

Sara Puhakka

Puhdastilan valaistus ja intensiivihoidon ihmis- lähtöinen valaistus sairaalassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

29.1.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sara Puhakka Puhdastilan valaistus ja intensiivihoidon ihmislähtöinen valaistus sairaalassa 28 sivua + 2 liitettä 29.1.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Huoltopäällikkö Pekka Karvonen Lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Kymenlaakson sairaanhoito- ja sosiaalipalveluiden kuntayhtymälle, Carealle, helpottamaan uuden Carea-sairaalan valaistussuunnittelua ja valaisinten valintaa. Työn tavoitteena oli selvittää puhdastilan valaistussuunnittelun vaatimuksia ja ihmislähtöisen valaistuksen perusteita intensiivihoidon alueella sekä tutkia eri valaisinratkaisuja ja niiden kustannuksia.</p> <p>Työssä käytiin yleisellä tasolla läpi puhdastilan ja ihmislähtöisen valaistuksen peruseriaatteita, jotka määrittävät tarkemmin uuden Carea-sairaalan leikkaussalien ja intensiivihoidon alueen valaistussuunnittelua. Intensiivihoidon alueen valaistusratkaisuja voidaan käyttää pohjana osastojen valaistussuunnittelussa.</p> <p>Työssä selvitetyn teorian pohjalta tehtiin työhön liitteeksi valaistussuunnitelmia, perehdyttiin eri valaisinvaihtoehtoihin ja kustannusarvioihin. Kustannuslaskelmien perusteella todettiin, että loisteputkien ja LED-valonlähteiden avulla suunnitellut valaistusratkaisut ovat lähes yhtä hyviä. Investointi, käyttö- ja huoltokustannuksia tarkasteltaessa esimerkiksi 15 vuoden ajanjaksolta päädyttiin lähes samaan kustannukseen molemmilla valonlähteillä.</p> <p>Valaisinvalmistajien antamien valaisintietojen, valaisimista tehtyjen DIALux-laskelmien ja kustannusarvioiden perusteella pohdittiin parasta mahdollista valaistusratkaisua leikkauksaleihin ja intensiivihoidon alueelle. LED-valaisimien korkeampi investointikustannus maksaa itsensä takaisin pienempinä käyttökustannuksina, koska valaistus on energiatehokkaampi. Valaisinvaihtoehtot, kustannusarvot ja näihin liittyvät päätelmät on kirjattu insinööri työ liitteeksi, jotka on poistettu julkisesta versiosta niiden sisältäessä liikesalaisuuksia ainoastaan Carean käyttöön.</p>	
Avainsanat	Sairaalavalistus, Puhdastila, Ihmislähtöinen valaistus, Intensiivihoidon alueen valaistus

Author Title	Sara Puhakka Cleanroom Lighting and Human Centric Lighting in Intensive Care at a Hospital
Number of Pages Date	28 pages + 2 appendices 29 January 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electric Power Engineering
Instructors	Pekka Karvonen, Service Manager Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>This thesis was made for a Kymenlaakso municipality social and health care services, Carea, to help in lighting design and solutions while planning the new Carea hospital. The goal for the thesis was to research demands for cleanroom lighting and study principles of human centric lighting in intensive care. Another goal was to examine different lighting solutions and cost estimates.</p> <p>Principles of cleanroom and human centric lighting are reviewed in this thesis on general level. These principles precisely define lighting designs in operating rooms and intensive care in the new Carea hospital. Lighting solutions designed in intensive care can also be used as a basis for lighting solutions in normal care unit.</p> <p>Lighting designs were made and different light solutions and expenses were acquainted with, based on theory that is clarified in the thesis. Based on cost estimates calculated on the thesis, lighting solutions designed with fluorescent lamps are almost as good as solutions designed with LED light sources. While examining capital, operating and maintenance costs from time period of 15 years, were wound up with almost as good lighting costs with both light sources.</p> <p>The best lighting solution for operating rooms and intensive care was considered through information from manufacturers, DIALux calculations and cost estimates concerning different light fixtures. More upper capital costs of LED light sources will pay themselves back as smaller operating costs because the lighting solutions are more energy efficient. More accurate lighting solutions, estimate of cost and their conclusions are given in the appendices of the thesis which have been removed from the public version because they include trade secrets and are meant only for Carea's use.</p>	
Keywords	Hospital Lighting, Cleanroom, Human centric lighting, Lighting in intensive care

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sairaalan valaistuksessa huomioitavaa	2
2.1	Sairaala ympäristönä	2
2.2	Näkeminen ja valon aistiminen	4
3	Puhdastila	6
3.1	Puhdastila ja aseptiikka	6
3.2	Puhdastilan valaistus	8
3.3	Leikkaussalin valaistus	9
4	Valon suhde hyvinvointiin ja paranemiseen	11
4.1	Ihmislähtöinen valaistus	11
4.2	Tutkimuksia	14
5	Carea-sairaala	15
5.1	Nykyiset ja suunniteltavat valonlähteet	16
5.2	Puhdastilat	19
5.3	Intensiivihoidon alue	19
5.4	Intensiivihoidon alueen puhdastilat	21
6	Yhteenveto	22
	Lähteet	26

Liitteet

Liite 1. Leikkaussalin valaisimien vaihtoehtoja, kustannuksia ja päätelmiä

Liite 2. Intensiivihoidon valaisimien vaihtoehtoja, kustannuksia ja päätelmiä

Lyhenteitä ja käsitteitä

DALI	Digital Addressable Lighting Interface. Digitaalinen valon ohjaus protokolla.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> . Kansainvälinen sähkötekniikan komissio.
Intensiivihoido	Voimakas, kiihkeä, määrätietoinen, tarpeeseen perustuva hoito.
Invasiivinen	Tutkimus- ja hoitotoimenpiteessä elimistön sisälle kajoava toimenpide.
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> . Maailmanlaajuinen kansallisten standardisointijärjestöjen yhteenliittymä.
LED	Light Emitting Diode. Valodiodi.
Luminanssi	Fotometrian suure, joka kuvaa kuinka kirkkaana jokin pinta näkyy.
Mikrobi	Yleisnimitys mikroskooppisen pienille eliöille, kuten bakteerit, virukset, sienet, loiseläimet ja prionit.
Post-operatiivinen	Leikkauksen jälkeinen hoitovaihe. Alkaa kun potilas siirretään heräämöhön ja päättyy kun leikkaustapahtumaan liittyvää hoitotyötä ei tarvita.
R_a-indeksi	Valonlähteiden värintoistokyky.
Synergiaetu	On kuvitteellisen tai todellisen etu, jonka avulla pyritään saamaan säästöjä.

UGR	Kiusahäikäisy. Häikäisyä syntyy tilanteissa, joissa näkökentän luminanssitaso on sopimaton tai muuttuu liian nopeasti.
Valaistusvoimakkuus	Fotometrian suure, joka kuvaa pinnalle saapuvan valovirran määrää. Yksikkö on luksa [lx].
Valovirta	Fotometrian suure, joka kuvaa lampun lähettämää valomäärää. Yksikkö on lumen [lm]

1 Johdanto

Uusien sairaaloiden rakentaminen on pitkä prosessi, jossa sairaalan suunnittelu vie oman aikansa, ennen kuin sairaalaa aletaan edes rakentamaan. Tällä hetkellä uusien valmistuvien sairaaloiden valaistusratkaisut on suunniteltu noin 2 - 3 vuotta sitten. Sairaala-valaistuksen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon uudet ja innovatiiviset valaistusratkaisut, sillä tulevaisuuden sairaalaympäristö kehittyy koko ajan myös muilla tekniikan osa-alueilla.

Tulevaisuuden sairaalaympäristöissä pyritään käyttämään uusinta teknologiaa ja ratkaisemaan nykypäivän sairaaloiden ongelmakohdat toimivamman sairaalan mahdollistamiseksi. Toimivat valaistusratkaisut palvelevat sairaalassa työskentelevää henkilökuntaa, potilaita ja muita siellä asioivia ihmisiä. Sairaalassa on paljon erilaisia tiloja ja erilaisia toimijoita. Käyttäjillä on esimerkiksi leikkaussaleissa, ensi-avussa, osastoilla ja odotushuoneissa erilaiset tarpeet valaistuksen suhteen.

Carea on konserni, joka vastaa julkisten sosiaali- ja terveystalouden järjestämisestä oman kuntayhtymänsä alueella. Kymenlaakson sairaanhoito- ja sosiaalipalveluiden kuntayhtymään kuuluu Kymenlaakson sairaalat ja sosiaalipalvelujen yksiköt. [1.] Nykyisen Carea-keskussairaalan yhteyteen ollaan rakentamassa uutta Carea-sairaalaa. Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan uusi ydinsairaala ja seuraavissa vaiheissa nykyisen sairaalan tilat peruskorjataan. [2.]

Insinööriyön tavoitteena on selvittää puhdastilan valaistussuunnittelun vaatimuksia ja ihmislähtöisen valaistuksen perusteita puhdastiloissa ja intensiivihoidon alueella sekä tutkia näille alueille eri valaistusratkaisuja ja niiden kustannuksia. Insinööriyötä voidaan hyödyntää tulevan Carea-sairaalan valaistuksen suunnittelussa ja valaisimien valinnassa. Työssä keskitytään vain määriteltyjen puhdastilojen ja intensiivihoidon alueen valaistusratkaisuihin, koska Careassa ihmislähtöistä valaistusta ollaan aluksi valmiita kokeilemaan intensiivihoidon alueen puhdastiloihin. Valaisinvaihtoehdot, kustannusarviot ja näihin liittyvät päätelmät on kirjattu insinööriyön liitteiksi, jotka on poistettu julkisesta versiosta niiden sisältäessä liikesalaisuuksia ainoastaan Carean käyttöön.

2 Sairaalan valaistuksessa huomioitavaa

2.1 Sairaala ympäristönä

Sairaalavalaisituksen suunnittelu on haasteellista, sillä valaistukseen vaikuttaa monta eri tekijää, jotka kaikki tulisi ottaa huomioon toimivan ja miellyttävän valaistuksen aikaansaamiseksi. Valaistus tukee omalta osaltaan hoitohenkilökunnan toimintaa sekä potilaiden kokonaisvaltaista hoitoprosessia. Sairaalaan henkilökunnalla, potilailla ja vierailijoilla on kaikilla erilaiset tarpeet valaistuksen osalta. Potilaan hyvinvoinnin ja paranemisen tukeminen ovat yhtä tärkeitä kuin henkilökunnan hyvät työolosuhteet ja työhyvinvointi. Suunnittelussa huomiota tulee kiinnittää suunniteltavan tilan käyttötarkoitukseen ja tilan luonteeseen. Valaistusta tulee pystyä kohdentamaan ja säätämään vaativille näkötehtäville sopivaksi. Valaistuksen avulla voidaan luoda tehokas, turvallinen ja vastaanottava sairaalaympäristö. Turvallisuuden tunteen lisääminen vastaanottavalla ympäristöllä lisää sairaalakäyntien viihtyvyyttä ja auttaa vähentämään niin lasten kuin aikuistenkin ennakkoluuloja ja pelkoja sairaalakäyntien osalta. [3.]

