimintapäällikköä Ville Räsästä ja teknisen tuen päällikköä Jari Uusitaloa Fagerhult Oy:stä testivalaisimien toimittamisesta ja teknisestä tuesta sekä myynti- ja markkinointipäällikköä Jukka Riikkulaa Helvar Oy:stä DALI-ohjauslaitteiden hankintaan osallistumisesta.

Haluan kiittää myös diplomi-insinööri Matti Sinisaloa sekä lehtori Tapio Kallasjokea saamastani työn ohjauksesta.

Helsingissä 7.2.2014

Simo Raassina

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Simo Raassina Käyttäjamieltymykset ja valaistuksen laatu toimistossa 30 sivua + 4 liitettä 7.2.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	diplomi-insinööri Matti Sinisalo lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Insinööriyössä oli tavoitteena tutkia valaistuksen laatutekijöitä sekä niiden vaikutusta käyttäjien kokemaan valaistuksen miellyttävyyteen. Työssä tutustuttiin myös siihen, millaisia vaikutuksia valaistuksella on ihmiseen. Lisäksi pyrittiin selvittämään, onko eri käyttäjäryhmillä erilaisia mieltymyksiä toimiston valaistuksen suhteen.</p> <p>Edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi työssä tutustuttiin aihealueesta tehtyihin tutkimuksiin sekä suoritettiin valaistuksen käyttäjätutkimus. Käyttäjätutkimuksessa toimistohuoneeseen asennettiin helposti säädettävä testivalaistus ja kyseisessä huoneessa suoritettiin valaistuksen tyytyväisyyskysely, johon osallistui 43 Granlund Oy:n työntekijää. Henkilöiden mieltymyksiä tutkittiin erilaisten valaistustilanteiden avulla. Värilämpötilaa, valaistusvoimakkuutta ja päivänvalon osuutta muuttamalla pyrittiin selvittämään, millaisia ominaisuuksia miellyttävä toimistovalaistus sisältää.</p> <p>Kyselytutkimuksen tulokset vahvistavat yleisiä, jo aiemmin tiedossa olleita käsityksiä toimistovalaistuksen miellyttävyydestä ja ihmisten mieltymyksistä. Esimerkiksi riittävän valaistusvoimakkuuden, valaistuksen häikäisemättömyyden ja päivän valon saannin merkitys oli kyselyyn vastanneille suuri. Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu, että vastaajan sukupuoli, ikä tai koulutus vaikuttaisi merkittävästi siihen, miten käyttäjä kokee valaistuksen miellyttävyyden.</p> <p>Tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että yksinkertaisella kyselytutkimuksella ei saada luotettavaa tietoa valaistusolosuhteiden miellyttävyydestä. Kyselytutkimuksen otos on melko pieni ja tulevaisuudessa käyttäjämieltymyksiä voisi tutkia isommalla otoksella sekä muilla menetelmillä. Valaistuksen laadukkuuden kokemiseen vaikuttavat ihmisten henkilökohtaiset mielipiteet ja mieltymykset, jotka saattavat vaihdella myös ajasta riippuen, vaikka olosuhteet ja valaistuksen säätömahdollisuudet olisivat samanlaiset kaikkien vastaajien osalta.</p>	
Avainsanat	värilämpötila, valaistusvoimakkuus, valaistusmieltymykset

Author Title	Simo Raassina User Preferences and Quality of Lighting in Offices
Number of Pages Date	30 pages + 4 appendices 7 February 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Matti Sinisalo, M.Sc. Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to study quality factors of light and their influence on the amenity people experienced. The effects light has on humans were clarified. Additionally, one aim was to find out if there are different kinds of preferences between target groups.</p> <p>To achieve the aims, previously published research was studied. Also a user study concerning lighting preferences of people was realized. To create a controllable test environment for the user study, lighting installations were made to a single office room. The users consisted of the employees of Granlund Ltd. In the study, user preferences were examined with different kind of light situations by changing the values of colour temperature and illuminance. Also the proportion of day light was controlled during the research.</p> <p>Results of this study confirm common conceptions of people's preferences in office lighting. For example adequate illuminance value, unglaring light and the proportion of day light were valued. However, there was no evidence that the gender, age or education of the participant would significantly affect the amenity people experienced.</p> <p>As a conclusion, it can be stated that it is not possible to achieve reliable results of difference between people's amenity experience concerning light quality by this kind of a simple inquiry study. The sample of this research was quite small and in the future, user preferences could be investigated with a larger sample and different methods. Although the test environment and light conditions would be similar among the users, personal opinions and preferences, which may vary depending on the time, greatly affect people's amenity experience concerning light quality.</p>	
Keywords	colour temperature, illuminance, light preferences, amenity

Alkulause	
Tiivistelmä	
Abstract	
1 Johdanto	1
2 Taustaa valaistustutkimuksista	2
3 Valaistuksen laatutekijät	3
3.1 Valaistustekniset suureet	4
3.2 Sisävalaistusstandardi	6
4 Valon vaikutukset ihmiseen	7
4.1 Vireys	8
4.2 Näöntarkkuus	8
4.3 Valon vaikutus vuorokausirytmiiin	9
5 Testihuoneen valaistusmittaukset	11
5.1 Testihuoneen esittely	11
5.2 Valaistustilanteet	13
6 Käyttäjäkysely	15
6.1 Kyselyn toteutus	15
6.2 Kyselyn rakenne	16
7 Käyttäjäkyselyn tulokset	17
7.1 Valaistuksen miellyttävyys	18
7.1.1 Koko tutkimusryhmän vastaukset	18
7.1.2 Vertailu kohderyhmittäin	22
7.2 Valaistusvoimakkuuden riittävyys	24
7.3 Päivänvalon vaikutus	24
8 Johtopäätökset	27

Liitteet

Liite 1. Kruithofin kuvaaja valaistuksen miellyttävyydestä [1, s.45]

Liite 2. Ekvivalenttisen värilämpötilan määrittäjäkäyrästä [6, s.167]

Liite 3. Luminanssiarvojen mittauspisteet 1 – 6

Liite 4. Kyselylomake valaistuksesta

1 Johdanto

Valaistusta käsitellään usein energiatehokkuuden tai standardien asettamien valaistus-suositusten kannalta. Tässä insinööriyössä aihetta käsitellään kuitenkin ihmisten miel-tymysten ja laatutekijöiden näkökulmasta. Insinööriyö on tehty Granlund Oy:n toimek-siantona.

Viime vuosina on tehty yhä enemmän tutkimuksia siitä, millaisia biologisia vaikutuksia valaistuksella ja valolla on ihmisiin. Näin on pyritty selvittämään ihmisten tarpeita muun muassa toimistovalaistukseen nähden. Näitä perustarpeita ovat näkemiseen ja suori-tuskykyyn liittyvät seikat, mutta myös mieltymykset ja tunnelmaan liittyvät asiat kiinnos-tavat tutkijoita. Valaistustutkimuksissa käytetyt tutkimusmenetelmät voivat olla erilaisia laboratoriotestejä tai tyytyväisyyskyselyitä, mutta myös lääketieteelliset menetelmät ovat yleistyneet.

Vaikka toimistossa tehtyjä käyttäjä tutkimuksia on tehty jonkin verran, on aiheesta vielä varsin vähän tutkimustietoa ja siksi onkin perusteltua tutkia aihetta lisää. Tässä työssä toteutetaan testivalaistus Granlund Oy:n toimistohuoneessa, jossa tehdään käyttäjä-kysely tilan valaistuksesta. Tavoitteena on selvittää, voidaanko melko yksinkertaisella kyselyllä saada luotettavia tuloksia työntekijöiden valaistusmieltymyksistä. Kyselyn avulla tutkitaan valaistusvoimakkuuden ja väriämpötilan vaikutusta käyttäjien koke-maan valaistuksen miellyttävyyteen. Selvitetään myös, miten eri käyttäjäryhmät iästä ja sukupuolesta riippuen kokevat erilaiset valaistustilanteet.

Lisäksi työssä tutustutaan olemassa oleviin valaistussuosituksiin sekä siihen, millaisia vaikutuksia valaistuksella on ihmiseen. Työn tuloksena on mahdollista saada lisätietoa käyttäjien tarpeista ja mieltymyksistä valaistukseen, mitä voidaan käyttää hyväksi suunniteltaessa uusia tai saneerattavia toimistotiloja.

2 Taustaa valaistustutkimuksista

Valaistuksen vaikutuksesta ihmisen mielialaan ja mieltymyksiin on tehty joitakin tutkimuksia, mutta johtuen aiheen monimutkaisuudesta tutkimustulokset ovat olleet melko vaihtelevia ja joskus ristiriitaisiakin. Tämä johtunee erilaisista tutkimusmenetelmistä ja olosuhteista, joilla valaistusmieltymyksiä on pyritty selvittämään.

Valaistusstandardi ei määrittele toimistoissa käytettävän valon värilämpötilalle suositusarvoja, kuten esimerkiksi joihinkin teollisuuden ja terveydenhuollon tiloihin on värilämpötilalle määritelty suositusarvot. Yleinen käsitys värilämpötilan miellyttävyydestä kuitenkin on, että suuremmassa valaistusvoimakkuudessa suositaan kylmempää värisävyä ja pienemmällä valaistusvoimakkuudella lämpimämpää värisävyä. Tämä perustuu liitteessä 1 esitettyyn Kruithofin kuvaajaan, jossa esitetään miellyttäväksi koettu alue valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan suhteen. [1, s.45]

Laurentin ym. (2000) tutkivat valon lähteen ja ilman lämpötilan vaikutusta valaistuksen mukavuuteen. Tutkimus tehtiin kyselymuotoisena kahdellekymmenelle 20 - 30 vuotiaalle opiskelijalle ranskalaisen koulun tiloissa. Ilman lämpötilalla ei todettu olevan merkittävää vaikutusta valaistuksen mukavuuteen, mutta tutkimuksessa havaittiin, että opiskelijat kokivat keinovalon miellyttävämpänä kuin päivänvalon valaistusvoimakkuuden ollessa 300 lx. Keinovalaistuksen värilämpötila oli 4 000 K ja päivänvalon keskimäärin 7 000 K. Lisäksi mielipiteissä havaittiin merkittäviä sukupuolten välisiä eroja. Tilanteessa, jossa valaistus koostui kokonaan keinovalosta, naiset kokivat tilan valaistuksen (valaistusvoimakkuus 300 lx) pimeämpänä ja epämiellyttävämpänä kuin miehet. Edelleen tilanteessa, jonka valaistus oli toteutettu puoliksi keinovalolla ja puoliksi päivänvalolla, naiset kokivat työpöydän valaistusvoimakkuuden (300 lx) epämiellyttävämpänä kuin miehet. [2.]

Belcher ja Kluczny (1987) tutkivat valaistusvoimakkuuden vaikutusta mielialaan vertailemalla 215 lx ja 2 175 lx valaistusvoimakkuuksia. He totesivat, että naisten positiivinen mieliala huononi suuremman valaistusvoimakkuuden vaikutuksesta, kun taas miehet reagoivat päinvastoin. [3.]

Sukupuolten välisiä eroja valaistusmieltymyksiin nähden on tutkittu lisää vuonna 1995 julkaistussa tutkimuksessa. Tämän tutkimuksen tuloksena naisten negatiivinen mieliala parani enemmän lämminsävyisessä valossa (3 000 K), kun taas miesten mielialan paranemiseen auttoi parhaiten kylmänsävyinen (4 000 K) valo. Valonlähteiden värintoistoindeksi oli 95. Samassa tutkimuksessa mielialaa arvioitiin myös valaistuksessa, jonka värintoistoindeksi oli 51 - 58. Tällöin todettiin, että hyvä mielentila saavutettiin parhaiten valaistusolosuhteissa, jossa valaistusvoimakkuus oli 300 lx ja väriämpötila 4 000 K tai valaistusvoimakkuus 1 500 lx ja väriämpötila 2 950 K. [4.]

