

Thuong Lê

Energiantehokkaiden valaistusohjausratkaisujen suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK) -tutkinto

Rakentamisen koulutusohjelma

Opinnäytetyö

15.5.2013

Tekijä(t) Otsikko	Thuong Lê Energiantehokkaiden valaistusohtausratkaisujen suunnittelu
Sivumäärä Aika	62 sivua + 11 liitettä 15.5.2013
Tutkinto	Insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	talotekniikka
Ohjaaja(t)	valaistussuunnittelun ryhmänvetäjä Sanna Forsman yliopettaja Torsti Viilo
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Granlund Oy:lle. Työssä tutkittiin erilaisia valaistusohtausratkaisuja eri tyyppitiloissa ja eri rakennustyypeissä. Suurin osa tutkimuskohteista oli EU:n Save Energy -projektin rahoittamia hankkeita. Työssä käytiin eri kohteissa tutkimassa, kuinka valaistuksen ohjausjärjestelmillä ja säätömahdollisuuksilla voidaan vaikuttaa sähkön energiankulutukseen. Samalla kysyttiin käyttäjien kokemuksia.</p> <p>Ensimmäinen tutkimuskohde oli Helsingin pilotti-koulurakennukset, joissa tutkittiin valaistusohtausratkaisuja eri luokkatiloissa ja eri kouluissa. Työssä selvitettiin ohjauslaitteiden helppokäyttöisyyttä ja sitä, miten käyttäjät ovat hyödyntäneet luonnonvaloa. Tutkimuksessa hyödynnettiin Olkkosen ja Rasinmäen opinnäytetyön [16] laskettuja vuotuisia energiankulutustuloksia. Näitä tuloksia verrattiin Save Energy -projektin verkkosivulla ilmoitettuihin mitattuihin luokkakohtaisiin energiankulutusarvoihin. Vertailun perusteella voitiin todeta, että todellisuudessa energiakulutus on 45 % vähemmän kuin laskelmassa.</p> <p>Toisessa kohteessa tutkittiin valtiovarainministeriön uuden toimistotilan erilaisia ohjaustapoja ja valaistusratkaisuja sisätiloissa. Samalla selvitettiin, kuinka luonnonvaloa voidaan hyödyntää rakennuksessa ja kuinka helppokäyttöisiä valaistusratkaisut ovat. Standardin EN 15193 mukaisen pikalaskentamenetelmän (LENI-luku) avulla arvioiden toimistorakennuksen peruskorjaus säästäisi valaistusenergian käyttöä noin 45 %. Tutkitussa tilassa on monenlaisia ohjaustapoja, mutta pääsääntöisesti on lähdetty liikkeelle päivänvalon maksimaalisesta hyödyntämisestä.</p> <p>Kolmannessa kohteessa tutkittiin terveydenhoitoalan HosPilot-osaston valaistusohtausratkaisusta koituneita energiansäästöjä. Selvitetiin, missä tiloissa oli mahdollista saavuttaa tehokkaasti energiansäästöjä ja miten ohjauslaitteita on käytetty eri osastoilla. Samalla arvioitiin, miten luonnonvalo vaikuttaa käyttäjiin ja kuinka eri käyttäjät ovat hyödyntäneet luonnonvaloa. Tutkimustulosten perusteella laadittiin suunnitteluohjeita Granlund Oy:n nuorille suunnittelijoille.</p>	
Avainsanat	energiansäästö, energiankulutus, valaistusohtausratkaisu, luonnonvalo, LENI-luku, käyttökokemus