Fyysisellä ympäristöllä on huomattavia vaikutuksia jokaiselle terveydenhuollon osa-alueelle. Potilaiden osalta fyysinen ympäristö vaikuttaa hoitjaksojen pituuteen, potilasturvallisuuteen ja potilaan kivunhallintaan. Fyysisellä ympäristöllä on vaikutuksia myös hoitohenkilökunnan työtyytyväisyyteen, vaihtuvuuteen ja työtehokkuuteen sekä yleisesti terveydenhuollon laatuun ja kustannuksiin. [4.] Hyvä valaistus on tilaan ja tarpeisiin soveltuva, helposti puhdistettava sekä energia- ja kustannustehokas. Hyvä valaistus parantaa näkyvyyttä ja luo pohjan tehokkaalle ja tarkalle työskentelylle. Sisätilojen työkohteiden valaistusstandardi [5.] antaa yleisohjeita ja vaatimuksia hyvän valaistuksen tilakohtaiseen suunnitteluun, esimerkiksi potilas- ja toimenpidehuoneiden valaistukseen. Valaistusratkaisuja suunniteltaessa otetaan huomioon tulevaisuuden muutokset tilan käytön suhteen hyvän yleisvalaistuksen avulla. Jos tilan käyttötarkoitus tulevaisuudessa muuttuu, suuriin muutoksiin ei tarvitse pelkän valaistuksen takia ryhtyä.

Käytännöllisen, laadukkaan ja mukavan valaistuksen lisäksi valaistusratkaisuiden suunnittelussa myös kustannukset ovat oleellisessa osassa valaistusratkaisuiden valinnassa. Kokonaiskustannukset koostuvat investointi- ja käyttökustannuksista. Käyttökustannuksissa huomiota kiinnitetään valaisimen energia- ja huoltokustannuksiin. Energiatehokkaat valaistusratkaisut yhdessä vuorokausirytmien mukaan ohjelmoitavan valaistuksen ja

valmiiksi määriteltujen valaistustilanteiden kanssa esiintyvät merkittävänä tekijöinä energia- ja kustannustehokkaita ratkaisuja suunniteltaessa. Tarpeeton valo pyritään himmentämään ja hyödynnetään mahdollisimman paljon tilaan tulevaa luonnonvaloa. Valaistusta ohjataan myös läsnäolotunnistimien ja vuorokauden ajan mukaan. Ihmislähtöisen valaistuksen osalta kokonaiskustannuksiin tulee huomioitavaksi myös potilaiden paranemiseen ja henkilökunnan hyvinvointiin liittyvät asiat. Jos valaistuksen avulla saadaan potilas paranemaan nopeammin ja ylläpidetty henkilökunnan terveyttä sekä tätä kautta vähentämään sairauspoissaoloja, voidaan saada suuria kustannussäästöjä myös näiltä osa-alueilta. [6; 7.]

Sairaalan valaistuksen suunnittelussa moni asia liittyy tiiviisti toisiinsa. Valaistuksen vaatimukset ovat huomattavia eri tiloissa työn vaativuuden ja luonteen vuoksi. Esimerkiksi leikkaussalissa valaistuksen pitää häiriötilanteessa olla sama kuin normaalissakin tilanteessa. Valojen sammuminen kesken toimenpiteen vaarantaa potilasturvallisuuden.

Lääkintätilat ryhmitellään lääkintätilastandardin [8] mukaan seuraavasti:

Ryhmä 0 kuvaa tilaa, jossa ei ole tarkoitus käyttää sähköisen lääkintälaitteen osia, ja jossa sähkönsyötön vika tai keskeytys ei voi aiheuttaa välitöntä hengenvaaraa.

Ryhmä 1 kuvaa lääkintätilaa, jossa sähkönsyötön keskeytys ei aiheuta potilaan turvallisuudelle välitöntä uhkaa, ja sähköisen lääkintälaitteen liityntäosia käytetään ihon ulkopuolisesti tai ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, ellei kyseessä ole ryhmän 2 soveltamisalue.

Ryhmä 2 kuvaa lääkintätilaa, jossa sähköisen lääkintälaitteen osia käytetään sydämen läheisiin toimintoihin, leikkaussalikäyttöön tai tehohoitoon, joissa sähkönsyötön vika tai keskeytys voi aiheuttaa välittömän vaaran potilaalle.

Ryhmään 1 kuuluvia tiloja ovat esimerkiksi potilashuoneet sekä tutkimus- ja toimenpidehuoneet. Ryhmään 2 kuuluvia tiloja ovat esimerkiksi leikkaussalit, heräämö ja tehohoitohuoneet. Sähkökatkon takia tarvitaan varavoimajärjestelmät turvaamaan lääkintätilojen keskeytymätön sähkönsyöttö kriittisille kuormituksille, joiden sähkönsyötön katkeaminen aiheuttaa välittömän vaaran. Tällaisia ovat esimerkiksi leikkausvalaisimet ja välttämättömät elämää ylläpitävät laitteet. Enintään 0,5 s kytkeytymisajan omaavat varavoimajärjestelmän tehölähteet tulee toteuttaa akustoilla, UPS-järjestelmillä tai vastaavilla. Jokaisessa leikkaussalissa vähintään yhden toimenpidevalaisimen pitää toimia välittömästi sähkökatkon tapahtuessa.

Potilaat, jotka voivat tartuttaa sairauden muihin ihmisiin tai joiden oma vastustuskyky on alentunut niin paljon, että infektioiden leviäminen voi olla potilaalle hengenvaarallinen, eristetään muusta ympäristöstä tarkkailua ja hoitotoimenpiteitä varten. Pelkkä potilaan eristäminen normaaliin yksittäiseen huoneeseen ei tällöin riitä. Potilas ja muu ympäristö pitää suojata puhdastilojen avulla. Myös leikkaussalit ovat puhdastiloja niissä tehtävien invasiivisten toimenpiteiden takia. Puhdastilaan suunniteltaville valaistusratkaisuille on asetettu tarkkoja kriteerejä ja siksi niiden suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä tarkkuutta.

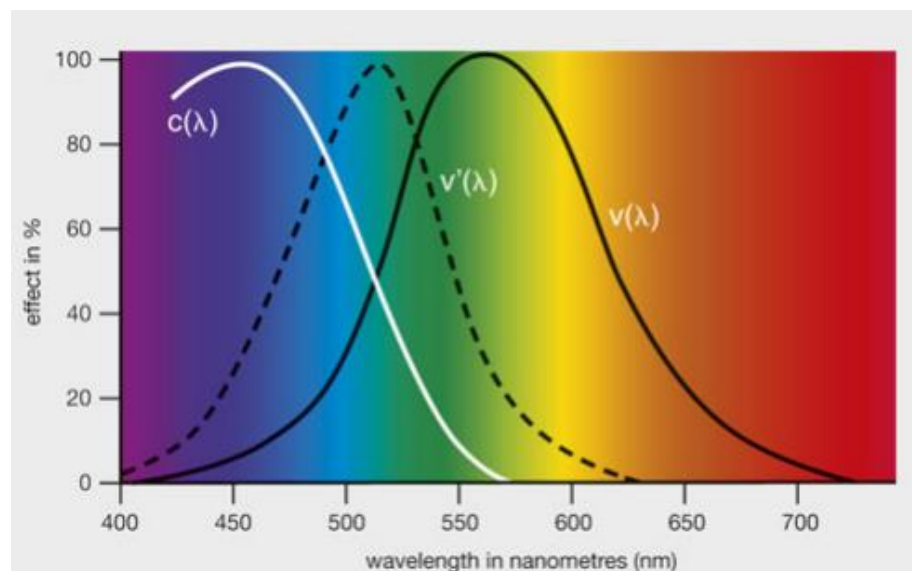
2.2 Näkeminen ja valon aistiminen

Valo on sähkömagneettista säteilyä, joka havaitaan 380 – 780 nm aallonpituusalueella. Valo kulkee silmän linssin läpi verkkokalvolle ja sen aistin- ja hermosoluille. Silmän aistinsolut koostuvat sauva- ja tappisolusta, jotka sijaitsevat kauimpana lasiaisesta verkkokalvon ulkokerroksessa. Lasiaista vasten on kerros, jossa on hermosoluja eli gangliosoluja. Gangliosolujen hermosyyt muodostavat näköhermon, joka vie näköinformaation silmästä aivoihin tulkittavaksi. Gangliosolut ovat erikoistuneet erottamaan heijastuvan valon eroja eli kontrasteja. Solut siis reagoivat luminanssieroihin, eivätkä verkkokalvolle osuvaan valoon. Luminanssi riippuu kohteen heijastusominaisuuksista ja kohteelle tulevasta valosta. Riittävä valaistusvoimakkuus parantaa kohteen näkyvyyttä ja auttaa havaitsemaan pienempiä kontrastieroja. Valaistuksen avulla näköaistin kontrastiherkkyys paranee ja näkötehokkuus kasvaa. [9; 10.]

Näkökentällä kuvataan ympäristön osaa jonka kuva heijastuu verkkokalvolle. Sauvat ja tapit ovat jakautuneet verkkokalvolle ja tappisolut sijaitsevat tiheästi sen keskiosassa, verkkokalvon keskikuopassa. Silmälihakset liikuttavat silmiä siten, että saman näkökenttäalueen kuva kohdistuu molemmissa silmissä verkkokalvon keskikuoppaan. Kun katsetta kohdistetaan tiettyyn yksityiskohtaan silmälihakset tarkentavat kuvan verkkokalvon keskikuopan keskelle. Näöntarkkuus on siis parhaimmillaan tässä kohdassa. [9; 10.]

Sauvasolujen avulla ihminen näkee hämärässä tummia sävyjä, kuten mustaa, valkoista ja harmaan eri sävyjä. Hämärässä nähdään lyhyitä aallonpituuksia, jolloin myös sinisen sävyt näkyvät paremmin. Hämärässä kontrastiherkkyys pienenee ja havaitsemisnopeus hidastuu, jolloin pieniä yksityiskohtia on hankala erottaa ja syvyytarkkuuden heikentymisen johdosta etäisyyksien arviointi on hankalaa.

Aivot vertailevat valon vaikutuksia tappisoluihin ja siten pystymme erottamaan eri värejä. Värinäkö perustuu kolmen eri tappityypin ominaisuuksiin, jotka ovat erikoistuneet omiin aallonpituusalueisiinsa ja täten absorboivat valoa tehokkaammin omilta alueiltaan; siniseltä, vihreä-keltaiselta ja puna-oranssilta. Valonlähteen värilämpötilalla kuvataan lampun ulos antamaa väriä. Värilämpötila ilmoitetaan kelvineinä [K]. Lämpimät värisävyt 3 300 K asti koetaan rentouttavina. Neutraalit sävyt sijoittuvat välille 3 300 K – 5 300 K. Kylmät sävyt ovat yli 5 300 K ja ne koetaan yleensä virkistävinä. Silmän herkkyyttä eri aallonpituuksille kuvataan suhteellisen silmänherkkyyden käyrän avulla. Kuvasta 1 erotetaan silmän spektriherkkyys pystyakselista ja aallonpituusalueet vaak akselilta sekä päivänäkemisen alue [$v(\lambda)$], hämäränäön alue [$v'(\lambda)$] ja melatoniinihormonin eritystä kuvaava käyrä [$c(\lambda)$], johon palataan kappaleessa 4. Luonnonvalon spektrissä on paljon sinistä, joten sinisen sävyiset pintavärit erotetaan hyvin. [9; 10; 11.]



Kuva 1. Melatoniinin eritystä [$c(\lambda)$] verrattuna suhteelliseen silmänherkkyyteen yöllä [$v'(\lambda)$] ja päivällä [$v(\lambda)$]. [8, s. 19.]

Silmä säätelee verkkokalvolle tulevaa valoa pupillin kokoa ja verkkokalvon herkkyyttä muuttamalla. Silmän sopeutuminen ei tapahdu hetkessä, vaan vaatii oman aikansa. Sopeutuminen myös rasittaa silmiä ja aiheuttaa väsymystä. Tappisolut saavuttavat valoherkkyytensä noin viidessä minuutissa ja sauvasolut sopeutuvat hämärään noin 20 – 30 minuutissa. Valaistussuunnittelussa silmän sopeutuminen otetaan huomioon siten, etteivät luminanssierot synny liian suuriksi. [9; 10.]