Iso-Britanniassa vuonna 1999 julkaistu tutkimus vahvistaa käsitystä siitä, että valaistuksen väriämpötilalla on vaikutusta mielialaan. Toimistomiljöössä tehdyssä tutkimuksessa arvioitiin ihmisten mielialoja neljässä valaistustilanteessa, joissa muuttujia olivat väriämpötila (3 000 K ja 4 000 K) ja valaistusvoimakkuus (280 lx ja 730 lx). Tutkimuksen tuloksena todettiin naisten huonon mielialan vähentyvän lämminsävyisemmässä valossa ja kasvavan kylmemmässä väriämpötilassa. Miesten mielialaan väriämpötilan muutos ei merkittävästi vaikuttanut. [5.]

Voidaan todeta, että tutkimustulokset valaistusmieltymyksistä ovat monipuolisia ja vaihtelevia, johtuen erilaisista tutkimusmenetelmistä ja aiheen monimutkaisuudesta. Tämän tutkimuksen tavoitteena on löytää vastaus seuraaviin kysymyksiin: Miten väriämpötila ja valaistusvoimakkuus vaikuttavat valaistuksen miellyttävyyteen? Miten eri käyttäjäryhmät kokevat miellyttävän valaistuksen? Onko päivänvalolla vaikutusta miellyttävyyteen? Näihin tutkimuskysymyksiin pyritään löytämään vastauksia käyttäjäkyselyllä testihuoneen ympäristössä.

3 Valaistuksen laatutekijät

Edellä esitettyjen tutkimusten perusteella voidaan sanoa, että valaistuksen laadullisilla tekijöillä on merkitystä muun muassa siihen, miten miellyttävänä valaistus koetaan. Pohjoisamerikkalaisen valaistusjärjestön *Illuminating Engineering Society of North American (2000)*, tekemän käsikirjan mukaan valaistuksen laatuun vaikuttavat ihmisten tarpeet, taloudelliset ja ympäristöön vaikuttavat seikat sekä arkkitehtuuriset tavoitteet.

Tärkein yksittäinen tarve ihmiselle on näkyvyys, joka luo edellytykset näkökentässä olevan visuaalisen informaation tulkitsemiselle. Kohteen näkyvyyteen eniten vaikuttavia

asioita ovat kontrasti, luminanssi sekä näkökohteen koko. Myös havaitsijan iällä on merkitystä, sillä ikääntyessään ihminen tarvitsee suuremman valaistusvoimakkuuden ja kontrastin saavuttaakseen yhtä hyvän näkyvyyden kuin nuori henkilö. Näin ollen valaistusvoimakkuudella voidaan jonkin verran kompensoida näkyvyyttä, jos esimerkiksi näkötehtävän kontrasti on huono tai näkökohde pieni.

Toinen olennainen valaistuksen laatuun vaikuttava tarve on riittävä työtehtävien suorituskky. Valaistuksella luodaan olosuhteet, joissa erilaiset tehtävät ja työt voidaan suorittaa mahdollisimman hyvin. Työskentelyn suorituskky rakentuu näkyvyyden lisäksi henkilöstä riippuvista tekijöistä.

Mielialaan ja tunnelmaan liittyvät tarpeet ovat myös valaistuksen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Näitä tunteeseen perustuvia vaatimuksia ovat muun muassa tyytyväisyys ja mieltymykset, joihin voidaan vaikuttaa valaistuksella. [6, s. 448.]

3.1 Valaistustekniset suureet

Insinööriyössä käytetään valaistustekniikassa yleisesti käytettyjä suureita ja termejä. Näistä keskeisimmät määritelmät esitellään seuraavaksi.

Valo

Näkyvä valo on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on n. 400 - 760 nanometriä.

Valovirta

Valonlähteen näkyvän valon säteilyteho, joka on painotettu ihmissilmän spektriherkyydellä. Valovirran tunnus on Φ ja yksikkö lumen (lm).

Valovoima

Valovoima on suure, joka ilmoittaa, kuinka paljon valovirtaa valaisin lähettää tiettyyn suuntaan. Sen tunnus on I ja yksikkö candela (cd). Valaisimen valovoima saadaan suhteellisarvona teknisille valaisimille mitatusta valonjakokäyrästä.

Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus kertoo, kuinka paljon kohteeseen tulee valoa. Se ilmoittaa kohteeseen tulevan valovirran määrän pinta-alayksikköä kohden. Sen tunnus on E ja yksikkö luksi (lx). Valaistusstandardi määrittelee suositusarvot ylläpidettävälle valaistusvoimakkuudelle (E_m). Suunnittelussa on huomioitava myös valaistuksen alenemakerroin, joka riippuu valaisimen ominaisuuksista, ympäristöstä ja huoltosuunnitelmasta.

Luminanssi

Luminanssi kuvaa kohteen pinnan kirkkautta eli valotiheyttä. Sen yksikkö on cd/m^2 ja tunnus L.

Väriämpötila

Ekvivalenttinen väriämpötila ilmoittaa valon värisävyn. Suureen yksikkö on kelvin. Yleisesti ottaen alle 3 300 K:n väriämpötilan värivaikutelma on lämmin, ja yli 5 300 K:n väriämpötila koetaan usein kylmänä. Väriämpötilan ollessa 3 300 - 5 300 K valon värisävy koetaan neutraalina.

Värintoisto

Värintoistoindeksi kuvaa sitä, kuinka hyvin tutkittavan valonlähteen värintoisto vastaa vertailuvalonlähteen värintoistoa. Värintoistoindeksi eli R_a -indeksin arvo ilmoitetaan välillä 0 - 100.

Valotehokkuus

Valotehokkuudella tarkoitetaan valonlähteen tuottamaa valovirtaa kulutettua sähkötehoa kohti, jolloin sen yksikkö on lm/W .

Häikäisy

Häikäisyllä tarkoitetaan tilannetta, jossa näkökentän luminanssijakauma tai luminanssitaso on liian suuri, jolloin silmä ei sopeudu siihen. Se aiheuttaa epämukavuutta näkemisessä sekä hankaloittaa yksityiskohtien näkemistä.

Varjonmuodostus ja muodonanto

Muodonanto tarkoittaa diffuusin eli hajavalon ja suoran valaistuksen tasapainoa. Valaistus ei saa olla liian suunnattua, koska tällöin syntyy teräviä varjoja. Toisaalta liian diffuusi valaistus tekee tilasta tylsän, ja muodonanto katoaa. Valaistuksen varjonmuodostukseen vaikuttavat valaisevan kappaleen koko, valon suunta ja pintojen heijastussuhde.

[1; 7; 8; 9.]

3.2 Sisävalaistusstandardi

Sisätilojen työkohteiden valaistukselle ja niihin liittyville alueille on määritelty vaatimukset standardissa SFS - EN 12464 - 1, jonka mukaan riittävän valaistusvoimakkuuden lisäksi suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon sekä laadulliset että määrälliset tarpeet.

Valaistusvaatimukset määritetään seuraavan kolmen perustarpeen täyttymisenä:

- näkömukavuus, jolloin työntekijä kokee valaistuksen vaikuttavan positiivisesti hyvinvointiinsa; tämä johtaa epäsuorasti myös parempaan tuottavuuteen ja työn laatuun
- näkötehokkuus, jolloin työntekijät pystyvät suoriutumaan näkötehtävästään myös vaativissa olosuhteissa ja pitempien jaksojen aikana
- turvallisuus.

Tärkeimmät näköympäristön tekijät suhteessa keino- ja päivänvaloon ovat: luminanssijakauma, valaistusvoimakkuus, valon suuntaus, sisätilan valaisu, valon vaihtelevuus (valon tasot ja värit), valon väri ja sen värintoist ominaisuudet, häikäisy ja välkyntä.

Luminanssijakauma näkökentässä määrää silmien sopeutumistason, joka vaikuttaa kohteen näkyvyyteen.

Tasapainoinen sopeutumisluminanssi on tarpeen parantamaan: näöntarkkuutta, kontrastiherkkyttä (pienen suhteellisten luminanssierojen havaitseminen) ja näköaistin toimintojen tehokkuutta (kuten akkommodaatio, konvergenssi, pupillien kokomuutos, silmien liikkeet jne.).

Näkökentän luminanssijakauma vaikuttaa myös näkömukavuuteen. Seuraavia tulee välttää esitetyistä syistä:

— liian suuret luminanssit saattavat aiheuttaa häikäisyä

— liian suuret luminanssikontrastit aiheuttavat näköväsymystä silmien jatkuvan sopeutumistason muuttamistarpeen takia

— liian pienet luminanssit ja liian alhaiset luminanssikontrastit tekevät työympäristöstä tylsän ja yksitoikkoisen. [9, s.14.]

Toimiston, jossa suoritetaan kirjoittamista, lukemista, konekirjoitusta tai tietojenkäsittelyä, ylläpidettäväksi valaistusvoimakkuudeksi standardi määrittelee 500 lx. Lähiympäristön valaistusvoimakkuudeksi suositellaan vähintään 300 lx, jolloin tausta-alueella tulisi olla 100 lx. UGR-häikäisyindeksin maksimiarvoksi on määritetty 19 ja valaistusvoimakkuuden tasaisuudeksi 0,60. Pienin suositeltu värinvalaistusindeksi tällaisessa tilassa on 80. [9, s. 20 - 22, 54.]

Standardi määrittelee myös suljettujen tilojen pintojen valaistusvoimakkuuksiksi seinillä $E_m > 50$ lx ja katossa $E_m > 30$ lx. Näiden ylläpidettävien valaistusvoimakkuuksien tasaisuudeksi suositellaan $U_o \geq 0,10$. Lisäksi standardi määrittelee keskimääräiseksi sylinterivalaistusvoimakkuudeksi 50 lx, ja tasaisuudeksi $U_o \geq 0,10$. [9, s.16, 26.]

4 Valon vaikutukset ihmiseen

Näkemiseen liittyvien seikkojen lisäksi valon on todettu vaikuttavan useisiin ihmisen terveyttä ja hyvinvointia koskeviin toimintoihin kuten biologiseen rytmiiin, hormonitoimintaan, suorituskykyyn, vireystilaan, kehon lämpötilaan sekä verenpaineeseen. Valon ei-visuaalisia vaikutuksia on tutkittu viime vuosina enemmän, ja vuonna 2002 yhdysvaltalaiset tutkijat löysivät silmästä uuden fotoreseptorin, jonka avulla voidaan selittää valon aiheuttamia biologisia vaikutuksia ihmiseen. [10.]

4.1 Vireys

Valoaltistuksen kestolla sekä sen ajoituksella vuorokauden aikaan ja vuoden aikaan nähden uskotaan olevan merkitystä siihen, minkälaisia biologisia vaikutuksia sillä on ihmiseen. Rautkylä (2011) tutki Aalto-yliopistolle tehdyssä väitöskirjassaan valon väri- lämpötilan vaikutusta opiskelijoiden vireyteen. Hän vertasi väriämpötilaltaan 4 000 K:n ja 17 000 K:n lamppujen vaikutusta vireyteen ottaen huomioon sekä vuorokauden- että vuodenajan. Tuloksista selviää, että kylmänsävyinen valo auttoi parantamaan

opiskelijoiden vireyttä iltapäivällä syksyn tutkimuksessa, mutta keväällä tehdyssä kyselyssä väriämpötilan muutoksella ei ollut vaikutusta vireyteen.

Tutkimuksessa havaittiin, että väriämpötilalla ei ollut vaikutusta opiskelijoiden kokemaan vireyteen oppitunnin alussa, mutta suurempi väriämpötila vaikutti positiivisesti oppilaiden vireyteen oppitunnin lopussa. Tämä osoittaa, että myös valoaltistuksen kestolla on vaikutusta sen ei-visuaalisiin vaikutuksiin. [11.]