Author(s) Title	Thuong Le Design of energy efficiency in lighting
Number of Pages Date	62 pages + 11 appendices 15 May 2013
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructor(s)	Sanna Forsman, Team leader Torsti Viilo, Principal Lecturer
<p>This final year project examined a variety of solutions for lighting control for different areas and different types of buildings. Most of them were funded by the EU Save Energy project. The project included visits to various places to examine how lighting control systems and adjustment options can affect the electrical energy consumption. At the same time, users were asked about usage experiences.</p> <p>The first buildings in the research were some experimental school buildings where solutions for lighting controls in different classrooms in different schools were studied. The factors studied were, on one hand the level of user-friendliness of the control devices, and on the other hand, how consumers had taken advantage of the natural light. It was shown that the actual energy consumption was 45% less than estimated on the basis of an earlier study.</p> <p>The second building was the new office of the Ministry of Finance where various lighting controls and solutions were examined. At the same time it was examined how natural light can be used in the building and how user-friendly the various solutions are. According to calculations made on the basis of the Standard EN 15193, the energy saving of the office building after a renovation would be about 45%.</p> <p>The third building was a health care facility where the energy savings achieved with the lighting control solutions were examined. The rooms with most potential to reach energy savings effectively on Furthermore, the use of control devices in various departments was followed. Additionally, estimates had utilized how natural light affects the users, and how different consumers had utilized natural light were looked into. A design guideline for young designers was formulated based on the results.</p>	
Keywords	energy savings, energy consumption, lighting control solution, daylight, LENI, usage experience

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Valaistus	3
2.1	Valotehokkuuden kehitys eri valolähteillä	3
2.2	Valaistussuunnittelu	4
2.3	Valaistustapa ja valaisinsijoittelu	7
2.3.1	Energiantehokas toimistovalistus	8
2.3.2	Energiantehokas kouluvalistus	10
2.3.3	Energiantehokas terveydenhoitovalistus	13
2.4	Valaistuksen ohjaus ja säätö	17
2.4.1	Päivänvalo-ohjaus	17
2.4.2	Läsnäolo-ohjaus	18
2.4.3	Liiketunnistinohjaus	19
2.4.4	Aikaohjaus	20
2.5	Valaistuksen energiankulutuslaskentatapoja	20
2.5.1	E-luvun laskenta	20
2.5.2	LENI-luvun laskenta	21
2.5.3	Dynaamiset simuloinnit	22
3	Valaistuksen tarkastelu tyyppitiloittain	24
3.1	Toimistorakennus	24
3.1.1	Toimistohuoneet, vetäytymishuoneet	26
3.1.2	Avotoimistot	28
3.1.3	Kokoushuoneet	30
3.1.4	Taukotilat	32
3.1.5	Käytävät	33
3.1.6	Porrashuoneet	34
3.1.7	Henkilökunnan sosiaalitilat	36
3.1.8	Varastot	37
3.2	Koulurakennus Pihkapuiston peruskoulu	38
3.2.1	Luokkahuoneet, uuden puolen luokat	40
3.2.2	Luokkahuoneet, vanhan puolen luokat	43
3.3	Koulurakennus Ala-Malmin peruskoulu	46
3.3.1	Luokkahuoneet, Paviljonki 1 ja 2	48
3.3.2	Luokkahuoneet, Paviljonki 1 ja 3	50

3.4	Terveystenhoitoalan rakennus	52
3.4.1	Pilotoinnin tavoitteet	53
3.4.2	Osaston sähköenergian kulutus ja valaistusratkaisut	54
3.4.3	Potilashuoneen sähköenergian kulutus ja valaistusratkaisut	55
3.4.4	Tutkimushuoneen valaistusratkaisut	58
3.4.5	Toimistohuoneen ja henkilökunnan taukotilan valaistusratkaisut	60
3.4.6	Käyttäjien aktivoimien	60
4	Yhteenveto	61
	Lähteet	63
	Liitteet	
	Liite 1. Valaistusratkaisujen vertailulaskelmat	
	Liite 2. Toimistorakennuksen valaistuksen energiantehokkuusluvun laskenta ja tulokset	
	Liite 3. LENI-luvun laskentamenetelmät	
	Liite 4. Käyttäjäkysymykset	
	Liite 5. Potilashuoneiden HosPilot-mittauspisteet	
	Liite 6. HosPilot Sähkönkulutus Helmikuu 2011–Tammikuu 2012	
	Liite 7. HosPilot Kysely valaistuksesta – osasto H02 - yhteenveto	
	Liite 8. Toimistorakennuksen suunnitteluohjeet	
	Liite 9. Koulurakennuksen suunnitteluohjeet	
	Liite 10. Terveystenhoitoalan rakennuksen suunnitteluohjeet	
	Liite 11. Koulurakennuksien pilot-kohteiden kustannuslaskelmat vuonna 2010	