Silmä mukautuu tarkentaessaan katseen eri etäisyydellä oleviin kohteisiin. Mukautumiseen kuluu aikaa noin 0,7 sekuntia. Silmän sopeutuminen ja mukautuminen on oleellista

huomioida varsinkin leikkaussalin valaistusta suunniteltaessa, sillä hoitohenkilökunnan on pystyttävä vilkaisemaan leikkausalueen ulkopuolelle ilman suuria vaikutuksia näkemiseen. Myös häikäisyllä on suuri merkitys varsinkin leikkaussalin valaistusta suunniteltaessa. Häikäisyä aiheutuu valonlähteen suorasta näkemisestä. Suoran häikäisyn estossa toimii valaisimen valoa hajottavat osat tai häikäisyuojat, jotka vähentävät valon läpipääsyä. Estohäikäisy heikentää näkemistä ja kiusahäikäisy luo katsojalle epämiellyttävän tunteen. Häikäisy aiheuttaa silmien väsymystä ja häikäisyn rajoittamisella välteään virheitä ja tapaturmia. [9; 10.]

län myötä myös silmissä tapahtuu muutoksia ja näkökyky heikkenee. Silmän linssi keltastuu ja lasiainen sumenee. Tällöin myös verkkokalvolle saapuvan valon määrä pienee. Verkkokalvolle muodostuva kuva jää epätarkaksi ja häikäisyä tapahtuu helpommin. Myös silmän sopeutumiseen kuluva aika kasvaa eikä silmä pysty sopeutumaan liian suuriin luminanssivaihteluihin. Kaikki sairaalassa liikkuvat ihmiset, henkilökunta, potilaat ja vierailijat, ovat eri-ikäisiä, jolloin hyvä värintoisto on huomioitava riittävien valaistusvoimakkuuksien lisäksi. [9; 10.]

3 Puhdastila

3.1 Puhdastila ja aseptiikka

Puhdastilan käytöllä ja huolellisella aseptiikalla turvataan sekä potilaiden että henkilökunnan turvallisuus ja hyvinvointi invasiivisten toimenpiteiden yhteydessä ja vielä niiden jälkeenkin. SFS-EN ISO 14644-1 standardi [12] esittää luokitustasot puhdastilojen ja puhtaiden alueiden määrittämiseen.

”Puhdastila on huone, jossa ilman hiukkaspitoisuuksia valvotaan ja joka on rakennettu siten ja jota käytetään sellaisella tavalla, että hiukkasten pääsy, kerääntyminen ja säilyminen huoneen sisällä on minimoitu. Lisäksi muita asiaankuuluvia suureita, kuten lämpötilaa, kosteutta ja painetta, valvotaan tarpeen mukaan.” [12, s.6.]

Kun verrataan hiukkasten kokoja, voidaan huomioida, että ihmisen hius on kooltaan 100 µm ja epäpuhtaus puhdastilassa on 0,5 µm. [13.] Mikrobit voivat tarttua esimerkiksi kosketus-, veri-, pisara- tai ilmatartuntana. Kosketustartunnassa tartunta leviää kosketuksen avulla toisesta ihmisestä tai välineestä, kuten ovenkahvasta. Veritartunnassa kantajan

verta joutuu toisen henkilön limakalvoille, haavaan tai verenkiertoon. Pissatartunta leviää hengitysteiden kautta, esimerkiksi puhumisen välityksellä. Ilmatartunnassa pisara kuivuu, sen sisällä olevat taudinaiheuttajat jäävät ilmaan. Taudinaiheuttajat voivat leijaila pitkiäkin matkoja pölyhiukkaseen sitoutuneena. [14.]

Ympäröivän ilman epäpuhtaus vaikuttaa sairaalassa käytettyjen laitteiden ja tuotteiden laatuun ja turvallisuuteen. Tuotteiden likaantuminen ilmassa leijuvista hiukkasista voi tehdä niistä vaaralliset potilaalle. Toimiva ilmastointi sekä muiden LVI-laitteiden oikea käyttö vähentää mikrobien lukumäärää poistaen epäpuhtauksia tilasta. Haitallisten hiukasten ja mikrobien levittäytyminen pyritään tehokkaalla ja toimivalla ilmastoinnilla ehkäisemään. Täten ilmastointi vaikuttaa omalta osaltaan toimenpiteiden jälkeisten infektioiden määrään. [15.] Sisäilmastoluokitus antaa tavoitearvoja erilaisten tilojen suunnittelun avuksi. Yksilöllinen sisäilmasto S1 kuvaa tilaa, jossa tulo- ja poistoilmaa sekä lämpötilaa säädetään tilakohtaisesti erilaisten tilanteiden mukaan. [16.]

Puhdastiloihin luodaan ylipaine kontaminaatiota vastaan. Ylipaine saadaan luotua puhdastilaan siten, että tilaan tuodaan enemmän ilmaa kuin mitä sieltä poistetaan. Ilmavirtausten suuntaa voidaan ohjata paine-eroilla ja puhdastila säädetään ylipaineiseksi muihin tiloihin nähden. Puhdastilahuoneet voidaan säätää keskenään eripaineisiksi, jolloin ilmavirta suuntautuu puhtaista tiloista likaisempiin. [15; 13.]

Aseptiikka käsitteenä tarkoittaa menettelytapoja, joiden avulla pyritään toimimaan mikrobittomasti. Aseptiikan tarkoituksena on suojata materiaalia ja elävää kudosta siten, että estetään mikrobien tarttuminen joko poistamalla tai tuhoamalla ne. Kaikki elimistöön asetetut vieraat esineet laskevat elimistön vastustuskykyä, mikrobit asettuvat mielellään niiden pinnoille. Infektioiden leviäminen kosketuksen kautta estetään parhaiten toimimalla aseptisesti, eli etenemällä työjärjestyksessä puhtaasta likaiseen. [14; 18.] Esimerkiksi matkalla leikkaussaliin nähdään monta erilaista tilaa, kuten normaali käytävä, välikkö, heräämö ja leikkaussali. Jokaisessa tilassa on eri puhtausvaatimukset, jokainen tila on edellistä puhtaampi. Koska tilat muuttuvat puhtaammiksi vähitellen, puhdastilavalaisimen suunnittelu tiloihin ei ole niin suoraviivaista.

3.2 Puhdastilan valaistus

Puhdastilat on määritelty tilojen puhtausluokan mukaan. Puhdastiloihin sijoitettavien valaisimien pitää läpäistä niille asetetut standardit ja testit. Puhdastiloihin tulevien valaisimien tulee kestää ympäröiviä olosuhteita ja estää mikrobin sisäänkäyminen valaisimeen ja samalla estää niiden leviäminen muualle ympäristöön. Puhdastilat ja puhtaat alueet -standardi [12] esittää yhdeksän ISO-puhtausluokkaa, joista ISO 1 on puhtain luokka ja ISO 9 on likaisin. Valaisimet tulee testata standardin osoittamalla tavalla, jotta saadaan valaisimien todellinen puhtausluokka varmistettua. Esimerkiksi yhdessä ilmatestissä, ISO 1 -luokan saavuttamiseksi, yhden kuutiometrin ilmassa saa olla enintään 10 hiukkasta, jotka ovat kooltaan maksimissaan 0,1 mm.

Puhdastiloissa käytettyjen valaisimien on oltava helposti puhdistettavia ja kestävä vahvoja puhdistusaineita. Valaisimien on myös kestävä paineistetut ympäristöt ja vastustettava vuotoja niin puhdastilan kuin katonkin puolelta. Pinnan kontaminaatiota välttääkseen valaisimen pinnan on oltava korroosiota kestävä ja valaisimen materiaalit tulee olla tuotettu myrkyttömillä aineilla. [17.]

Sähkölaitteille määritellään IP-koodit, jotka kuvaavat koteloinnilla aikaansaatuun suojausasteeseen, jolla estetään vaarallisten osien kosketus sekä vieraiden esineiden ja pölyn tai veden sisääntunkeutuminen. Koodin ensimmäinen numero kuvaa vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäymistä. Vaaralliset osat on suojattu koskettamiselta. IP-koodin numero kuusi tarkoittaa, että pölyä ei saa tunkeutua kotelon sisään ja vaaralliset osat on suojattu langalla koskettamiselta eli etäisyyskoetin, joka on halkaisijaltaan 1,0 mm, ei saa tunkeutua kotelon sisään. Toinen numero kuvaa veden sisäänkäymistä. IP-koodin numero viisi osoittaa, että mistään suunnasta suuttimella ohjattu vesisuihku ei aiheuta haittaa. [19.]

Terveysturvallisuuden laitteiden turvallisuusstandardeissa, kuten IEC / EN 60601-1 standardissa [20] ja SFS-EN ISO 14644-1 standardissa [12], määritellään tarkat rajat ja testaukset, jotka laitteiden tulee läpäistä tarvittavien sertifikaattien saavuttamiseksi. Sähkölaitteiden kotelointiluokat standardissa määritellään myös erilaisia testauksia, joita laitteille pitää tehdä. [19.] Kaikki laitteille asetetut testaukset on suunniteltu käyttäjien turvallisuuden takaamiseksi.

3.3 Leikkaussalin valaistus

Mikrobit pyrkivät elimistöön kehon aukkojen kautta. Leikkaussalissa tehtävien invasiivisten toimenpiteiden vuoksi tila luokitellaan puhdastilaksi, jolloin sen valaistus tulee toteuttaa puhdastilavalaisimien avulla. Leikkaussalissa valaistuksen on oltava erilaisiin tarkkuutta vaativiin tilanteisiin soveltuva. Leikkaussalissa tehtävillä erilaisilla työtehtävillä on erityyppiset valaistustarpeet. Leikkauksen valmistelu, potilaan nukuttaminen, leikkaus, potilaan herättäminen ja leikkaussalin siivous vaativat kaikki omanlaisensa valaistuksen. [3; 20.]

Sisätilojen työkohteiden valaistusstandardin [5] mukaan leikkaussalissa valaistusvoimakkuuden tulee työskentelytasolla olla 1000 lx. Toimenpidealueella valaistusvoimakkuuden tulee olla 10 000 lx – 100 000 lx. UGR arvon tulee olla 19, valaistusvoimakkuuden tasaisuuden 0,6 ja R_a -indeksin 90. Mitä korkeampi R_a -indeksi on, sitä paremmin värit toistuvat. Indeksien maksimiarvo on 100. Ihon ja kudosten värin toistuminen luonnollisena on ehdottoman tärkeää hoitohenkilökunnan tarkan työskentelyn mahdollistamiseksi.

Näkeminen on dynaaminen aktiviteetti eli silmä ei ole kohdistunut yhteen pisteeseen, vaan liikkuu jatkuvasti työskentelyalueen ympärillä. Tarkan työn tekeminen rasittaa silmiä ja varsinkin leikkaussalin henkilökunnalla visuaaliset tehtävät ovat erityisen vaativia. Hyvä valaistus varmistaa tarkan ja tehokkaan toimintaympäristön sekä tukee yleisesti henkilökunnan jaksamista. Leikkaussalissa kolme tärkeintä valaistusaluetta ovat leikkausalue, leikkauspöytä ja reuna-alueet. Leikkausalueelle pitää olla kunnollinen näkyvyys, sillä kirurgin pitää pysyä näkemään kudokset ja veri sekä niiden väri kunnolla. Ihon ja kudosten väri näkyy valon eri sävyissä erilaisena. [3; 21.]