Küller ja Wetterberg (1993) tutkivat aivosähkökäyrän avulla valaistusvoimakkuuden vaikutusta koehenkilöiden keskushermoston vireyteen. Tutkimus suoritettiin toimistoa muistuttavassa laboratoriossa, jossa suoritettiin kaksi erillistä mittausta. Ensin 1 700 lx valaistusvoimakkuudella, sitten 450 lx valaistusvoimakkuudella. Tuloksena havaittiin suuremman valaistusvoimakkuuden (1 700 lx) parantavan keskushermoston vireyttä verrattuna pienempään valaistusvoimakkuuteen. [12.]

4.2 Näöntarkkuus

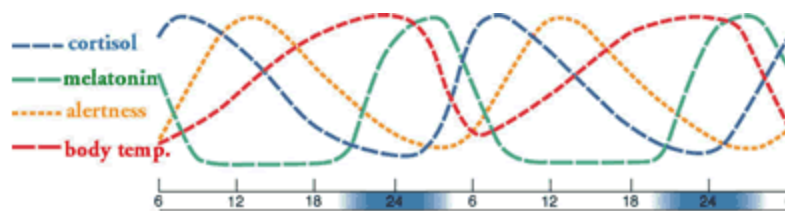
Valaistusvoimakkuuden vaikutusta ihmisen näöntarkkuuteen voidaan pitää varsin yksiselitteisenä seikkana. Mitä vähemmän valoa näkökohteeseen tulee eli mitä pienempi valaistusvoimakkuus on, sitä huonompi on myös näöntarkkuus. Valon spektrin vaikutuksesta näöntarkkuuteen tiedetään kuitenkin huomattavasti vähemmän, ja väriämpötilalla onkin todettu olevan vaikutusta lähinäön tarkkuuteen.

Vuonna 2006 julkaistussa yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa on tutkittu 10 – 11-vuotiaiden koululaisten lähinäön tarkkuutta suhteessa väriämpötilaan. Tutkimuksessa verrattiin kahta loistelamppua, joiden värisävyt olivat 3 600 K ja 5 500 K. Kylmemmän

väriämpötilan lampulla 24 koululaista 27:stä saavuttivat parempia tuloksia optikon tekemässä näkötestissä verrattuna lämpimämpään 3 600 K:n loistelamppuun. Myös valaistusvoimakkuuden vaikutus mitattiin ja tulokseksi saatiin, että pienempi valaistusvoimakkuus huonontaa lähinäön tarkkuutta. Lisäksi tutkimuksessa todettiin, että kylmemmän sävyisessä valossa oppilaiden keskimääräinen silmän pupillien koko oli huomattavasti pienempi. [13.]

4.3 Valon vaikutus vuorokausirytmiiin

Valon vaikutus ihmisen uni- ja vireysrytmiin perustuu aivoissa tapahtuvaan melatoniinin ja kortisolin tuotantoon. Melatoniinia kutsutaan ns. ”unihormoniksi” ja kortisolia ns. ”stressihormoniksi”. Kuvassa 1 esitetään näiden hormonitasojen sekä vireyden ja kehon lämpötilan vaihtelu vuorokausirytmien mukaan. [14, s.213]



Kuva 1. Kortisolin, melatoniinin, vireyden ja kehon lämpötilan minimi- ja maksimitasojen vaihtelu ihmisessä vuorokausirytmien mukaan [1, s.21.]

Tieto ympäristön valoisuudesta kulkee verkkokalvolta hermoratojen kautta käpylisäkkeeseen, jossa melatoniinin erityis kasvaa pimeyden vaikutuksesta ja vastaavasti pienenee, kun valoa on enemmän. Melatoniinia pidetäänkin tärkeänä osana ihmisen yönunen säätelyä. Melatoniini aiheuttaa unisuutta, ja sitä voidaan käyttää unilääkkeissä. [14, s.213]

Kortisolin erityis tapahtuu aivojen lisäaivokuorella, jota hypothalamus ohjaa monimutkaisen prosessin lopputuloksena. Hypotalamuksen solut vastaanottavat tietoa ympäristön valoisuudesta, mikä vaikuttaa kortisolin eritykseen. Kortisoli kasvattaa veren sokeripitoisuutta, mikä antaa keholle energiaa ja parantaa sen vastustuskykyä. Kortisolin erityis kasvaa aamulla (kuva 1), mikä aktivoi kehon toimintaa päivää varten. [14, s.213]

Normaalitilanteessa valo rytmittää ihmisen ”biologista kelloa” maapallon 24 tunnin vuorokausirytmien mukaan edellä mainittujen hormonien avulla. Biologisen kellon oikea

rytmi on tärkeä ihmisen terveyden kannalta, ja siksi esimerkiksi aikaerorasituksesta tai vuorotyöstä aiheutuva rytmin häiriytyminen voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja. [14, s.213; 15.]

Yhdysvalloissa (2010) julkaistu tutkimus osoittaa, että aamupäivällä saadun valon vaikutus ihmisen vuorokausirytmiiin perustuu sinispektrisen valon saantiin. Tutkimukseen osallistui 23 yläasteikäistä nuorta. Osa koululaisista käytti silmälaseja, jotka minimoivat lyhyitä aallonpituuksia silmän verkkokalvolta, mutta toisella tutkimusryhmällä ei ollut silmälaseja. Oppilaiden saamaa päiväaikaista valoaltistusta mitattiin viikon ajan. Tutkimuksessa havaittiin, että silmälaseja pitäneiden oppilaiden vuorokausirytmii oli merkittävästi jäljessä verrattuna toiseen ryhmään. Lisäksi huomattiin, että näiden oppilaiden nukkumisajat olivat hieman lyhentyneet, joskaan eivät merkittävästi. Oppilaiden suorituskykyyn silmälasit eivät vaikuttaneet. [16.]

5 Testihuoneen valaistusmittaukset

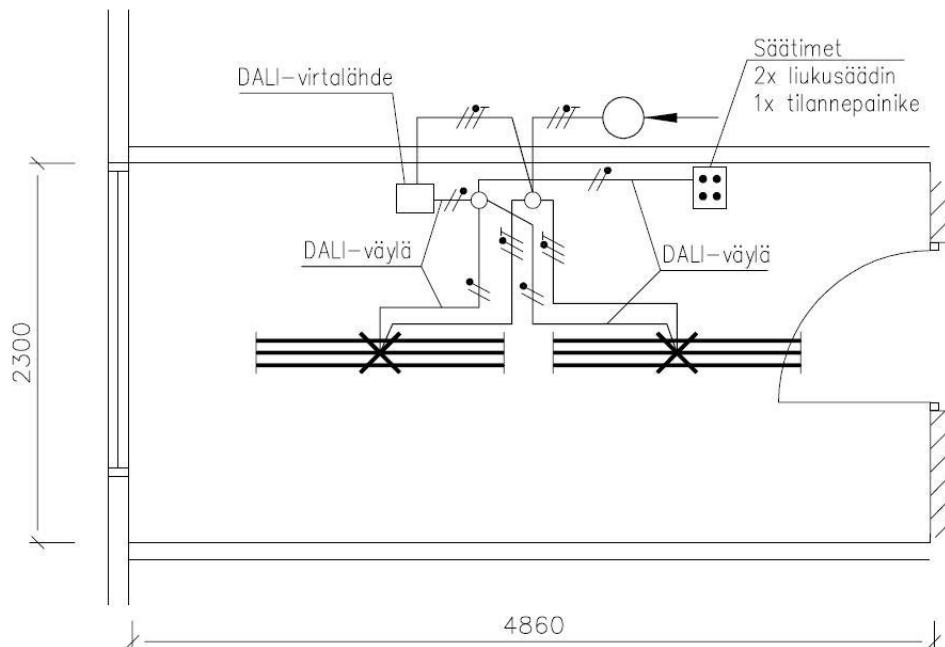
5.1 Testihuoneen esittely

Valaistuksen käyttäjätutkimus suoritettiin Helsingin Malmilla sijaitsevan Granlund Oy:n tiloissa, yhden henkilön toimistohuoneessa. Testihuone oli tutkimuksen aikana osittain normaalissa käytössä, mikä käy ilmi kuvasta 2. Huoneen pinta-ala on 11,2 m² ja sen päätyseinällä on ikkuna, jonka suunta on länteen.



Kuva 2. Käyttäjäkyselyn testihuone

Testihuoneen valaistus toteutettiin kahdella Fagerhult Oy:n LightShift-mallisella ripustusvalaisimella, jotka sisältävät erikseen loisteputket viileälle (6 500 K) ja lämpimälle värisävyille (2 700 K). Loisteputkien värinasto indeksi on 85. Huoneen pohjapiirros ja valaistusasennukset esitetään kuvassa 3. LightShift-valaisimen molemmat värisävyt on varustettu omilla DALI-liitäntälaitteilla, jolloin viileää ja lämmintä värisävyä voidaan ohjata erikseen. Valaistuksen ohjauksessa käytettiin Helvarin Digidim-sarjan säätimiä, joilla tilan valaistusta muutettiin DALI-väylän kautta. Asennuksen DALI-ohjelmointi tehtiin Helvarin Digidim Toolbox -ohjelman avulla. DALI on standardoitu digitaalinen valaistuksen ohjausjärjestelmä ja se on lyhenne sanoista *Digital Addressable Lighting Interface*.



Kuva 3. Testihuoneen pohjapiirros ja valaistusasennukset

Tarvittavat valaistusvoimakkuus- ja värilämpötilamittaukset suoritettiin Minolta CL-100 -väriluksimittarilla. Mittarista saaduilla x- ja y-koordinaattien arvoilla määritettiin värilämpötila liitteen 2 käyrästä avulla. Mittaukset suoritettiin työpöydän tasolta 0,73 m korkeudesta, ja mittauspisteet (6 kpl) olivat 0,40 metrin päässä toisistaan. Huoneen luminanssiarvot mitattiin Minolta LS-100 -luminanssimittarilla.

Kuvassa 4 esitetään testihuone Dialux-valaistuslaskentaohjelmalla mallinnettuna. Tilassa on kaksi jäähdytyspalkkia, jotka vaikuttavat valon jakautumiseen, sillä kyseiset

valaisimet antavat sekä ylä- että alavaloa. Valaisimet on asennettu 2,3 metrin korkeuteen.



Kuva 4. Dialux-mallinnus testihuoneen valaistuksesta

5.2 Valaistustilanteet

Huoneeseen luotiin viisi ennalta asetettua valaistustilannetta, joilla pyrittiin selvittämään valaistusvoimakkuuden ja väriämpötilan vaikutusta käyttäjien kokemaan valaistuksen miellyttävyyteen. Käyttäjät valitsivat esiasetetut tilanteet tilanepainikkeen avulla. Taulukossa 1 esitetään keskimääräisen valaistusvoimakkuuden ja väriämpötilan arvot neljässä ensimmäisessä tilanteessa.

Taulukko 1. Valaistustilanteiden 1 – 4 valaistusvoimakkuus ja värilämpötila

	Valaistusvoimakkuus (lx)	Värilämpötila (K)
Tilanne 1	640	3 000
Tilanne 2	640	5 800
Tilanne 3	350	3 000
Tilanne 4	350	5 800

Viidennessä valaistustilanteessa selvitettiin kumpi värisävy, viileä (5 800 K) vai lämmin (2 700 K), koetaan miellyttävämmäksi, kun kahdelle valaisimelle on asetettu eri värilämpötilat. Tällöin huoneen keskimääräinen valaistusvoimakkuus oli n. 420 lx.

Kuudennessa osiossa käyttäjää pyydettiin säätämään valaistusvoimakkuus ja värilämpötila itselleen mieleiseksi liukusäätimien avulla, jotka oli merkitty x- ja y-tunnuksin. Toisesta säätimestä säädettiin lämminsävyisten lamppujen valaistusvoimakkuutta, ja toisesta kylmänsävyisten lamppujen valaistusvoimakkuutta. Jokaisen kyselyn päätteeksi käyttäjän säätämät valaistusvoimakkuus- ja värilämpötila-arvot mitattiin.