1 Johdanto

EU:n energianpalveludirektiivin mukaan vuodesta 2008 vuoteen 2016 Suomessa on saatava aikaan yhdeksän prosentin energiantahokkuuden parannus. Tämä tarkoittaa, että vuosina 2008–2016 energian kulutuksen tulee olla yhteensä 17,8 terawattituntia pienempi verrattuna vuosien 2001–2005 valaistuksen energiankulutuksen keskiarvoon. Valaistuksen energiantehokkuus on hyvin tärkeä parannustekijä EU:n direktiivin tavoitteisiin pääsemiseksi. Toisaalta se on myös taloudellista.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutustua valaistuksen energiantehokkuuteen ja ohjausratkaisuihin eri tyyppitiloissa ja eri rakennustyypeissä. Tutkimustulosten perusteella luodaan Granlundin nuorille suunnittelijoille suunnitteluohjeita (liite 7) valaistusvalinnoista ja -ratkaisuista. Granlund on talotekniikkasuunnittelun, konsultoinnin ja ohjelmistojen asiantuntijayritys.

Työn on tarkoitus käydä eri saneerauskohteissa tutkimassa uusien valaistusohjausratkaisujen ja valaistuksen ohjausten vaikutusta energiankulutukseen toimisto-, koulu- ja terveydenhoitoala kohteissa. Tutkimuskäynnin yhteydessä kysyttiin käyttökokemuksia eri käyttäjiltä eri rakennuskohteista. Neljästä kohteesta kolme oli EU:n Save Energy -projektin rahoittamia pilottikohteita.

Työn ensimmäisessä osassa kerrotaan, kuinka valaistussuunnittelu kannattaa ottaa huomioon eri rakennustyypeistä. Selvitetään, mistä suunnittelussa kannattaa lähteä liikkeelle ja kuinka panostaa tilaan tai alueen valaistustarpeiden selvittämiseen.

Toisessa osassa luodaan katsaus erilaisten valaistuksen ohjaustapojen ja -järjestelmien mahdollisuuksiin erilaisten tilojen valaistuksessa ja annetaan käsitys eri ohjaustapojen mahdollisuuksista säästää energiaa tehokkaasti. Tässä osassa kerrotaan myös, miten luonnonvaloa hyödynnetään rakennuksessa ja miten valaistuksen energiankulutus lasketaan. Ohjaustapoja on monenlaisia, mutta pääsääntöisesti nykyään lähdetään liikkeelle päivänvalon maksimaalisesta hyödyntämisestä.

Kolmannessa osassa kerrotaan, kuinka toteutetuista valaistusohjausratkaisuista on koitunut energiansäästöä eri rakennuskohteissa. Tässä osassa kerrotaan myös, miten luonnonvalo vaikuttaa käyttäjiin ja kuinka käyttäjät ovat hyödyntäneet luonnonvaloa.