Valon säätäminen ja himmentäminen on ehdottoman tärkeää, sillä joillakin erikoisaloilla vaaditaan lähes pimeä sali. Leikkausvalaisinta lukuun ottamatta pimeässä salissa henkilökunta huomioidaan tarvittaessa kohdistetuilla valoilla. Valaistuksen sävyn olisi hyvä olla sinivihreä, noin 525 nm, jolloin maksimoidaan optiset hyödyt ja monitoreiden kontrasti. Leikkaussalin valaistuksen värisävyn valintaan vaikuttaa myös eri sukupolvien kokemukset. Vanhempi sukupolvi ei niinkään välitä värisävystä, koska he ovat yleensä tottuneet niin sanotusti huonompaan valaistustasoon kuin nuorempi sukupolvi. [2; 21, 22.]

Pitkässäkin leikkauksessa hoitohenkilökunnan pitää pystyä näkemään myös ilman heijastuksia ja vilkaisemaan pois leikkausalueelta siten, etteivät luminanssierot ole liian suuria. Kiusahäikäisyä tulee välttää ja on huomioitava, ettei häikäisyä muodostu näytöille ja potilasmonitoreille. Valaisimet tulee varustaa optisilla elementeillä, jotka hajottavat valon ja estävät häikäisyn. Leikkauksiin ja potilaan elintoimintojen valvontaan käytettävät näytöt ja monitorit hyötyvät alhaisesta valaistustasosta, jolloin häikäisyn muodostumista estetään. Parhaaksi aallonpituudeksi monitoreidenkin kannalta on havaittu 525 nm. [3; 21; 22.]

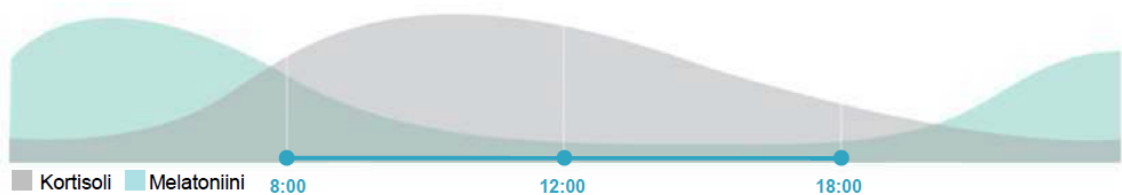
Leikkaussalin monet erilaiset laitteet vaikuttavat tilan yleiseen valaistussuunnitteluun. Osa laitteista voidaan sijoittaa kattoon ja osa lattialle. Esimerkiksi anestesiaan käytettävät laitteet sekä potilasvalvontalaitteet vievät leikkaussalista paljon tilaa yhdessä leikkausvalaisimien kanssa. Leikkaussalin valaistusvaatimukset vaihtelevat leikkauksen mukaan. LED-teknologian avulla saadaan leikkaussaliin paremmat valaistusolosuhteet, sillä LED-lampun hyvät valaistusominaisuudet vähentävät silmän rasitusta ja parantavat näkötehtävän tarkkuutta. Vihreä LED tarjoaa tehokkaamman tavan tuottaa valoa, joka toteuttaa leikkaussalin vaatimukset verrattuna valkoiseen LEDiin tai loisteputkiin. [3; 21; 22.] Leikkaussalin valoista säteilevä energia tulee minimoida kudosisvaurioiden välttämiseksi ja miellyttävän työskentelyn mahdollistamiseksi. Useissa leikkauksissa säteilevä energia on 800 - 1000 nm. Liian voimakkaassa valossa kudosisvaurioituu ja kuivuu aiheuttaen vaurioita potilaalle. Säteilyvoimakkuus ei saa ylittää $0,1 \text{ W/cm}^2$. [3.]

Leikkaussalin tulo- ja poistoilma suodatetaan useassa eri vaiheessa, jolloin estetään haitallisten hiukkasten pääsy leikkaussaliin ja ulos salista. Hyvällä ilmastoinnilla turvataan myös hoitohenkilökunnan turvallisuus, kun ilmaan mahdollisesti pääsevät anestesiakaasut poistetaan tehokkaasti. Ilmastointijärjestelmän avulla säädetään leikkaussalin lämpötila- ja kosteusolosuhteet tapauskohtaisesti. Leikkaussalin lämpötilan suositusarvo on $22 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ja suhteellisen kosteuden suositusarvo on $35 - 45 \% \pm 10 \%$. [15.] Leikkaussalit ja tehohoidon huoneet kuuluvat lääkintätilastandardin [8] tilaluokittelun mukaan ryhmään 2, eli niissä sijaitsevia valaisimia on standardin mukaan syötettävä vähintään kahdesta erillisestä syötöstä, joista toinen tulee liittää varavoimajärjestelmään.

4 Valon suhde hyvinvointiin ja paranemiseen

4.1 Ihmislähtöinen valaistus

Elimistön toiminnot, kuten uni, valvetila ja ruumiinlämpö, vaihtelevat säännöllisesti. Vuorokausirytmien säilymiseen vaikuttavat ympäristötekijät, kuten valo, pimeys, lämpötila ja ateria-ajat. Hormonien erityks vaihtelee vuorokauden mittaan ja silmän gangliosolut ottavat vastaan tietoa valon vaihtelusta ympäristössä. Kuvassa 2 kuvataan hormonien eritystä vuorokauden aikana. Kortisolia erittyy eniten varhain aamulla ja vähiten myöhään illalla. Melatoniinihormoni on tärkein yöunen säätelijä. Pimeys kiihdyttää melatoniinin eritystä ja valo estää sitä. Melatoniinihormonin erittyminen aiheuttaa uneliaisuudentunnetta, hidastaen elimistön toimintoja ja alentaen aktiivisuustasoa hyvän unen aikaansaamiseksi. Fyysinen ja psyykinen rasitus, esimerkiksi leikkaus, voi johtaa vuorokausivaihtelun vähenemiseen tai häviämiseen. [9.]



Kuva 2. Kortisoli- ja melatoniinihormonin erityks vuorokauden aikana. [23 s.5.]

Potilaiden on yleensä vaikeaa rentoutua sairaalassa. Ympäristö ja sänky ovat vieraita ja sairaalan henkilökunnan, muiden potilaiden ja vierailijoiden läsnäolo on epänormaalia kotioloihin verrattuna. Samassa huoneessa voi olla useampia potilaita, joilla käy vieraita iltaisin. Hoitajat ja laitoshuoltajat käyvät ajoittain huoneissa tekemässä askareitaan. Normaali valaistus sisältää yleensä vain pari erilaista valaistustilannetta. Sama valaistustaso on päällä huoneissa koko päivän aamu seitsemästä iltayhdeksään.

Luonnonvalo koostuu erilaisista suureista kuten valon määrä, valaistusvoimakkuus, valon suunta ja värilämpötila. Luonnonvalon kirkkaus vaihtelee maanosan, vuodenajan, sään ja vuorokaudenajan mukaan. Luonnonvaloa pääsee sisälle rakennuksiin yleensä hyvin vähän. Talven synkkinä kuukausina luonnonvaloa päästään kokemaan vain lyhyt

aika vuorokaudesta. Varsinkin sisätyötä tehtäessä tai sairaalassa potilaana toipuessa luonnonvaloa koetaan hyvin vähän. Luonnonvalon vähäisyys vaikuttaa negatiivisesti ihmisen hyvinvointiin, yleiseen jaksamiseen ja tehokkuuteen. Vähäinen luonnonvalo ja sisällä olo vaikuttavat suuresti varsinkin vanhempiin ihmisiin ja etenkin alzheimer potilaisiin. Vuorokausirytmä häiriintyy ja unirytmä muuttuu, jolloin aktiivisuus vähenee ja olo on levoton. [6; 8.]

LED-valaistuksen monipuoliseen tekniikkaan perustuvien ihmislähtöisten valaistusratkaisuiden avulla tuodaan luonnonvalon vaikutelma sisätiloihin sekä pyritään luomaan valaistustilanteet, jotka edesauttavat sairaalassa olevan potilaan paranemista, henkisesti ja fyysisesti. Valaistus lähtee potilaan tarpeista ja parhaasta mahdollisesta tutkimus- ja hoitoympäristöstä. Valaistus ei kuitenkaan kohdistu pelkästään potilaisiin, vaan myös sairaalan henkilökuntaan, kuten lääkäreihin, hoitajiin ja laitoshuoltajiin sekä sairaalassa vieraileviin ihmisiin. Tutkimusten mukaan luonnonmukainen valaistus parantaa henkilökunnan tehokkuutta ja suorituskykyä. Parempi ja tarkempi valaistus auttaa keskittymään ja olemaan tarkkaavaisempi. Hyvä valaistus vaikuttaa myös jaksamiseen ja mielialaan. Hoitohenkilökunnan jaksaminen vaikuttaa tehtävän työn tehokkuuteen ja potilaiden hyvään ja miellyttävään hoitoon. [6; 8; 23.]

Vuorotyössä vuorokausirytmien tasapainottelu hankaloituu jatkuvasti vaihtuvien työvuorojen vaikutuksesta. Ihmistä ei ole luotu tekemään töitä öisin, pulssi ja ruumiinlämpö kohoavat, keskittyminen herpaantuu ja suorituskyky on alhainen. Luonnonmukaiset valaistustasot auttavat vuorokausirytmien ylläpidossa. Korkea valaistusvoimakkuus ja valaistuksen kylmä värisävy vähentää melatoniinin tuottoa ja auttaa ihmistä olemaan aktiivisempi ja valppaampi, mikä on tarkkuutta vaativissa töissä erityisen tärkeää. [6; 8.]

Ihmiskeskeisen valaistuksen avulla haetaan yöllä himmeää valaistustaso ja aamulla viileä, nouseva valaistustaso, joka nostaa energisyyttä. Iltapäivällä valaistusta säädetään kylmästä lämpimään ja illalla vielä lämpimämpään värisävyyden rentoutumisen ja hyvän unen saavuttamiseksi. Väriämpötilan säädön lisäksi säädetään myös valaistusvoimakkuutta ja valon määrää, koska myös luonnonvalon määrä ja valaistusvoimakkuus muuttuvat vuorokauden aikana. On myös tärkeää huomioida potilaiden hoitojakson pituus, jos potilas on sairaalassa vain muutaman päivän, vuorokausirytmien ei ehdi tulla suurilla muutoksilla. Siksi ihmislähtöinen valaistus soveltuu potilaiden kannalta parhaiten pidemmille hoitojaksoille, auttamaan potilasta takaisin normaaliin vuorokausirytmien. [23; 24; 25; 26; 27.]

Perinteistä valaistusta säädetään yleensä pelkästään huoneen oven vieressä olevista kytkimistä. Potilas voi myös säätää lukuvaloa sängyn yläpuolella. Ihmislähtöisessä valaistuksessa valaistus voidaan ohjelmoida toimimaan kellonajan tai luonnonvalon mukaan, jolloin valaistuksen värilämpötilat, valon määrä ja valaistusvoimakkuus muuttuvat itsenäisesti vuorokauden ajan mukaan. Valaistus voidaan ohjelmoida luonnonvalon rinnalle tai luonnonvalon tuntua voidaan luoda tilaan keinotekoisin ratkaisuin, jos tilassa ei ole ikkunoita tai niitä on vähän. Sairaalan henkilökunta, kuten lääkärit, hoitajat ja laitoshuoltajat huomioidaan myös ohjelmoitavissa valaistustilanteissa. Hätätilanteita, hoitotoimenpiteitä tai siivousta varten voidaan luoda erilaisia valaistustilanteita, jotka otetaan käyttöön huoneeseen tultaessa. [6; 8; 25.]