Kaikissa edellä mainituissa mittauksissa huoneen sälekaihtimet pidettiin kiinni. Päivänvalon vaikutusten tutkimiseksi suoritettiin 12 henkilölle samat mittaukset uudelleen sälekaihtimien ollessa auki. Tämä osio pyrittiin toteuttamaan päivinä, jolloin sää oli puoli-pilvinen. Kyselyajankohtana (klo 9 - 15) huoneeseen ei paistanut koskaan suoraan aurinko. Lisäksi päivänvalon tasaisuutta eri päivinä paransi ikkunan edessä ollut lehtipuu.

Muissa huoneissa ja käytävillä mitattu värilämpötila oli noin 3200 K. Testihuoneen valaistus jokaisen kyselytilanteen alussa säädettiin samoihin arvoihin kuin rakennuksen käytävien valaistus, jolloin valaistusvoimakkuudeksi asetettiin 270 lx ja värilämpötilaksi 3 200 K. Tällä haluttiin minimoida ylimääräisen valoaltistuksen määrä (ks. 4.1) ennen kyselyn aloitusta. Lisäksi haluttiin varmistaa, että käyttäjä ei tilaan tullessaan kokisi suurta luminanssieroaa, mikä saattaisi vaikuttaa käyttäjän vastauksiin.

Taulukossa 2 esitetään huoneen luminanssiarvot tilanteissa 1 - 4 kaihtimien ollessa kiinni. Luminanssin mittauspisteiden sijainnit näytetään liitteessä 3. Luminanssit eri valaistustilanteissa riippuvat huoneen valaistusvoimakkuudesta, minkä vuoksi tilanteiden 1 ja 2 sekä 3 ja 4 mittauservot ovat lähellä toisiaan. Taulukosta nähdään, että suurimmat luminanssiarvot on mitattu työpöydältä (mittauspiste 3) ja seinältä (mittauspiste 6).

Taulukko 2. Luminanssiarvot tilanteissa 1 - 4 (cd / m²)

	Tilanne 1	Tilanne 2	Tilanne 3	Tilanne 4
Mittauspiste 1	33,5	35,2	36,2	37,2
Mittauspiste 2	12,5	12,8	6,8	6,9
Mittauspiste 3	139,9	137,5	74,0	72,4
Mittauspiste 4	27,2	21,4	12,6	11,3
Mittauspiste 5	38,2	39,5	19,6	19,0
Mittauspiste 6	112,5	67,3	58,5	34,7

6 Käyttäjäkysely

6.1 Kyselyn toteutus

Valaistuksen käyttäjäkysely suoritettiin 21.5.2013 - 28.6.2013. Kyselyitä pidettiin arkipäivisin klo 9 - 15 ja kunkin koehenkilön kanssa sovittiin etukäteen aika, jolloin kysely tehdään. Koehenkilöt valittiin satunnaisesti Granlund Oy:n työntekijöiden keskuudesta kuitenkin niin, että eri ikäryhmät ja molemmat sukupuolet olisivat hyvin edustettuina. Ikäryhmä-sukupuoliperusteinen jako valittiin seuraavasti: yli 40-vuotiaat miehet, alle 40-vuotiaat miehet, yli 40-vuotiaat naiset ja alle 40-vuotiaat naiset. Kaikkiaan tutkimukseen osallistui 43 Granlund Oy:n työntekijää. Jokaisesta ikä- ja sukupuoliryhmästä oli vähintään kymmenen osallistujaa.

Kyselytilanteessa koehenkilöille annettiin paperinen kyselylomake (liite 4), ja vastaukset pyydettiin kirjaamaan suoraan Excel-tiedostoon, joka oli auki pöydällä olevassa tietokoneessa. Tietokoneesta muodostui samalla vastaajalle työpiste. Kyselyn aikana huoneen ovi oli suljettuna, ja vastaaja oli yksin tilassa. Henkilöiden annettiin vastata

rauhassa annettuihin kysymyksiin, ja kyselyyn käytetty aika vaihteli 10 - 20 min. Huoneen äänitaso oli melko hiljainen, koska huoneen ovi oli kiinni ja viereisen käytävän liikenne oli vähäistä.

6.2 Kyselyn rakenne

Aluksi vastaajilta kysyttiin ikää, sukupuolta ja mahdollisesti aiemmin saatua valaistustekniikan koulutusta. Lisäksi pyydettiin luettelemaan toimistovalaisuksen tärkeimpiä ominaisuuksia. Kaikille henkilöille luotiin identifikaationumero, jolla linkitettiin kyselyiden vastaukset.

Seuraavaksi käyttäjiä pyydettiin valitsemaan seinällä olevasta tilanepainikkeesta vuorotellen valaistustilanteet 1 - 4 (ks. luku 5.2), ja kunkin tilanteen kohdalla vastaamaan seuraaviin väittämiin:

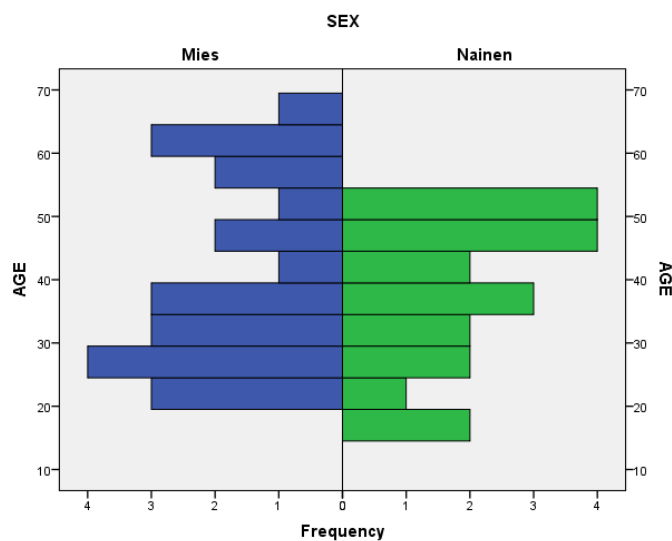
- Huoneen valaistusvoimakkuus on riittävä.
- Huoneen valaistus on miellyttävä.
- Valon väriämpötila on miellyttävä.

Väittämiin vastattiin 5-portaisella Likert-asteikolla: 5 – täysin samaa mieltä, 4 – jokseenkin samaa mieltä, 3 – ei samaa eikä eri mieltä, 2 – jokseenkin eri mieltä, 1 – täysin eri mieltä.

Viidennessä valaistustilanteessa käyttäjältä kysyttiin, kumman valaisimen väriämpötila on miellyttävämpi, ikkunanpuoleisen vai ovenpuoleisen. Kyselyn viimeisessä kohdassa käyttäjää pyydettiin säätämään valaistusvoimakkuus ja väriämpötila itselleen mieleiseksi liukusäätimillä.

7 Käyttäjäkyselyn tulokset

Tutkimukseen vastasi 23 miestä ja 20 naista. Kuvassa 5 esitetään kyselyyn vastanneiden ikäjakauma sukupuolten kesken. Voidaan todeta ettei ikäjakauma sukupuolten kesken ole tasainen; toisaalta jokaisessa kohderyhmässä (ks. 6.1) on vähintään kymmenen henkeä. Naisten keski-ikä on 38,5 vuotta (keskihajonta 11,9) ja miesten 40,9 vuotta (keskihajonta 14,4).



Kuva 5. Vastajien ikäjakauma sukupuolittain

Kysymykseen ”Oletko saanut valaistustekniikan koulutusta?” saatiin 23 myöntävää ja 20 kielteistä vastausta. Vastaukset jakautuivat varsin epätasaisesti naisten ja miesten kesken, sillä miehistä suurin osa eli 19 henkilöä kertoi saaneensa valaistustekniikan koulutusta, kun naisista vain 4 henkilöä oli saanut valaistustekniikan koulutusta. Edellä esitetty vastaajien valaistustekniikan koulutus selittyy, sillä että suuri osa vastaajista työskentelee Granlund Oy:n sähkösuunnitteluosastolla.

Toimistovalaistuksen tärkeimpinä ominaisuuksina pidettiin:

- ei häikäisyä (eniten toistettu)
- riittävä valaistusvoimakkuus (eniten toistettu)
- sopivat luminanssitasot
- ei häiritse näyttöä (oikeassa kulmassa)
- värisävy, värilämpötila
- valon säädettävyys
- päivänvalon huomiointi

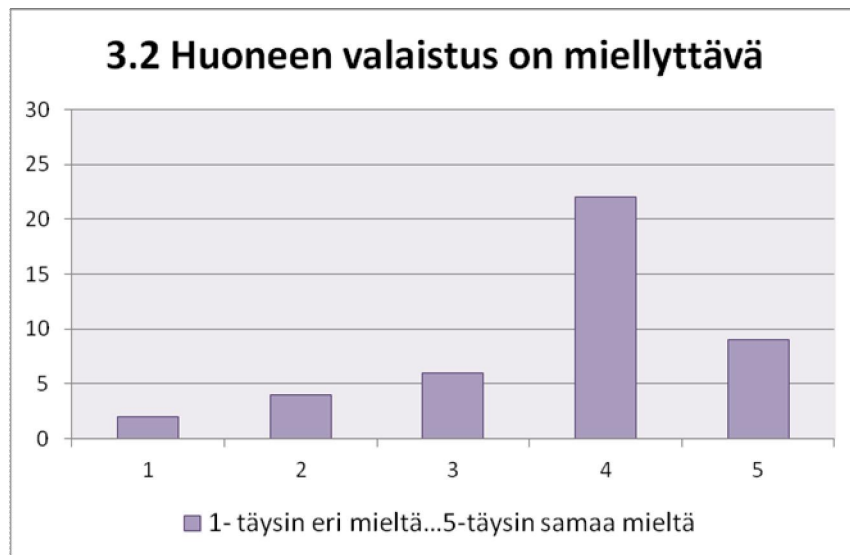
Käyttäjäkyselyn tulosten analysoinnissa käytettiin apuna tilastollista analysointiohjelmaa IBM SPSS for windows, jolla pyrittiin selvittämään, löytyykö aineistosta tilastollisesti merkittävää yhteyttä työn tutkimuskysymyksiin liittyen. Lisäksi aineistoa analysoidiin Excel-taulukoiden ja -kuvioiden avulla.

7.1 Valaistuksen miellyttävyys

7.1.1 Koko tutkimusryhmän vastaukset

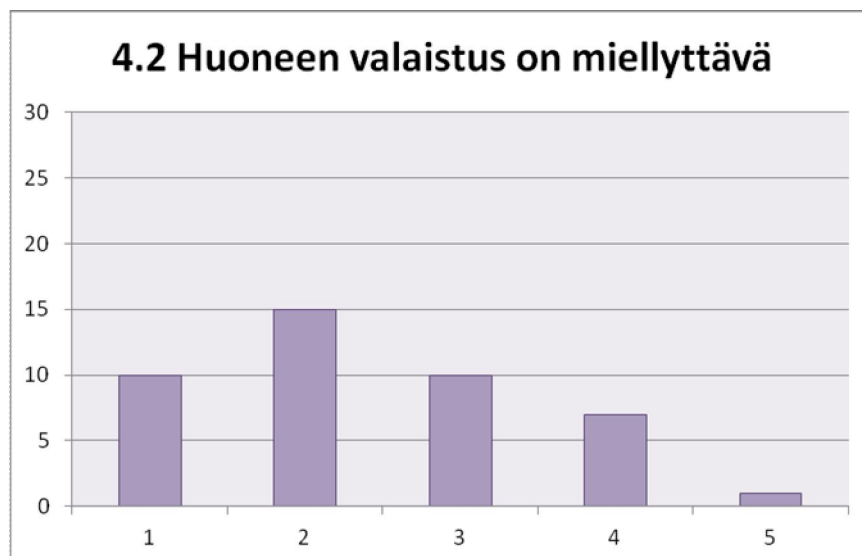
Valaistuksen miellyttävyyttä selvitettiin neljässä ensimmäisessä tilanteessa väittämällä: ”Huoneen valaistus on miellyttävä”, ”Valon väri on miellyttävä”. Kyselyn vastauksista havaittiin, että saman henkilön vastaukset edellä esitettyihin väittämiin olivat pääasiassa samoja tai lähellä toisiaan. Syynä saattaa olla kysymysten samankaltaisuus tai niiden riippuvuus toisistaan. Tämän vuoksi tuloksia analysoidaan vain ensin mainitun väittämän osalta.