Säädettävät ratkaisut säästävät energiaa, koska valaistus ei toimi koko ajan täydellä teholla ja luonnonvalon määrä huomioidaan päivänvalosensoreiden avulla. Sisäänrakennettu kalenteri säädettävillä asetuksilla mahdollistaa keinovalon toimimisen ennalta-asetettuihin aikoihin. Läsnaolotunnistimisen avulla tehokkuus kasvaa, valo ei pala turhaan jos ihminen ei ole paikalla. Valaistusta voidaan esiohjelmoida ja ohjata esimerkiksi DALI-järjestelmän avulla tai muita ohjaustapoja hyödyntäen. Esimerkiksi DALI-järjestelmässä valaisimien hallinta perustuu digitaaliseen ohjaussignaaliin. Jokaisella laitteella on omat osoitteensa, joten tiettyä valaisinta voidaan ohjata yksittäisesti. Huoneessa valaistusta voidaan säätää erilaisien kytkimien, paneelien tai koskettimien avulla. Huomaamattomat muutokset osastojen käytävien ja potilashuoneiden valaistuksessa tekee työskentelystä helpompaa ja vähentää potilaiden häiriintymistä. Näkömukavuus paranee kun silmän ei tarvitse sopeutua kirkkaiden ja hämärien olosuhteiden välillä. [6; 8; 25.]

Läsnaolotunnistimen avulla valaistusta ohjataan havaittavan liikkeen perusteella. Valo syttyy kun tunnistin aistii liikettä tilassa, himmentää valaistustasoa kun liikkeitä ei ole vähään aikaan havaittu ja sammuttaa lopulta valon kokonaan. Tällöin valaistus on vain tarpeen mukainen eli käytössä vain silloin kun sitä tarvitaan. Kun luonnonvaloa tulvii sisälle, päivänvalosensori huomaa sen ja valaistustasoa himmennetään, huomioiden kuitenkin valaistuksen vaaditut arvot esimerkiksi hoitajien työpisteillä. Kello-ohjauksen avulla voidaan ohjelmoida valon syttyminen ja sammuminen kellonajan tai vuodenajan ja vuorokauden ajan mukaan. RGB-valaisimilla suunnitelluissa valaistusratkaisuissa saadaan laajempi värisävyn säätömahdollisuus, esimerkiksi välillä 2 500 K – 7 000 K, jolloin luonnonvalon sävy muutokset on helpompi toteuttaa. [6; 8; 10; 25; 27.]

4.2 Tutkimuksia

Valon vaikutukset ihmisen hyvinvointiin ja paranemiseen ovat suhteellisen uutta asiaa, joten niiden puitteissa tehdään jatkuvasti uusia tutkimuksia. Sairaalaympäristöissä tehdyt tutkimukset selvittävät muun muassa sitä, miten valo vaikuttaa mielialaan, uneen ja paranemiseen.

Ihmislähtöisen valaistuksen kustannuksista on tehty myös alustavia laskelmia. Kansainvälinen konsulttiyritys A.T. Kearneyn on yhdessä sähkö- ja elektroniikkavalmistaja ZVEIn ja LightingEuropen julkaissut huhtikuussa 2015 selostuksen, jossa tuetaan käsitystä siitä, että ihmislähtöinen valaistus tuo säästöjä myös terveydenhuollon alueella. Selvityksen mukaan hyötyjä syntyy muun muassa hoitohenkilökunnan virkeydessä ja tuottavuudessa sekä sitä kautta sairauspoissaolojen vähenemisenä. Terveydenhuollossa hyödyttään myös potilaiden nopeammasta vuorokausirytmien normalisoitumisesta. Tutkimuksen mukaan kokonaiskustannuksissa jäädään voitolle, vaikka energiakustannukset kasvavat ihmislähtöisen valaistuksen myötä. Tarvitaan vielä lisää pitkäaikaisia tutkimuksia etuuksien varmistamiseksi. [28.]

Philips on tehnyt yhdessä Maastrichtin kliinisen tutkimuskeskuksen ja Maastrichtin yliopiston kanssa useita erilaisia Heal Well -tutkimuksia muun muassa Alankomaissa ja Belgiassa. Tutkimukset osoittavat, että ihmiskeskeisellä valaistuksella on suoria vaikutuksia ihmisten vireyteen, suorituskykyyn ja keskittymiseen sekä mielialaan ja unen laatuun. Epäsuoria vaikutuksia on havaittu ihmisten immuunijärjestelmissä, fyysisessä palautumisessa sekä haavojen paranemisessa. [29.]

Fagerhult on tutkinut valon suhdetta valppauteen, hyvinvointiin ja suorituskykyyn Ruotsissa yhdessä Lundin yliopiston kanssa. Tutkimuksissa selvitettiin, miten visuaaliset tehtävät, hormonitoiminta ja tunnetilat muuttuvat säädettäessä valaistusta. Laboratoriotutkimukset ja kenttätutkimukset osoittavat, että valo vaikuttaa ihmiseen positiivisesti, vaikka se olisikin tehty keinotekoisesti. Ympäröivänä valona epäsuora valo on parempaa, sillä suora valo voi aiheuttaa häikäisyä, jolloin pupilli supistuu ja valon sisäistäminen vähenee. Kun ympäröivä valo on 100 cd/m^2 , ihminen toimii tehokkaammin ja voi paremmin. [30.]

Fagerhultin ja Ruotsissa sijaitsevan Boråsin yliopiston käynnissä olevassa tutkimuksessa selvitetään, auttaako valaistus tehohoidossa olevat potilaat nopeammin takaisin normaaliin vuorokausirytmiiin. Anestesia tai vahvan lääkkityksen vuoksi potilaan normaali vuorokausirytmii keskeytyy. Epäsuoran valaistuksen avulla autetaan löytämään tasapaino hereillä olon ja unen välillä, värilämpötilan ja valaistusvoimakkuuden avulla. Nelivuotisen tutkimuksen tavoitteena on vähentää lääkkityksen jälkeisiä houretiloja, rajoittaa kipulääkkeiden käyttöä ja lyhentää sairaalassaoloaikoja. Tutkimus julkaistaan kesäkuussa 2016. [31.]

Valaisinvalmistaja Zumtobel varusti Ruotsissa sijaitsevan yliopistollisen Karolinska sairaalan post-operatiivisen osaston ihmislähtöistä valaistusta tukevilla valaistusratkaisuilla. Valaistus on ohjelmoitu muun muassa henkilökunnan vuoronvaihdon ajalle auttamaan tuleva vuoro työn alkuun ja kotiin lähtevä vuoro rentoutumaan. Etenkin yövuoron hoitajat ovat huomanneet valaistuksen vaikutuksen ja tuntevat olonsa virkeämmäksi ja tehokkaammaksi. Projekti on julkaistu vuonna 2012. [6.]

5 Carea-sairaala

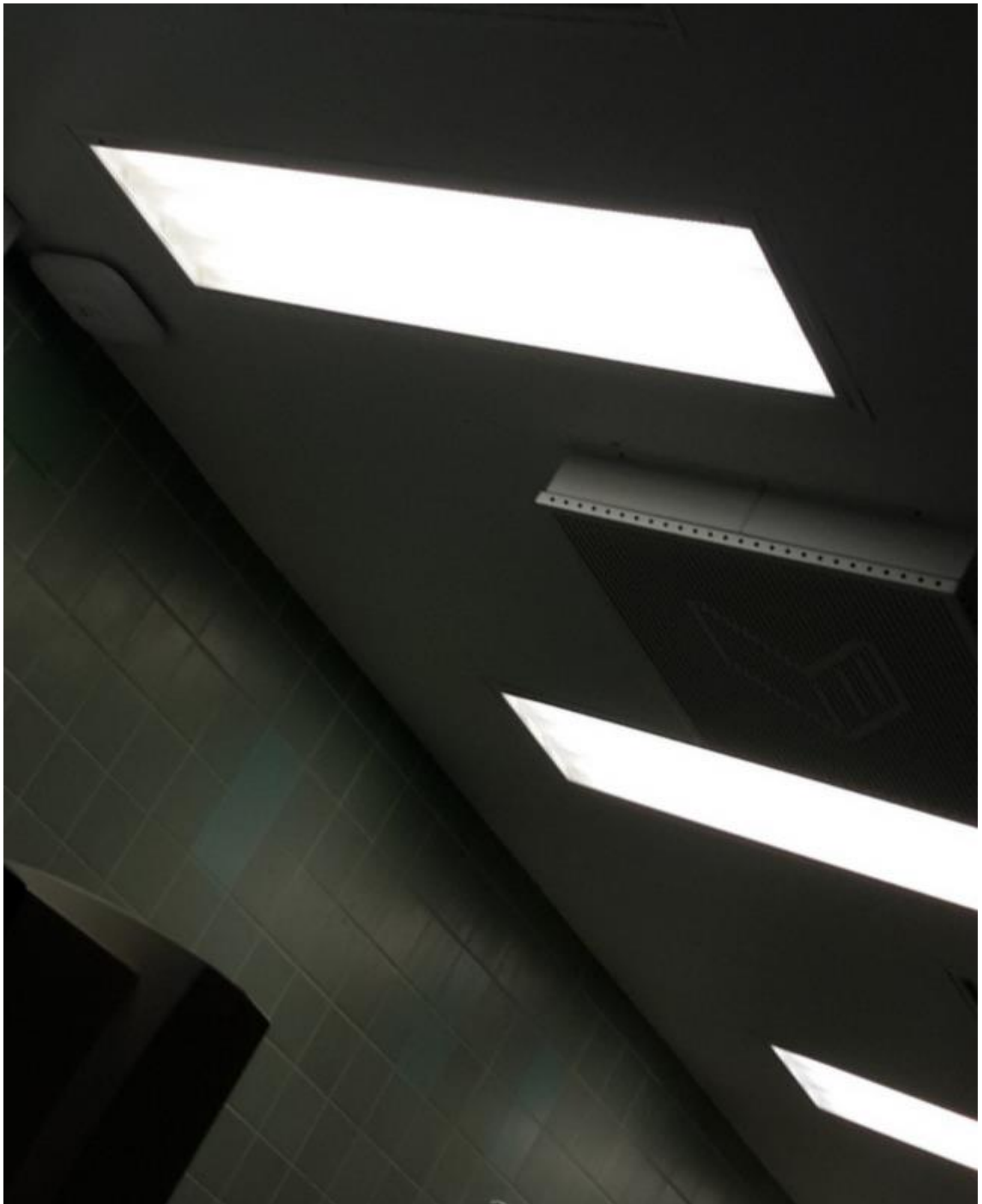
Carea on konserni, joka vastaa julkisten sosiaali- ja terveystalveluiden järjestämisestä oman kuntayhtymänsä alueella. Kymenlaakson sairaanhoito- ja sosiaalitalveluiden kuntayhtymään kuuluu Hamina, Kotka, Kouvola, Miehikkälä, Pyhtää ja Virolahti. Kuntayhtymään kuuluvat sairaalat, sosiaalitalvelujen yksiköt, liikelaitokset ja tytäryhtiöt. [1.] Nykyisen Carea-keskussairaalan yhteyteen ollaan rakentamassa uutta Carea-sairaala, johon siirretään kaikki sairaalan niin sanotut kuumat toiminnot, kuten ensi-apu, intensiivihoidon alue ja leikkaussalit. Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan uusi ydinsairaala ja seuraavissa vaiheissa nykyisen sairaalan tilat peruskorjataan. [2.] Uuden sairaalan suunnittelussa huomioidaan tulevaisuuden sairaalaympäristö. Valoisat ja värikkäät toimintaympäristöt, joissa nykypäivien ongelmakohdat on pyritty ratkaisemaan. Suunnittelussa lähtökohtana on potilaan paraneminen, joka käytännössä tarkoittaa toimivampia, turvallisia ja paremman potilaan hoidon ja potilasvalvonnan sallivia tilaratkaisuja. [31.]

Vanha Kymenlaakson keskussairaala on rakennettu 1960-luvun lopulla ja sairaalan laajennus on rakennettu 1990-luvun alussa. Sairaala on peruskorjattu vaiheittain eri vuosikymmenten saatossa. Uuden Carea-sairaalan Sähkö-, tele- ja turvatekniikan hanke-

suunnitelman [2] mukaan uusien ratkaisujen kuuluu olla tehokkaita ja niillä tulee olla helpposti ylläpidettävä huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Valaistus vie suuren osan energiankustannuksista, joten tehokkaat ja huoltovapaat LED-valaistusratkaisut ovat erinomainen vaihtoehto pääasiallinen valonlähteen valinnaksi. Hankesuunnitelman mukaan uusi valaistus liitetään osaksi ilmanvaihtojärjestelmää kokonaisenergiesäästöjen kasvattamiseksi.

5.1 Nykyiset ja suunniteltavat valonlähteet

Lähes kaikki nykyisen sairaalan tilat on valaistu loisteputkilampuilla, koska suurin osa vanhan sairaalan valaistusratkaisuista on edelleen alkuperäisen valaistussuunnitelman mukainen. Leikkaussalit ja tehohoito kuuluvat tällä hetkellä nykyisen laajennuksen alueelle eli ne on rakennettu 1990-luvun alussa. Leikkaussalit ovat kooltaan 25 m² ja niissä on käytössä standardien vaatimat puhdistalavalaisimet. Kaikissa leikkaussaleissa on kymmenen loisteputkivalaisinta kahdessa rivissä. Valaisimissa on kolme 58 W:n T8-loisteputkea, valaisimet nähdään kuvassa 3. Leikkaussalien käyttäjät kokevat nykyisen yleisvalaistustason liian hämäräksi. Nykyiset valaisimet eivät ole tarpeeksi hyvät tarkkaan työhön ja siivoukseen leikkausten välillä. Käyttäjät myös korostavat valaistuksen säädön tärkeyttä ja valaisimien helppoa puhdistettavuutta.



Kuva 3. Nykyisen sairaalan leikkaussalin valaisimet.

Valaisimien helppoa puhdistettavuutta toivotaan myös muualle leikkausosastolla, kuten käytävillä ja heräämöhön. Kuvassa 4 on nykyisen keskussairaalan loisteputkivalaisin heräämöstä. Käyttäjät kokevat valaisimen huolellisen puhdistuksen haasteellisenä. Puhdistilavalaisimet tulisi sijoittaa myös leikkausosaston steriilivarastoon, jossa kootaan instrumenttipöytiä valmiiksi kiireisiä päiviä varten.



Kuva 4. Nykyisen sairaalan heräämön loisteputkivalaisin.

Loistelampun valontuotto perustuu elektronien sähköpurkaukseen, joten lamppuja käytetään yhdessä virranrajoittimen kanssa. Virtaa voidaan rajoittaa magneettisilla kuristimilla ja sytyttimillä tai elektronisilla liitälaitteilla. Loistelamput tarvitsevat virranrajoittimen eli liitälaitteen toimiakseen. Elektroniset liitälaitteet pidentävät lamppujen elinikää. Liitälaitte myös sytyttää lampun heti, vähentää lampun vilkkumista ja sammuttaa vanhentuneet lamput. Loistelampun väriämpötiloja on saatavana 2 700 K – 6 500 K välillä. Loisteputkivalaistusta voidaan myös ohjata useilla eri tavoilla kuten painikeohjauksen, 1-10 V ohjaimen, DALI-järjestelmän tai muiden väyläpohjaisten ohjausjärjestelmien avulla. [10.]

Loistelamppuvalaisimet ovat investointikustannuksiltaan halvempia kuin LED-valaisimet, mutta loistevalaisimien energia- ja huoltokustannukset ovat korkeat. LED-valaisimien energiakustannukset jäävät alhaisemmiksi kuin loistevalaisimien, koska LED on energiatehokkaampi ja vaatii pienemmän tehon. LED-lamput omaavat pitkän eliniän, noin 50 000 tuntia kun taas loistelamppujen elinikä on keskimäärin 15 000 – 25 000 tuntia. Nykyään loistelamppuja on hyvinkin pitkäikäisiä, jopa 70 000 tuntia, mutta ne ovat kustannuksiltaan reilusti kalliimpia. Lamppujen käyttö on perusteltua hankalasti huollettavissa olosuhteissa tai valaistusratkaisuissa. LED-lamppuja ei tarvitse vaihtaa, vaan koko valaisin vaihdetaan kun valonlähde on kulunut loppuun. LED-valaisimen valaistustaso pysyy sen samana koko sen eliniän ajan, kun taas loistelamppu himmenee vanhetessaan ja lopulta sammuu kokonaan. [10.]

5.2 Puhdastilat

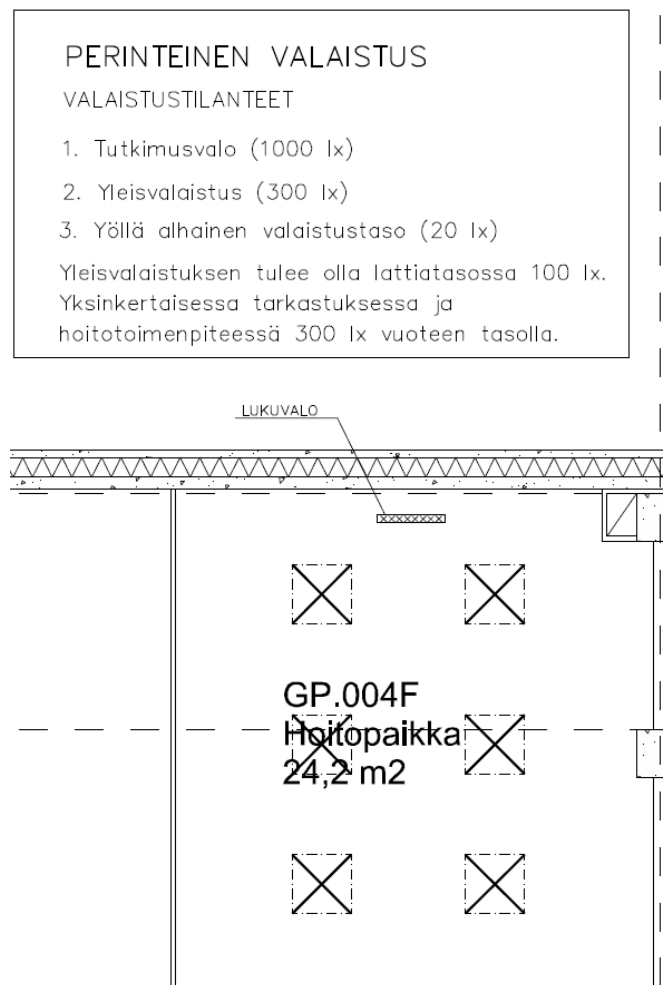
Uuden Carea-sairaalan puhdastiloja ovat leikkaussalit, eristyshuoneet, laboratoriot, sairaala-apteekit, patologia ja välinehuolto. Kaikissa puhdastiloiksi luokitelluissa tiloissa tehtävä työ on tärkeää ja visuaalisesti haastavaa. Tämän vuoksi valaistukselle on suuremmat vaatimukset. Valoa pitää olla riittävästi eli valaistusvoimakkuuden tulee olla korkea ja häikäisyä ja varjojen muodostumista tulee välttää, jolloin valaisimet tulee varustaa sopivilla optiikoilla. Puhdastiloissa epäpuhtauksien hallitseminen oikeiden valaisinmateriaalien avulla on yksi tärkeimmistä asioista tiloja suunniteltaessa. [21; 31.]

Kaikki uuteen Carea-sairaalaan suunniteltavat leikkaussalit ovat kooltaan noin 60 m². Leikkaussalin kattokeskukset asetetaan todennäköisesti L -muodostelmaan, jolloin kaksi kattokeskusta palvelee koko leikkausaluetta, mikä mahdollistaa potilaspyödyän asetteluun muutokset eri leikkausten vaatimalla tavalla. Keskukset potilasmonitoreille ja tutkimusvaloille todennäköisesti sijoitetaan vastakkaisille puolille huonetta, huoneen keskikohtaan. Kattokeskusten ja monitoreiden, sekä muiden lääkintälaitteiden asettelut vaikuttavat suuresti leikkaussalin kattovalaisimien kokoon ja asetteluun. Energiatehokkaat valaisin- ja valaistusratkaisut tuovat tilaa leikkaussalin muille laitteille. [2; 31.]

5.3 Intensiivihoidon alue

Intensiivihoidon alueelle sijoittuu potilaiden tehovalvonta ja tehohoito toiminnot. Potilaat ovat intensiivihoidon alueella, kun he ovat vakavasti sairaita tai loukkaantuneita ja tarvitsevat tehokasta ja yksilöllistä hoitoa. Potilaan elintoimintoja valvotaan sähkökäyttöisillä lääkintälaitteilla. Erikoissairaanhoidossa hoitajakson pituus tulee olemaan keskimäärin noin kolme vuorokautta. Intensiivihoidon alueella potilaan olisi tarkoitus olla alle kaksi vuorokautta ja siirtyä siitä eteenpäin esimerkiksi vuodeosastolle. Intensiivihoidon alueelle tulee tehovalvontapaikkoja sekä tehohoito- ja eristyshuoneita. Alueelle tulee kahdeksan tavallista tehohoitohuonetta ja 18 valvontapaikkaa, joista neljässä on oma suihku. Alueelle tulee myös yksi ilmaeristys huone sekä kaksi muuta eristys huonetta. Nämä kolme huonetta luokitellaan puhdastiloiksi. Tehohoidossa joka toiselle paikalle tulee dialyysivaraus, joka asetetaan seinälle, eikä siten tule huomioitavaksi valaistussuunnitteluun. Jokaiseen huoneeseen tulee omat kattokeskukset potilaan ja hoitajan laitteille. [2; 31.]

Sisätilojen työkohteiden valaistusstandardin [5.] mukaan intensiivihoidon alueella yleisvalaistuksen tulee olla lattian tasolla 100 lx. Yksinkertaisessa tarkastuksessa valaistusvoimakkuuden tulee olla vuoteen tasolla 300 lx ja tutkimus- ja hoitotoimenpiteessä valaistusvoimakkuuden tulee olla 1000 lx. Yövalvonnan aikana valaistusvoimakkuuden tulee olla 20 lx, jolloin mahdollistetaan potilaan tarkkailu yöaikaan ilman häiritsevää valaistusta. UGR arvo tulisi olla 19, valaistusvoimakkuuden tasaisuus 0,6 ja Ra-indeksi 90. Kuvassa 5 on esimerkki perinteisestä valaistusratkaisusta potilaspaikalle tehohoidon alueella.



Kuva 5. Esimerkki tehohoituhuoneen valaistussuunnittelusta.