Tässä osiossa kyselyn tuloksia tarkastellaan kaikkien tutkimukseen osallistuneiden osalta. Kuvan 6 pylväsdiagrammissa esitetään vastauksien jakautuminen valaistustilanteessa 1, jonka valaistusvoimakkuus on noin 640 lx ja värilämpötila 3 000 K. Pystyakselilla on vastauksien lukumäärä. Suurin osa käyttäjistä valitsi vaihtoehdon 4 – jokseenkin samaa mieltä, ja vastauksien keskiarvoksi tässä valaistustilanteessa saadaan 3,7.



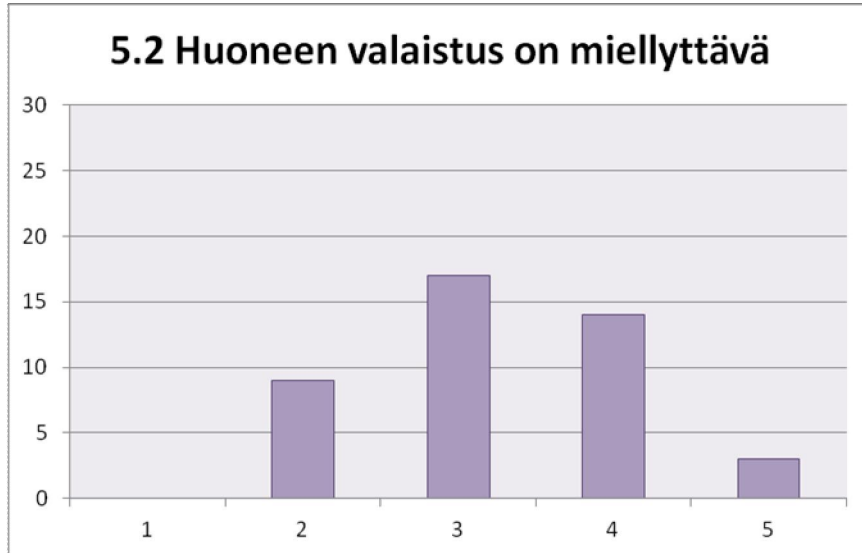
Kuva 6. Vastaukset väittämään "Huoneen valaistus on miellyttävä" tilanteessa 1. (E = 640 lx, T = 3 000 K)

Seuraavassa kuvassa 7 havainnoidaan vastausjakauma valaistustilanteessa 2, jonka väriämpötila oli 5 800 K ja valaistusvoimakkuus n. 640 lx. Kaikkien vastaajien keskiarvoksi on saatu 2,4, ja suurin osa vastaajista oli jokseenkin eri mieltä väittämän kanssa.

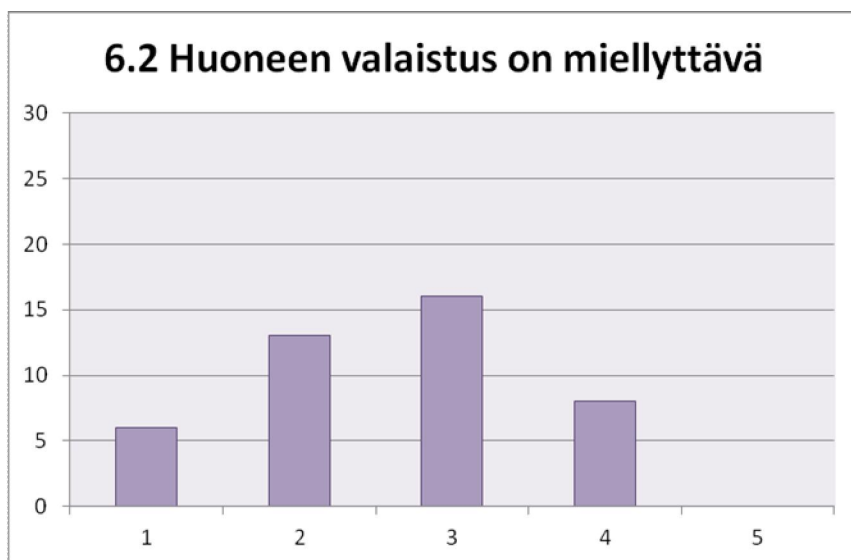


Kuva 7. Vastaukset väittämään "Huoneen valaistus on miellyttävä" tilanteessa 2. (E = 640 lx, T = 5 800 K)

Kyselyn kahdessa seuraavassa valaistustilanteessa 3 ja 4 valaistusvoimakkuus oli n. 350 lx. Värilämpötila oli ensin 3 000 K, ja jälkimmäisessä tilanteessa 5 800 K. Vastaukset esitetään seuraavissa kuvissa 8 ja 9. Vastausten keskiarvo lämpimällä värisävyllä oli 3,3 ja kylmemmällä 2,6.



Kuva 8. Vastaukset väittämään "Huoneen valaistus on miellyttävä" tilanteessa 3. (E = 350 lx, T = 3 000 K)



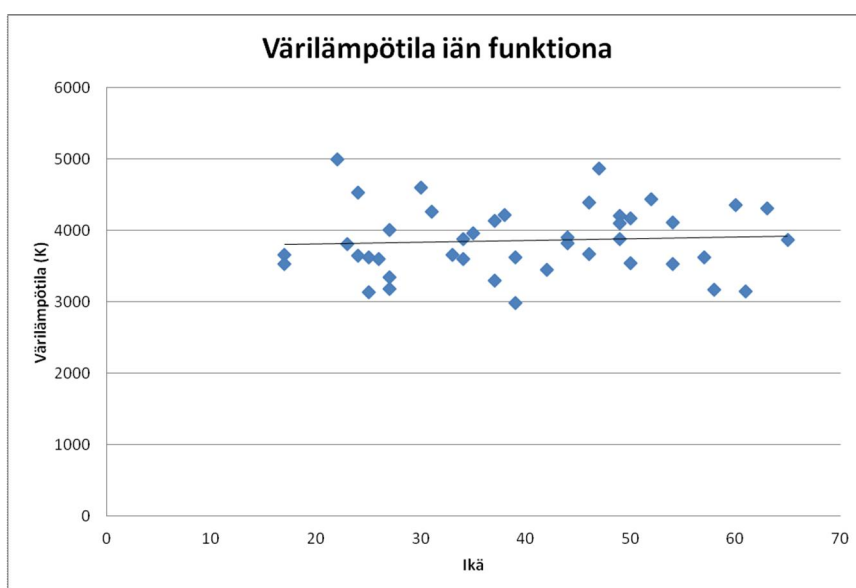
Kuva 9. Vastaukset väittämään "Huoneen valaistus on miellyttävä" tilanteessa 4. (E = 350 lx, T = 5 800 K)

Edellä esitetyistä pylväsdiagrammeista (ks. kuvat 6 - 9) voidaan todeta, että 3 000 K värilämpötilaa pidettiin miellyttävämpänä kuin 5 800 K värilämpötilaa

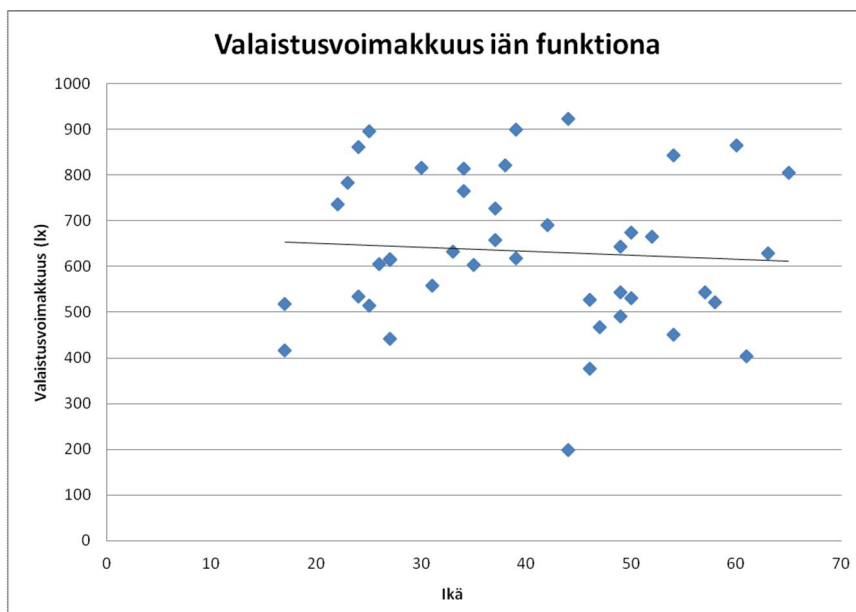
valaistusvoimakkuuden ollessa 640 lx tai 350 lx. Huomataan myös, että lämpimällä värisävyllä suurempaa valaistusvoimakkuutta pidettiin miellyttävämpänä. Kylmän värisävyen valossa vastausten keskiarvo on melko lähellä toisiaan molemmilla valaistusvoimakkuuksilla.

Viidennen valaistustilanteen kysymykseen ”Kumman valaisimen värilämpötila on miellyttävämpi?” käyttäjien mielipiteet jakoutuivat lähestulkoon tasan. 21 henkilöä valitsi 2 700 K värilämpötilan miellyttävämmäksi, kun 22 vastaajan mielestä 5 800 K värilämpötila oli miellyttävämpi. Havaitaan, että tuloksissa on selvä ero tilanteisiin 1 – 4 verrattuna, joissa 3 000 K pidettiin selvästi miellyttävämpänä. Tämä johtunee tilanteiden erilaisuudesta. Arviointitilanne on täysin erilainen, kun huoneen kahdella valaisimella on eri värilämpötilat verrattuna tilanteeseen, jossa molemmilla valaisimilla on sama värilämpötila.

Viimeisen osion tuloksia havainnoidaan seuraavissa kuvissa 10 ja 11, joissa kuvataan valaistusvoimakkuutta sekä värilämpötilaa iän funktiona kaikkien vastaajien osalta. Kuvaajista huomataan, että mittaustulokset ovat varsin paljon toisistaan poikkeavia eikä ole havaittavissa, että käyttäjän säätämä valaistusvoimakkuus tai värilämpötila riippuisi iästä. Voidaan kuitenkin todeta, että miellyttävin värilämpötila oli keskimäärin 3800 K, ja kaikki vastaukset sijoittuivat välille 3000 K - 5000 K. Miellyttävin valaistusvoimakkuus oli keskimäärin 630 lx, vaihdellen välillä 200 lx - 900 lx.



Kuva 70. Värilämpötila iän funktiona.



Kuva 81. Valaistusvoimakkuus iän funktiona.

7.1.2 Vertailu kohderyhmittäin

Taulukossa 2 näytetään vastauksien keskiarvot kohderyhmittäin väittämiin ”Huoneen valaistus on miellyttävä” ja ”Valon väriämpötila on miellyttävä”. Vastaukset edellä mainittuihin väittämiin olivat samankaltaisia, mikä näkyy myös taulukon keskiarvoissa (ks. 7.2.1). Tyytyväisyys eri valaistustilanteisiin ryhmien osalta noudattaa pääosin samaa linjaa kuin koko tutkimusryhmän tulos; valaistustilanteiden paremmuusjärjestys on 1, 3, 4 ja 2. Poikkeuksena yli 40-vuotiaat naiset, jotka ovat arvioineet tilanteen 3 miellyttävämmäksi kuin ensimmäisen valaistustilanteen.

Tuloksista havaitaan, että yli 40-vuotiaiden henkilöiden tyytyväisyys valaistukseen oli sekä miehillä että naisilla keskimäärin heikompi kuin alle 40-vuotiailla kaikissa valaistustilanteissa. Alle 40-vuotiaiden miesten ja naisten välillä ei havaita suurta eroa vastauksissa.

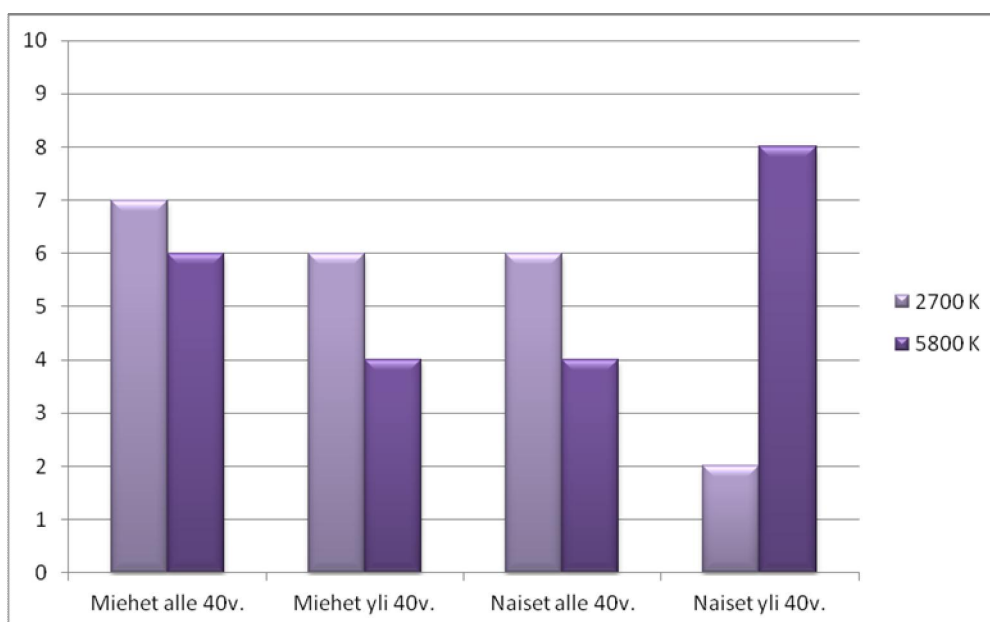
Yli 40-vuotiaiden miesten ja naisten väliset vastaukset kuitenkin poikkeavat hieman toisistaan. Vanhemmat naiset ovat antaneet keskimäärin hieman paremmat arvostelut kahdessa jälkimmäisessä valaistustilanteessa kuin saman ikäluokan miehet. Kyseisen ikäluokan naiset ovat siis olleet keskimäärin tyytyväisempiä 350 lx valaistusvoimakkuuteen kuin miehet. Yli 40-vuotiaat miehet puolestaan ovat olleet hieman tyytyväisempiä 640 lx ja 3 000 K:n valaistukseen kuin naiset.

Taulukko 3. Vastaukset kohderyhmittäin.

Huoneen valaistus on miellyttävä. / Valon värilämpötila on miellyttävä.								
Kysymys no.	3.2	3.3	4.2	4.3	5.2	5.3	6.2	6.3
Miehet alle 40	4,3	4,1	2,7	2,5	3,5	3,3	2,8	2,8
Miehet yli 40	3,4	3,8	2,0	1,6	2,8	2,8	2,2	1,8
Naiset alle 40	4,0	3,9	2,5	2,2	3,4	3,5	2,5	2,3
Naiset yli 40	3,2	3,2	2,3	2,1	3,3	3,5	2,9	2,9

Viidennessä valaistustilanteessa kysyttiin kumman valaisimen värilämpötila on miellyttävämpi, kun toisen valaisimen värilämpötila oli 2 700 K, ja toisen 5 800 K. Eri kohderyhmien vastauksia vertaillaan kuvassa 12. Miesten osalta mielipiteet jakautuivat varsin samansuuntaisesti ikäryhmien kesken; 2 700 K värilämpötilaa pidettiin miellyttävämpänä. Naisten mielipiteissä havaitaan huomattava ero ikäryhmien kesken.

Kahdeksan kymmenestä yli 40-vuotiaasta naisesta piti kylmänsävyistä (5 800 K) valoa miellyttävämpänä, kun taas nuoremmista naisista vain neljä kymmenestä piti kylmänsävyistä (5 800 K) valoa miellyttävämpänä. Yli 40-vuotiaiden miesten ja naisten vastaukset näyttävät varsin erilaisilta, mikä saattaa johtua pienen otoksen aiheuttamasta satunnaisvaihtelusta. Huomattavaa on, että tulokset ovat jokseenkin ristiriitaisia aiempiin tutkimuksiin verrattuna [4.], joiden mukaan lämpimällä värilämpötilalla on mielialaa parantava vaikutus naisten keskuudessa.



Kuva 12. Vastaukset valaistustilanteessa 5.

7.2 Valaistusvoimakkuuden riittävyys

Valaistusvoimakkuuden riittävyyttä selvitettiin väittämällä: ”Huoneen valaistusvoimakkuus on riittävä”. Taulukossa 4 on vastauksien keskiarvot kunkin tutkimusryhmän kohdalta kyselyn valaistustilanteissa 1 - 4.

Taulukko 4. Vastauksien keskiarvot väittämään "Huoneen valaistusvoimakkuus on riittävä".

Väittämä: Huoneen valaistus on riittävä				
	3.1	4.1	5.1	6.1
Miehet alle 40	4,7	3,9	3,2	3,5
Miehet yli 40	4,6	3,5	2,7	3,3
Naiset alle 40	4,6	3,9	3,0	3,2
Naiset yli 40	4,4	3,6	2,8	3,1

Tuloksista nähdään, että 640 lx valaistusvoimakkuus koettiin keskimäärin riittävämmäksi 3 000 K värilämpötilalla kuin 5 800 K värilämpötilalla jokaisessa tutkimusryhmässä. Toisaalta 350 lx valaistusvoimakkuudella 5 800 K värilämpötilan koettiin riittävän paremmin kuin 3 000 K värilämpötila. Erot ikäryhmien sekä molempien sukupuolien välillä ovat melko pieniä.

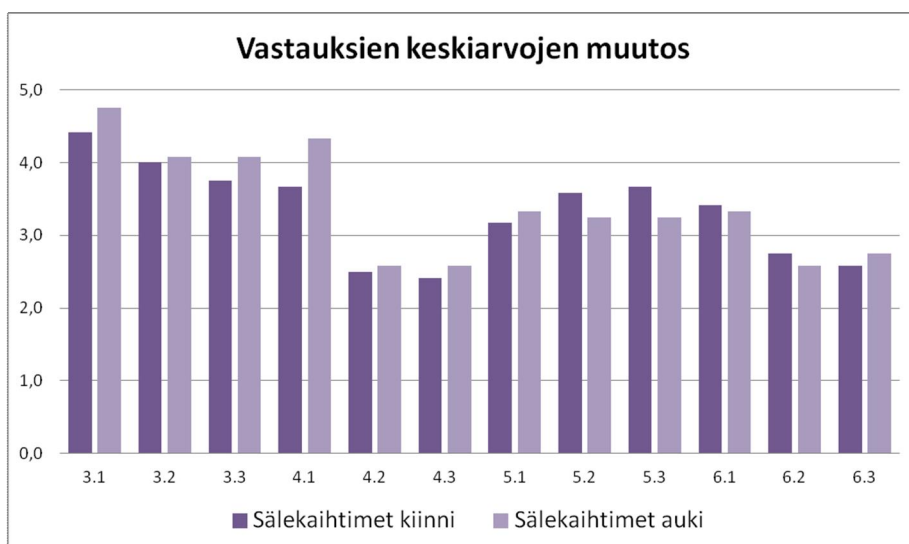
Henkilöiden kokeman valaistusvoimakkuuden riittävyyden osalta voidaan todeta, että erot tutkimusryhmien tai valaistustilanteiden välillä ovat niin pieniä, etteivät ne ole tilastollisesti merkittäviä.

7.3 Päivänvalon vaikutus

Päivänvalon vaikutusta vastaajien kokemaan tyytyväisyyteen valaistuksesta tutkittiin suorittamalla sama testi uudelleen kaihtimien ollessa auki. Tähän toiseen kyselykertaan osallistui 12 henkilöä. Heistä 8 oli miehiä ja 4 naisia. Tulokset koko ryhmän osalta valaistustilanteissa 1 - 4 nähdään kuvassa 13. Pylväsdiagrammissa esitetään vastauksien keskimääräinen muutos kyselyjen välillä.

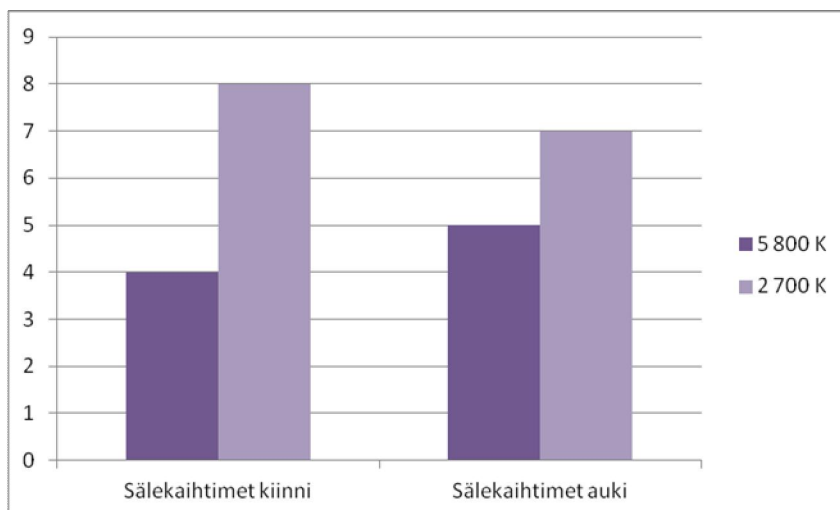
Kuvaajasta nähdään, että ensimmäisen ja toisen valaistustilanteen osalta vastausten keskiarvo on noussut, kun sälekaihtimet on avattu. Vaikka muutos ei ole suuri eikä tilastollisesti merkittävä, on tulos kuitenkin oletetun kaltainen, sillä päivänvalon osuutta valaistuksessa pidetään tämänkin tutkimuksen osalta tärkeänä (luku 7). Tulosten perusteella voidaan päätellä, että päivänvalo on luonut sopivan lisän keinovalaistuksella luodun 640 lx valaistusvoimakkuuden lisäksi.

Kolmannen ja neljännen tilanteen (valaistusvoimakkuus 350 lx) osalta muutosta on kuitenkin tapahtunut molempiin suuntiin eikä päivänvalolla ole ollut pelkästään positiivista vaikutusta. Oletettavasti ikkunasta tulevan päivänvalon osuus näissä valaistustilanteissa on niin suuri, että 350 lx keinovalaistus koetaan riittämättömänä tai päivänvalon vaikutuksesta luminanssierot ovat kasvaneet.