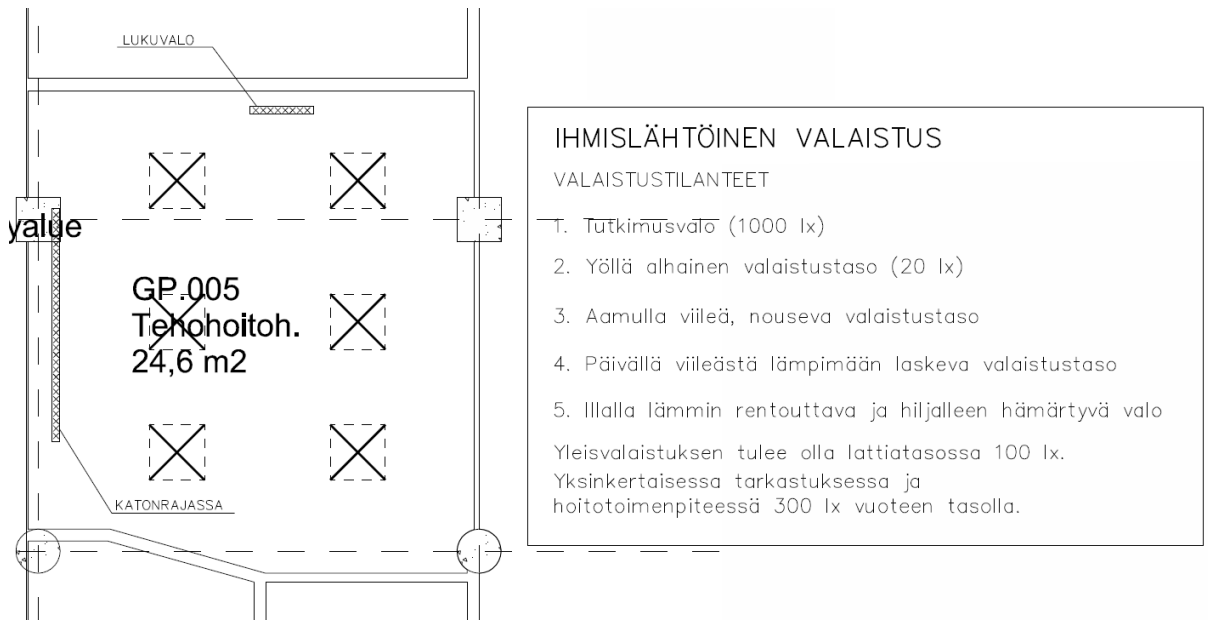
Intensiivihoidon alueelle on suunniteltu mahdollisimman paljon lasipintoja, jotka mahdollistavat potilaiden jatkuvan tarkkailun. Ovet suunnitellaan todennäköisesti lasista ja myös väliseiniin on suunniteltu käytettäväksi lasipintoja, potilaan yksityisyys huomioiden. Tällöin yksi hoitaja voi tarkkailla potilasta, vaikka olisikin viereisen potilaan huoneessa tai

kulkee käytävällä huoneen ohitse. Intensiivihoidon tavalliset tehohoito huoneet ja teho-
hoitopaikat eivät ole luokituksestaan puhdistiloja. Valaisimien on kuitenkin oltava hel-
posti puhdistettavia, jolloin helpotetaan ja nopeutetaan henkilökunnan työtä, eikä häiritä
potilaita tai viivytetä potilasvaihtoa. [31.]

5.4 Intensiivihoidon alueen puhdistilat

Uuden Carea-sairaalan intensiivihoidon alueelle tulee kolme eristys huonetta. Eristyspo-
tilasta hoidettaessa huoneisiin kuljetaan sulun kautta ja poistutaan WC:n ja huuhteluho-
neen kautta. Eristys huoneiden avulla pyritään estämään tartunnan leviäminen joko si-
sään huoneeseen, jos potilaalla on liian vähäinen vastustuskyky, tai ulos huoneesta, jolloin
koko muu osasto suojataan tartunnalta. [31.]

Yksi huoneista on ilmaeristys huone ja kaksi muuta huonetta ovat sellaisia, joihin voidaan
kulkea sisään sairaalan ulkopuolelta. Siirrettäessä potilas huoneeseen ulkokautta välty-
tään kuljettamasta potilas sairaalan sisällä, esimerkiksi herkästi ilmasta tarttuvan sairau-
den varalta. Vaikka nämä kolme huonetta on luokiteltu eristys huoneiksi, niitä voidaan
käyttää myös normaalien tehohoito huoneiden tai tehovalvontapaikkojen tapaan. Eristys-
huoneet olisi hyvä suunnitella ihmislähtöistä valaistusta hyödyntäen, muun muassa siitä
syystä, että kaikissa näistä huoneista ei ole ikkunaa ulospäin. Valaistuksen avulla luo-
daan huoneeseen viihtyvyyttä, vaikka ikkunaa ei olisikaan. Kuvassa 6 on esimerkki ih-
mislähtöisestä valaistuksesta tehohoidon alueella. [31.]



Kuva 6. Esimerkki intensiivihoidon puhdistilan valaistussuunnittelusta ihmislähtöistä valaistusta hyödyntäen.

Ihmislähtöisen valaistuksen avulla huomioidaan luonnonvalon muutokset valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan säädön avulla ja pyritään vaikuttamaan positiivisesti potilaan nopeampaan parantumiseen ja normaalin vuorokausirytmien palautumiseen.

6 Yhteenveto

Insinööriyön aihe lähti uuden Carea-sairaalan suuren valaistussuunnittelumassan helpottamisesta ja omasta mielenkiinnostani sairaalan sähköistystä ja valaistusta kohtaan. Insinööriyössä selvitettiin puhdistilan valaistussuunnittelun vaatimuksia ja ihmislähtöisen valaistuksen perusteita sairaalassa. Puhdistilan valaistussuunnittelu pitää erottaa normaalista valaistussuunnittelusta tilojen puhtauteen ja aseptiikkaan liittyvien vaatimusten vuoksi. Tiloissa tehtävät työt ja toimenpiteet ovat visuaalisesti haasteellisia ja yleisen turvallisuuden vuoksi merkittäviä. Ihmislähtöinen valaistus on käsitteenä suhteellisen uusi asia. Valon vaikutusta ihmiseen ja vuorokausirytmiiin on ehditty tutkia melko vähän tähän mennessä. Uusi tutkimuksia tehdään koko ajan lisää ja siten myös uutta tietoa kerääntyy vähitellen. Tästä syystä lähteiden hankinta oli haasteellista. Lähteitä ja tutkimuksia löytyi lähinnä valaisinvalmistajien tai oppilaitoksen luentojen kautta.

Sairaaloihin suunnatuissa tutkimuksissa oli asetettu tavoitteita potilaiden hyvinvoinnille ja fyysisen paranemisen nopeutumiselle. Vaikka valaistuksella pyritään pääsääntöisesti

ihmisten hyvinvoinnin lisäämiseen, löydetään sitä kautta myös menetelmiä säästöjen tekemiseen. Tämän hetkisessä Suomen taloudellisessa sekä poliittisessa tilanteessa tehostetaan toimintoja säästöjen saamiseksi. Fagerhultin teho-osaston tutkimusten tultua kesäkuussa 2016 voidaan mahdollisesti arvioida, miten ihmislähtöinen valaistus vaikuttaa potilaan hoitojakson pituuteen. Jos esimerkiksi potilaan hoitojakso lyhenee vuorokaudella, voidaan laskea, miten se tuottaa säästöjä vuositasolla ja tuleeko ihmislähtöiseen valaistukseen sijoittaminen tätä kautta kannattavaksi. Laskelman teko tässä kohtaa olisi vain pohdinta, koska sille ei ole vielä tällä hetkellä riittävää tieteellistä pohjaa tutkimuksien perusteella. Tulevaisuuden sairaalaympäristössä kaikki terveydenhuollon ja sairaanhoidon toiminnot pyritään keskittämään yhteen paikkaan synergiaedun aikaansaamiseksi, jolloin säästetään aikaa ja rahaa sekä tuetaan kaikkia sairaalaympäristön muita osa-alueita.

Carean käyttöön tehtyihin valaisimien kustannuslaskelmiin on laskettu investointikustannuksia ja käyttökustannuksia. Energiankulutus laskettiin kokonaistehon ja vuotuisen käyttöajan tulona. Sähköenergian hinnaksi oletettiin 0,1 €/kWh, sillä sähkönhinta todennäköisesti tulevaisuudessa nousee, mutta samalla rahan arvo todennäköisesti laskee. Vuosittainen energiakustannus laskettiin energiankulutuksen ja sähköenergian hinnan tulona. Tilojen huonekohtainen energiakustannus laskenta-ajalta saatiin vuosittaisen energiakustannuksen ja laskenta-ajan tulona. Valonlähteiden eliniäksi arvioitiin LED-lampuille 55 000 tuntia ja loisteputkilampulle 25 000 tuntia. Valonlähteen vaihtoväli saatiin jakamalla valonlähteen elinikä vuosittaisella käyttöajalla. Valaisimien kokonaiskustannukset saatiin valaisimien investointihinnan, energiakustannuksen sekä valonlähde- ja huoltokustannusten summana.

Uusien leikkaussalien valaisimien määrää ja asettelua laskettiin ja suunniteltiin yhdessä kustannuslaskelmissa tutkittujen valaisimien valmistajien edustajien kanssa. Leikkaussalivalaisimia löytyy eri valaisinvalmistajilta lähes samanlaisia vaihtoehtoja, joten niiden keskinäinen vertailu oli suhteellisen helppoa. Valaisimia tuli leikkaussaleihin asettelusta, tehosta ja ulos tulevasta valon määrästä riippuen 10 – 12 kappaletta. LED-valaistusratkaisussa kymmenellä valaisimella saatiin hyvät valaistustasot, kun yksittäisen valaisimen teho oli noin 90 W ja ulos saatava valon määrä noin 10 000 lm. Riittävän valaistusvoimakkuuden takaamiseksi valaisimien määrää pitää lisätä, kun yhden valaisimen teho pudotetaan noin 60 W:n, valaisimesta ulos saatava valon määrä putoaa noin 6 000 lm tasolle. Kaikissa loisteputkivalaistusratkaisussa käytettiin kahta 54 W:n T5 loistelamp-

pua. Yksi valaisin antoi ulos noin 7 000 lm. Leikkaussaleihin lasketut kokonaiskustannukset tehtiin valaisinvalmistajien edustajien antamien investointikustannusten mukaisesti. Kaikissa lasketuissa ratkaisuissa LED-valaistus valaisi paremmin pystypintaa ja seiniä kuin loistelampuilla toteutettu valaistus.

Suuritehoisempi LED-valaisin vei enemmän energiaa kuin pienempi tehoinen, jolloin myös käyttökustannukset kokonaisuudessaan nousivat. Valaisinmäärän ero on kuitenkin merkitsevässä asemassa, sillä kokonaiskustannus 15 vuoden käyttöajalta tuli samansuuruiseksi käytetyillä valaisinmäärillä. Loisteputkivalaisimien investointikustannukset ovat yli puolet pienemmät kuin LED-valaisimien. Loisteputkivalaisimien käyttökustannukset tulevat kuitenkin suuriksi 15 vuoden käyttöajalla, jolloin päädytään lähes samaan kustannukseen molemmilla valonlähteillä. LED-valaisimen korkeampi investointikustannus maksaa itsensä takaisin pienempinä käyttökustannuksina, koska valaistus on energiatehokkaampi.

Intensiivihoidon tehohoitoapaikan valaistusratkaisun kustannukset laskettiin perinteisen LED-valaistuksen ja ihmislähtöisen valaistuksen perusteella. Puhdastilan kustannuslaskelmassa huomioitiin vain LED-valaistus puhdastilavalaisimilla. Ihmislähtöisen valaistuksen kustannus laskettiin tehohoitoapaikoille, koska puhdastilaan soveltuvia valaistusratkaisuja on tarjolla hyvin vähän. Ihmislähtöinen valaistus kuitenkin sopii intensiivihoidossa paremmin puhdastilaan kuin tehohoitoapaikalle, koska puhdastilassa potilas viettää pidemmän ajan, eikä todennäköisesti pääse poistumaan huoneesta. Tehohoitoapaikalle tehtyjen DIALux- ja kustannuslaskelmien avulla saatiin perusta sille, kuinka paljon ihmislähtöinen valaistus tulisi maksamaan, jos valaistus suunniteltaisiin normaalille hoitosastolle, jossa potilaat viettävät pidemmän ajan. Keskussairaالاتasoisesta sairaalasta tällaisia osastoja saattaa kuitenkin tulevaisuudessa löytyä hyvin vähän.

Suoraan ihmislähtöisistä valaistusta tukevia valaisimia ei ole puhdastiloihin aiemmin tehty. Valaisinvalmistajat ovat kuitenkin kiinnostuneita haasteista ja edustajat ovatkin kyselleet tuotekehityksestään uusia mahdollisuuksia. Puhdastilaan suunnattu valaisin on itsessään jo kalliimpi kuin normaali sairaalaan suunnattu valaisin. Kun siihen päälle vielä lisätään valon värilämpötilan säätöön liittyvää tekniikkaa, hinta nousee korkeaksi. Tällöin järkeväksi ratkaisuksi, niin kustannusten kuin potilaiden hyvinvoinnin myötä, tulee suunnitella puhdastilan valaistus puhdastilaan soveltuvilla perinteisillä LED-valaisimilla ja tuoda ihmislähtöisen valaistuksen muotoja esiin muiden rakenteellisten ratkaisuiden

avulla. Esimerkiksi viemällä valaisin seinälle katonrajaan ja suojaamalla se rakenteellisesti. Pelkän LED-nauhan hyödyntämistä näissä tiloissa voidaan myös miettiä, sillä LED-nauhoja löytyy myös IP65 luokkaan.

Perinteisessä LED-valaistusratkaisussa tehohoitoaikan valaistus koostui kuudesta tai kahdeksasta kattovalaisimesta ja lukuvalosta. Ihmislähtöistä valaistusratkaisut tehohoitopaikalla koostuivat kuudesta tai seitsemästä kattovalaisimesta ja lukuvalosta. Ihmislähtöisessä valaistuksessa valaisimiin asennettu tekniikka on kalliimpaa kuin perinteisessä valaistuksessa. Pienin kokonaiskustannusero 20 hoituhuoneelta ihmislähtöisen ja perinteisen valaistuksen välillä oli kustannuslaskelmien mukaan noin 25 000 € ja suurin ero 148 000 €. Intensiivihoidon puhdastilan valaistusratkaisussa valaisimia sijoitettiin yhteen huoneeseen 6 - 9 kappaletta.

Insinööriyössä saatiin perustietopaketti puhdastilasta ja sen vaatimuksista sekä ihmislähtöisen valaistuksen perusteista sairaalassa. Perusteet auttoivat valaistusratkaisujen tekemisessä ja valaisimien valinnassa. Insinööriyössä tutkittiin eri valaisinvalmistajien valaisimia ja niiden kustannuksia. Valaisimien perusteella tehtiin valaistussuunnitelmia ja niiden sekä kustannusarvioiden perusteella pohdittiin tilakohtaisesti parasta mahdollista valaistusratkaisua. Valaistusratkaisuja pohdittiin puhdastiloihin ja intensiivihoidon alueen tiloihin. Carea-sairaalan päättäjät olivat positiivisia kuulemaan ihmislähtöisen valaistuksen merkityksestä intensiivihoidon puhdastiloihin, eli erityshuoneisiin, joissa potilaat viettävät pidempiä hoitajaksoja. Alueille tehtyjä ihmislähtöisen valaistuksen suunnitelmia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää myös tavallisille osastoille, jos se todetaan hyödylliseksi. Insinööriyön jatkotutkimuksen voi tehdä myös esimerkiksi siitä, miten ihmislähtöinen valaistus vaikuttaa hoitotyöhön ja jatkotyönä voidaan esimerkiksi toteuttaa mallitiloihin joku suunnitelluista valaisinratkaisuista.

Insinööriyön tekeminen opetti uusien kontaktien muodostamista sekä yhteistyötahojen avun ja ohjeistuksen merkitystä tällaisen prosessin aikana. Valaisinvalmistajien edustajat neuvoivat ja opettivat mielellään opinnäytetyön teossa. Opin myös käyttämään DIALux-ohjelmaa tehokkaammin ja tekemään sen avulla valaistuslaskelmia. Olisin halunnut päästä tekemään valaistussuunnitelmaa tarkemmin myös leikkaussaliin. Leikkaussalin kiinteät sairaalalaitesuunnitelmat ovat kuitenkin vielä alkutekijöissään, joten valaistussuunnitelman teko ei ollut tässä kohtaa kannattavaa.

Lähteet

- 1 Carea. <<http://www.carea.fi/fi/Tietoa%20Careasta/Kymenlaakson%20sairaanhoito-%20ja%20sosiaalipalvelujen%20kuntayhtym%C3%A4/>>. Luettu 16.12.2015.
- 2 Puhakka, Seppo. 2015. *Sähkö-, tele- ja turvatekniikan hankesuunnitelma*. Carea-sairaala. Kotka: Sähkökuva Oy.
- 3 *Lighting Handbook*. Chapter 16. Health Care Facility Lighting. Ninth edition. Illuminating engineering society of North America. s.1-15.
- 4 Evicures-hanke. 2015. Verkkodokumentti. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. <http://www.epshp.fi/evicures_-hanke/tietoa_hankkeesta/ebd>. Luettu 19.10.2015.
- 5 *SFS-EN 14644-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus*. Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 6 *Light for Health and Care*. Verkkodokumentti. Zumtobel. <https://www.zumtobel.com/PDB/teaser/en/AWB_Health_Care.pdf> Luettu 20.1.2016.
- 7 *Quantified benefits of Human Centric Lighting*. 2012. A.T. Kearney. <http://www.lightingeurope.org/uploads/files/Quantified_Benefits_of_Human_Centric_Lighting_April_2015.pdf> Luettu 18.1.2016.
- 8 *SFS 6000-7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat*. SFS-KÄSIKIRJA 600-1. Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 9 Sand, Olav ym. 2012. *Ihminen. Fysiologia ja anatomia*. Helsinki: Sanoma Pro Oy. s. 166-178; 202-205; 212-213.
- 10 Kallasjoki, Tapio. 2013 - 2015. Lehtori. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Helsinki. Luentomateriaalit.
- 11 *Impact of Light on Human Beings*. light.wissen 19. Saksa: licht.de.
- 12 *SFS-EN ISO 14644-1:2000. Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 1: Puhtausluokitus*. Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 13 Tuomi, Heidi, 2012. *Puhdastilakoulutus*. Verkkodokumentti. <<http://www.sli-deshare.net/HeidiTuomi/puhdastilatekniikan-perusteet>>. Luettu 21.11.2015.
- 14 Anttila, Kyllikki ym. 2008. *Hoitamalla hyvää oloa*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit. s. 89-117.

- 15 Koskinen, Veli, *Leikkaussalin ilmanvaihdon tutkiminen*. 2013. Mikkelin Ammatti-korkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/68196/Veli_Koskinen.pdf?sequence=1>. Luettu 20.10.2015.
- 16 Säteri, Jorma. *Sisäilmastoluokitus 2008 – tarpeenmukainen sisäilmasto*. Verkkodokumentti. <<http://www.swegonairacademy.com/wp-content/uploads/2012/04/Sateri-Tampere-2008>>. Luettu 19.10.2015.
- 17 *Simpleseal lighting for cleanroom and containment areas*. 2011. Verkkodokumentti. Kenall Manufacturing. <http://www.kenall.com/Kenall-Files/Product-Files/Literature/Kenall_Sealed_Enclosure_PSG.pdf>. Luettu 8.10.2015.
- 18 Prieur, Virpi. 2014. *Aseptiikka leikkaussaliympäristössä*. Luentomateriaali.
- 19 *SFS-EN 60529 Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi)*. SFS-KÄSIKIRJA 600-1. Suomen Standardoimisliitto SFS. s.335-378.
- 20 *IEC 60598-1. Luminaires – Part 1: General requirements and tests*.
- 21 *Healthcare Lighting Series White Paper: #HC010. The Science Behind Properly Lighting an Operating Room*. 2015. Verkkodokumentti. Kenall Manufacturing. <http://www.kenall.com/Kenall-Files/HTML-Images/PDFs/HCseries_TheScience-BehindProperlyLightingAnOR.pdf>. Luettu 8.10.2015.
- 22 Hovinmaa, Kari. 2015. Key Account Manager, Health & Care. Fagerhult, Helsinki. Tutustumiskäynti 7.12.2015.
- 23 Rautkylä, Emilia. 2015. Valaistussuunnittelu. Philips, Vantaa. Tutustumiskäynti 13.1.2016. *Dynaaminen valaistus*. Luentomateriaali.
- 24 Kari, Simo. 2015. Tuoteryhmäpäällikkö, terveydenhuolto. Glamox Luxo Lighting Oy, Vantaa. Tutustumiskäynnit 7.12.2015 ja 13.1.2016.
- 25 *Healthcare Lighting Series Whitepaper: #HC020. HAI Prevention: The Dynamics of Patient Room Lighting*. 2015. Verkkodokumentti. Kenall Manufacturing. <http://www.kenall.com/Kenall-Files/HTML-Images/PDFs/HCseries_Dynamic-sofPatientRoomLighting.pdf>. Luettu 8.10.2015.
- 26 *Healwell – A new lighting solution for patient rooms*. Joulukuu 2011. Verkkodokumentti. PHILIPS. <http://www.lighting.philips.com/b-dam/b2b-li/en_AA/systems/healwell/healwell-brochure-int.pdf>. Luettu 16.11.2015.
- 27 *Lighting for health and well-being in education, work places, nursing homes, domestic applications, and smart cities*. 2014. Verkkodokumentti. Lighting for people. <<http://lightingforpeople.eu/wp-content/uploads/2014/02/SSLerate-3.2-3.4-v4.pdf>>. Luettu 8.12.2015.

- 28 *At the heart of patient care.* 2004-2016. Verkkodokumentti. PHILIPS. <<http://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/healthcare/german-heart-institute.html>>. Luettu 16.11.2015.
- 29 *Can good lighting compensate for low daylight levels?* 2015. Verkkodokumentti. FAGERHULT. <<http://www.fagerhult.com/Support-center/Light-and-health/Research/Light-gives-health-in-healthcare/Can-good-lighting-compensate-for-low-daylight-levels/>>. Luettu 20.11.2015.
- 30 *Can the right lighting shorten hospitalisation?* 2015. Verkkodokumentti. FAGERHULT. <<http://www.fagerhult.com/Support-center/Light-and-health/Research/Light-gives-health-in-healthcare/Can-the-right-lighting-shorten-hospitalisation/>>. Luettu 20.11.2015.
- 31 Rantamäki, Pia. 2015. Projektikoordinaattori. Carea-sairaala hanke, Kotka. Projektipalaveri 16.12.2015.
- 32 *Health and care.* 2014. Verkkosivusto. Fagerhult. <http://www.fagerhult.com/fi/Sovellukset/Health--Care/>. Luettu 10.12.2015.
- 33 *Terveysthuolto.* 2015. Verkkosivusto. Glamox Luxo Lighting Oy. <<http://glamox.com/fi/solutions?c=72>> Luettu 10.12.2015.
- 34 Vuorela, Harri. 2015. Area Sales Manager. Glamox Luxo Lighting Oy, Vantaa. Tutustumiskäynnit 7.12.2015 ja 13.1.2016.
- 35 *Terveysthuollon valaistus.* 2015. Verkkosivusto. Philips. <<http://www.lighting.philips.fi/ratkaisut/jarjestelmaalueet/toimistot-ja-teollisuus/terveydenhuolto>> Luettu 10.12.2015.
- 36 Jenkins, Daniel. 2016. Myyntijohtaja. Philips, vantaa. Sähköpostikeskustelut joulukuun 2015 - tammikuun 2016.