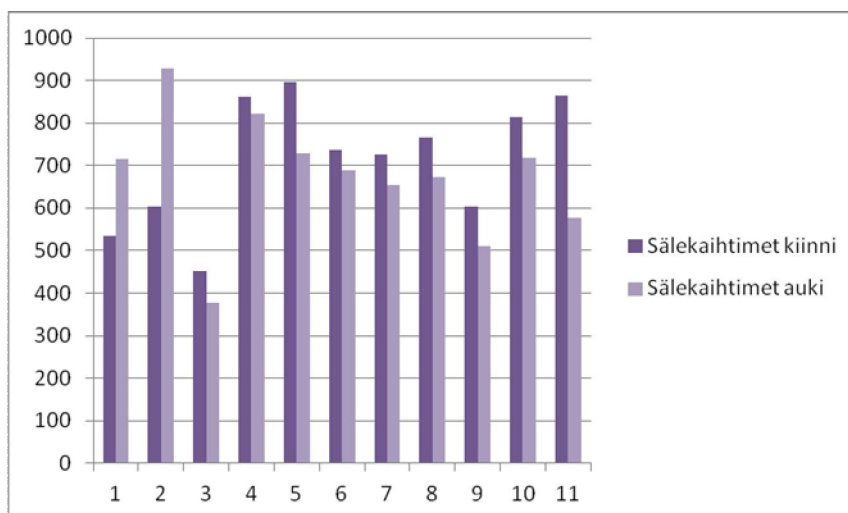
Kuva 13. Päivänvalon vaikutus vastauksiin.

Tulokset viidennen valaistustilanteen osalta esitetään kuvassa 14. Kuvasta nähdään, että päivänvalolla ei ollut juurikaan vaikutusta koettuun värilämpötilan miellyttävyyteen.



Kuva 14. Kysymys: "Kumman valaisimen värilämpötila on miellyttävämpi?"

Kuvassa 15 esitetään päivänvalon vaikutus koehenkilöiden säätämään valaistusvoimakkuuteen kyselyn viimeisessä kohdassa. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus sälekaihtimien ollessa kiinni oli 715 lx. Kun sälekaihtimet olivat auki ja vastaajien keskimääräiseksi valaistusvoimakkuudeksi mitattiin 672 lx.



Kuva 15. Säädetyin valaistusvoimakkuuden muutos.

Valaistusvoimakkuuden mittauksen osalta kaihtimien avaaminen ei vaikuttanut työpöydän tasosta mitattuun valaistusvoimakkuuden arvoon, sillä mittauspisteet sijaitsivat keskiosassa huonetta. Edellisestä kuvasta (kuva 15) kuitenkin huomataan, että suurin osa käyttäjistä sääti valaistusvoimakkuuden pienemmäksi silloin, kun sälekaihtimet olivat auki. Tämä onkin varsin odotettu tulos, sillä päivänvalolla on suuri vaikutus tilan valoisuuden ja viihtyvyyden kannalta. Tällöin työpöydän valaistusvoimakkuudeksi riittää pienempikin taso.

Edellä esitetyssä kyselyn päivänvalo-osuudessa osallistujien määrä on liian pieni, jotta tuloksista voitaisiin selvittää luotettavasti tilastollista yhteyttä käyttäjien mieltymyksistä.

8 Johtopäätökset

Insinööriyössä tutkittiin valaistusvoimakkuuden ja väriämpötilan vaikutusta työntekijöiden kokemaan valaistuksen miellyttävyyteen toimistoympäristössä. Aihetta tutkittiin kyselytutkimuksen avulla. Tavoitteena oli selvittää, onko sukupuolella, iällä tai koulutuksella merkitystä siihen, kuinka miellyttävänä käyttäjä kokee valaistuksen.

Työssä toteutettu testihuoneen valaistusasennus sekä valaistustekniset mittaukset onnistuivat kyselytutkimuksen suorituksen sekä luotettavuuden kannalta hyvin. Testihuone vastasi todenmukaisia oloja toimistohuoneessa eikä tila ollut laboratorion kaltainen. Myös kyselyn suorittaminen ja organisointi sujui hyvin, vaikka 43 henkilöä kattavan kyselyn läpi käymiseen kului kokonaisuudessaan aikaa noin kuukausi.

Kyselytutkimuksen tulosten perusteella vastaajan sukupuoli, ikä tai valaistustekniikan koulutus ei vaikuta merkittävästi siihen, miten vastaaja kokee valaistuksen miellyttävyyden. Voidaan olettaa, että kyselyn tulokset johtuvat satunnaisvaihtelusta ja vastaajien henkilökohtaisista mieltymyksistä ja mielipiteistä. Tuloksia analysoitaessa on huomioitava, että kyselytutkimuksen otanta on melko pieni, ja varsinkin päivänvalon osuutta tutkittaessa vastaajien osuus jäi liian pieneksi, jotta tuloksista voitaisiin vetää pitäviä johtopäätöksiä. On syytä olettaa, että yksinkertaisilla kyselyillä ei saada luotettavaa kuvaa siitä, kuinka onnistunut valaistusasennus on.

Toimistovalaistuksen tärkeimpinä ominaisuuksina pidettiin valaistuksen häikäisyn rajoittamista sekä riittävää valaistusvoimakkuutta. Näyttöpäätetyössä valaistuksen häikäisemättömyys on olennaista, mikä käy ilmi myös tämän kyselyn vastauksissa.

Suurin osa kysymyksistä liittyi valmiiksi asetettuihin valaistustilanteisiin, joiden valaistusvoimakkuustasot ja väriämpötilat olivat ennalta valittu. Tilanteissa haluttiin verrata lämmintä ja viileää värivaikutelmaa sekä toimisto-olosuhteissa standardin suositukset täyttävää 640 lx pienempään 350 lx valaistusvoimakkuuteen. Havaittiin, että 3 000 K ja 640 lx tilanne miellytti eniten, ja valaistustilanteiden paremmuusjärjestys koko tutkimusryhmän osalta oli 1, 3, 4 ja 2. Eri tutkimusryhmien kesken havaittiin pieniä eroja, mutta

ei merkittäviä. Kyselyn aikana havaittiin, että ennalta valittujen valaistustilanteiden huonona puolena on niiden äkillinen muuttuminen nappia painalla. Valoaltistuksen kestolla on oletettavasti merkitystä vastaajan mielipiteisiin ja varsinkin, jos luminanssiero tilanteiden välillä on suuri, silmän sopeutuminen uuteen tilanteeseen kestää jonkin aikaa. Tällöin valaistuksen arviointi juuri tilanteen muuttumisen jälkeen onkin hieman kyseenalaista.

Kyselyn viimeisessä kohdassa vastaaja sai itse säätää valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan mieleisekseen. Tätä menetelmää voidaankin pitää varsin toimivana, sillä valaistuksen säätö antaa henkilölle vapauden luoda mieleisensä valaistusympäristö. Kuitenkin kyselyn jälkeen useat vastaajat kommentoivat tämän kohdan olleen kaikkein vaikein, ja miellyttävimmän asetuksen löytäminen vei paljon aikaa. Tämä voi johtua siitä, että ajan kuluessa silmä sopeutuu erilaisiin säätöihin, ja monet asetukset tuntuvat hyviltä. Toisaalta miellyttävyyttä tuskin osuu juuri yhteen pisteeseen vaan on pikemminkin havaintoväli, joka voi olla hyvin laaja.

Tulokset kysymyksen 8 osalta osoittavat, että suurin osa vastauksista on Kruithofin käyrän kanssa samansuuntaisia, vaikka valaistuksen säätömahdollisuudet olivatkin rajallisia. Kruithofin (1941) kuvaajaa valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan miellyttävyydestä on nykyäänkin perustana yleiselle käsitykselle valaistusmielityksistä, mutta on huomioitava, että tutkimuksen aikainen ympäristö ja valonlähteet ovat olleet hyvin erilaiset verrattuna nykyaikaan.

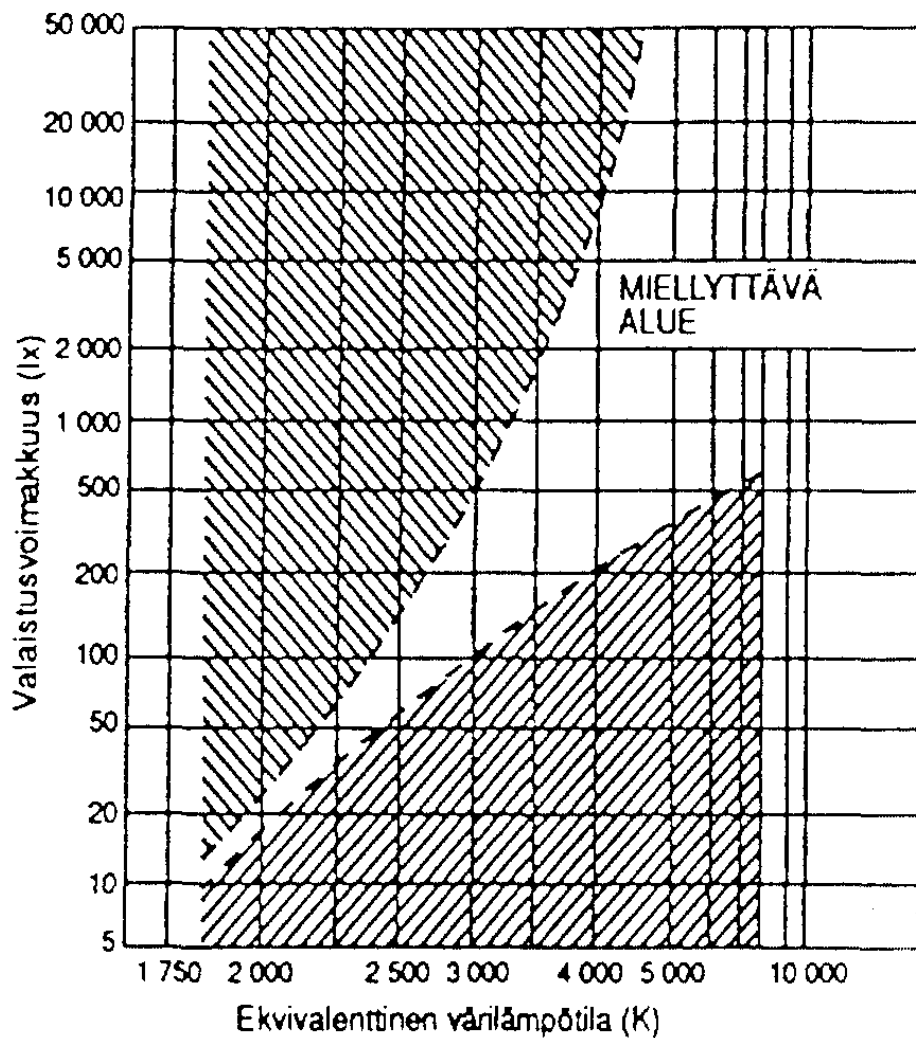
Valaistussuunnittelun kannalta tämän tutkimuksen tulokset tukevat ajatusta, että käyttäjä voisi itse säätää työpisteensä valaistusvoimakkuuden sekä värilämpötilan vastamalla näin henkilökohtaisiin mieltymyksiinsä. Henkilökohtaiset mieltymykset voivat vaihdella myös riippuen ajasta, jolloin henkilökohtaisen säädettävyyden merkitys korostuu. Toisaalta, värilämpötilan säätö on käytännössä järkevä ratkaisu vain henkilökohtaisiin työtiloihin, koska esimerkiksi avotoimistossa eri värilämpötilat sekoittuvat keskenään. Värilämpötilan säätö rakennusten investointikustannusten ja energiankäytön kannalta ei kuitenkaan ole niin merkittävässä asemassa kuin esimerkiksi himmennys. Valaisimet, joiden värilämpötilaa voidaan säätää, ovat kalliimpia ja harvinaisempia markkinoilla kuin himmennettävät valaisimet. Värilämpötilan säädöllä ei myöskään saavuteta samanlaista energiansäästöä kuin himmennyksellä. Päivänvalolla puolestaan on merkittävä säästöpotentiaali rakennusten energiankäytön kannalta, mutta sen huomiointi edellyttää myös arkkitehtuurisia seikkoja.

Lähteet

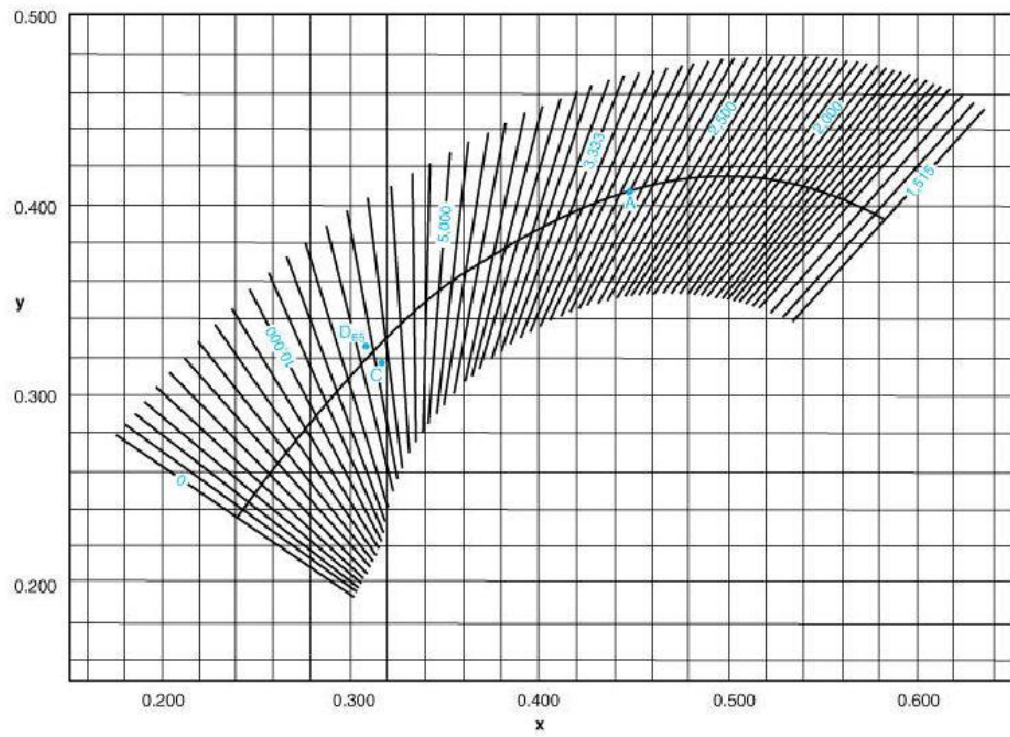
- 1 Kallasjoki, Tapio. 2012. Opetusmateriaali, Valaistussuunnittelu. Valo ja spektri.
- 2 C. Laurentin, V. Berrutto and M. Fontoynt. 2000. Effect of thermal conditions and light source type on visual comfort appraisal. *Lighting Research and Technology* 23/2000, s. 223 - 233.
- 3 M. C. Belcher and Kluczny R. 1987. The effects of light on decision making: Some experimental results. *Proceedings of CIE 21st session*. 6/1987, s. 17 - 25.
- 4 I. Knez. 1995. Effects of indoor lighting on mood and cognition. *Journal of Environmental Psychology* 15/1995, s. 39 - 51.
- 5 C. L. B. McCloughan, P. A. Aspinall and R. S. Webb. 1999. The impact of lighting on mood. *Lighting Research and Technology* 31/1999, s. 81 - 88.
- 6 IESNA. 2000. *The IESNA Lighting Handbook*, ninth edition.
- 7 Suomen sähköurakoitsijaliitto ry ja Suomen Valoteknillinen Seura ry:n julkaisu. 1977. *Valaistustekniikan käsikirja 1*. Helsinki.
- 8 Sähkötieto ry. 2003. ST 58.04: Valaistus. Yleisohjeet.
- 9 Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN 12464-1:2011 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.
- 10 Halonen, Liisa. 2005. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim: Keinovalon historia*.
- 11 Rautkylä, Emilia. 2011. Research methods and neurophysiological mechanisms behind the alerting effects of daytime light exposure.
- 12 Küller R, Wetterberg L. 1993. Melatonin, cortisol, EEG, ECG and subjective comfort in healthy humans: impact of two fluorescent lamp types at two light intensities. *Lighting Research and Technology* 25/1993, s. 71 - 80.
- 13 SM Berman, M Navvab, MJ Martin, J Sheedy and W Tithof. 2006. *Lighting Research and Technology: A comparison of traditional and high colour temperature lighting on the near acuity of elementary school children*. *Lighting Research and Technology* 38/2006, s. 41 - 52.
- 14 Sand, Sjaastad, Haug, Bjälle, Toverud. 2011. *Ihminen. Fysiologia ja anatomia*. WSOYpro Oy.

- 15 WJM van Bommel, GJ van den Beld. 2004. Lighting for work: a review of visual and biological effects. *Lighting Research and Technology* 36/2004, s. 255 - 269.
- 16 MG Figueiro, JA Brons, B Plitnick, B Donlan, RP Leslie ja MS Rea. 2010. Measuring circadian light and its impact on adolescents. *Lighting Research and Technology* 43/2011, s. 201 - 205.

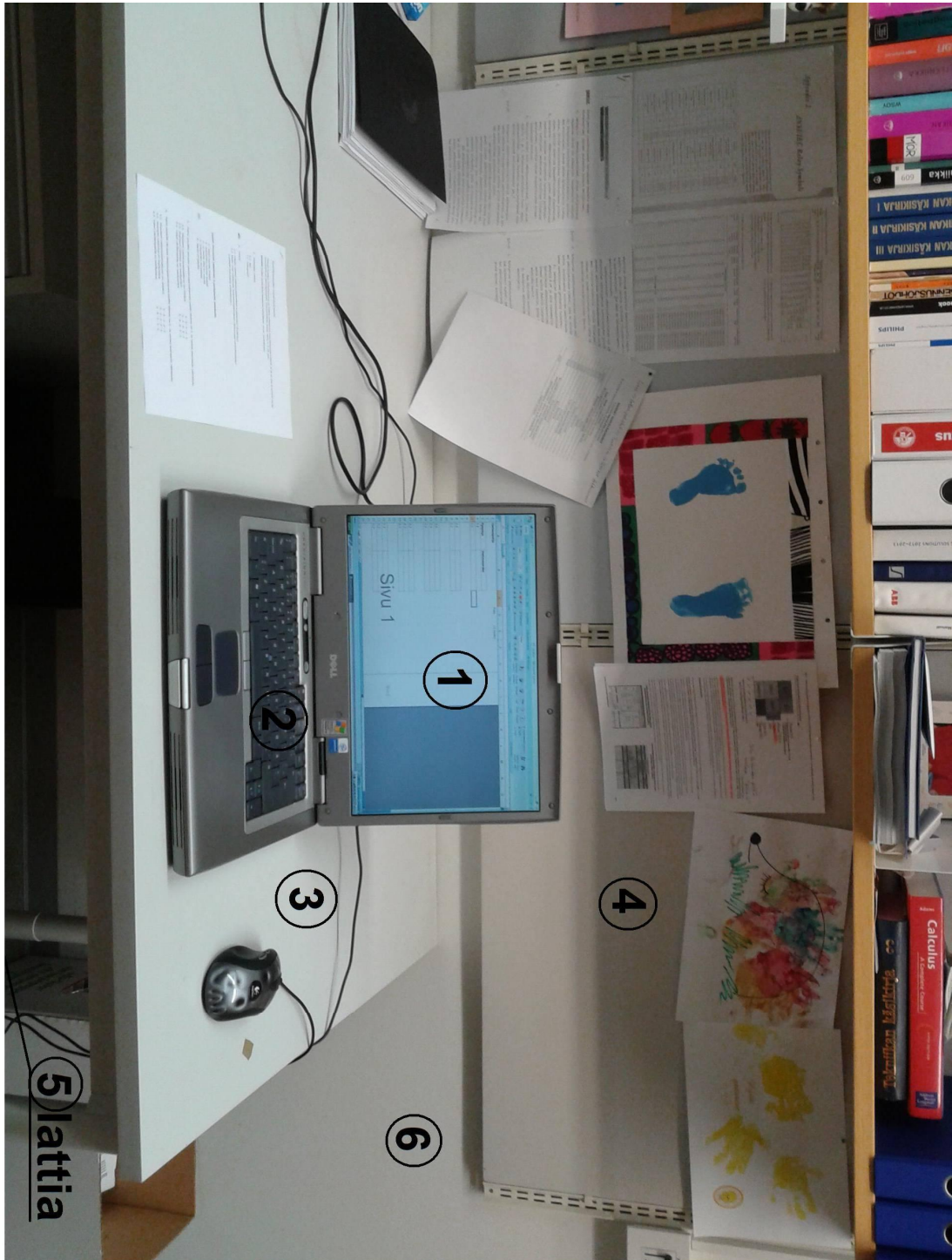
Kruithofin kuvaaja valaistuksen miellyttävyydestä [1, s.45]



Ekvivalenttisen värilämpötilan määrittäskäyrästä [6, s.167]



Luminanssiarvojen mittauspisteet 1 – 6



Kyselylomake valaistuksesta

Tämän kyselyn tarkoituksena on tutkia valaistusta toimistoympäristössä, ja se on osa Granlund Oy:lle suoritettavaa opinnäytetyötä. Vastaamiseen kuuluu aikaa n. 5 - 10 min.

HUOM! Kaikki vastaukset kirjataan valmiiseen Excel-taulukkoon.

1. Vastaajan tiedot

1.1. Ikä:

1.2. Sukupuoli:

2. Yleistä

2.1. Oletko saanut valaistustekniikan koulutusta? (kyllä/en)

2.2. Mitkä ovat mielestäsi toimistovalaisuksen tärkeimpiä ominaisuuksia?
(Luettele muutama ominaisuus.)

Vastaa seuraaviin väittämiin 5-portaisella asteikolla.

5 - täysin samaa mieltä

4 - jokseenkin samaa mieltä

3 - ei samaa eikä eri mieltä

2 - jokseenkin eri mieltä

1 - täysin eri mieltä

3. Paina seinällä olevasta valaistuspainikkeesta päälle tilanne no 1. Ja vastaa seuraaviin väittämiin.

3.1. Huoneen valaistusvoimakkuus on riittävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1

3.2. Huoneen valaistus on miellyttävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1

3.3. Valon värilämpötila on miellyttävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1

4. Paina seinällä olevasta valaistuspainikkeesta päälle tilanne no 2. Ja vastaa seuraaviin väittämiin.

4.1. Huoneen valaistusvoimakkuus on riittävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1

4.2. Huoneen valaistus on miellyttävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1

- 4.3. Valon väriämpötila on miellyttävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1
5. Paina seinällä olevasta valaistuspainikkeesta päälle tilanne no 3. Ja vastaa seuraaviin väittämiin.
- 5.1. Huoneen valaistusvoimakkuus on riittävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 5.2. Huoneen valaistus on miellyttävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 5.3. Valon väriämpötila on miellyttävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1
6. Paina seinällä olevasta valaistuspainikkeesta päälle tilanne no 4. Ja vastaa seuraaviin väittämiin.
- 6.1. Huoneen valaistusvoimakkuus on riittävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 6.2. Huoneen valaistus on miellyttävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- 6.3. Valon väriämpötila on miellyttävä. 5 - 4 - 3 - 2 - 1
7. Paina seinällä olevasta valaistuspainikkeesta päälle tilanne no 5. Ja vastaa seuraavaan kysymykseen.
- 7.1. Kumman valaisimen väriämpötila on miellyttävämpi? (ikkunanpuoleisen / ovenpuoleisen)
8. Lopuksi, säädä valaistusvoimakkuus ja väriämpötila mieleiseksi säätimillä x ja y. Jätä valaistus valitsemaasi tilaan, ja tallenna Excel-tiedosto. Kysely on päättynyt.

Kiitos osallistumisestasi!