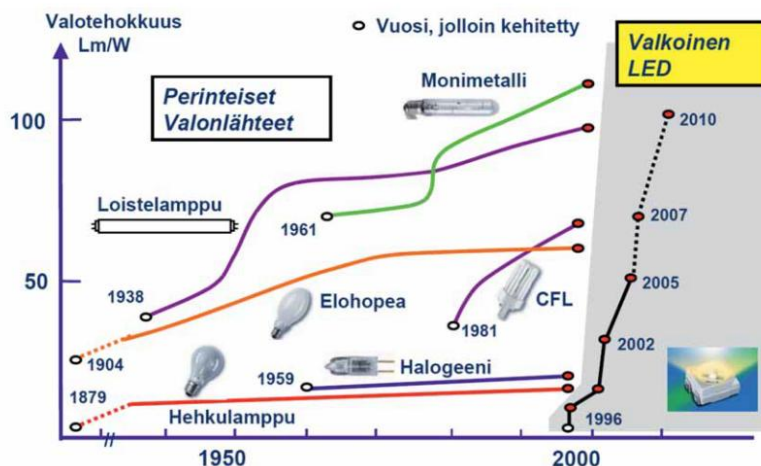
Lisäksi vertaillaan laskettuja LENI-lukuja ja todellisia mitattuja energiankulutuslukuja. Tuodaan esille, missä rakennussijoissa ja rakennuskohteissa saadaan tehokkaasti energiansäästöjä. Esimerkiksi koulun valaisemiseen saattaa kulua viidennes ja terveydenhoitoalan jopa kolmasosa koko sähkökulutuksesta. Valoja tarvitaan sairaalassa ympäri vuorokauden.

2 Valaistus

2.1 Valotehokkuuden kehitys eri valolähteillä

Valotehokkuus on valolähteestä tuotettu valaistusvoimakkuus suhde siihen käytettyyn sähkötehoon verrattuna ja se kuvaa valolähteen hyötysuhdetta. Mitä korkeampi valotehokkuus sitä energiantehokkaampi lamppu. Valotehokkuuden yksikkö on lm/W ja se on olennainen suure verrattaessa eri valolähteiden energiantehokkuutta. [14.]

LED (Light-Emitting Diode) -lamput on nykypäivänä paljon puhuttu valaistustekniikka. Se on koko ajan kehittyvä teknologia-alue. Siihen liittyvät energiaa ja ympäristöä säästävät seikat tekevät ledeistä tulevaisuuden valaistustavan. Led-lampun valotehokkuuden arvioidaan ylittävän muut perinteiset valonlähteet nopeasti (kuvio 1). Led-lamppujen hintojen ennustetaan samalla laskevan voimakkaasti. [14.]



Kuvio 1. Valotehokkuuden (lm/W) kehitys eri valolähteillä [2].

Vaikka ledit ovat yleistyneet, nykyään käytetään vielä paljon vanhanaikaisia ja energiantehottomia lamppeja. Tästä johtuen valaistuksessa on suuri säästöpotentiaali. Hehkulamppu on lampputyypeistä vanhin ja viimeiset hehkulamput EU:n energianpalveludirektiivin mukaan poistuiivat markkinoilta syksyllä 2012 (pois lukien merkkivalot). Elohopealamppujen myynti loppuu vuonna 2015 ja vuoteen 2016 mennessä poistuvat myynnistä C-energianluokan halogeenilamput. Laitelamput (esimerkiksi jääkaappi- ja uunilamput), kohdelamput ja värilliset lamput jäävät edelleen markkinoille. Lisäksi EU:n

energianpalveludirektiivi edellyttää, että uusissa loistelamppuvalaisimissa on oltava elektroniset liitäntälaitteet vuodesta 2017 alkaen. [14.]

2.2 Valaistussuunnittelu

Valaistuksen päätarkoituksena on helpottaa liikkumista sekä auttaa näkemistä, oppimista ja hahmottaa tilaa, kulkuväyliä, sisäänkäyntejä ja muita kohteita. Valo saa tunnetusti ihmiset voimaan paremmin. Valaistus on myös suuri turvallisuustekijä. Onnistuneet valaistussuunnittelu ja valaistusratkaisut ovat asiakkaan tarpeiden ja valaistuskohteen tarkoituksen mukaisia.

Valaistussuunnittelun aloittamisessa kannattaa tutustua ST-kortisto 58.04, 2003 [10.] ja pitää mielessä ainakin muutama vakiintunut ja toisistaan erilainen suunnitteluprosessi. Ne voidaan luokitella eri tavoin [10]:

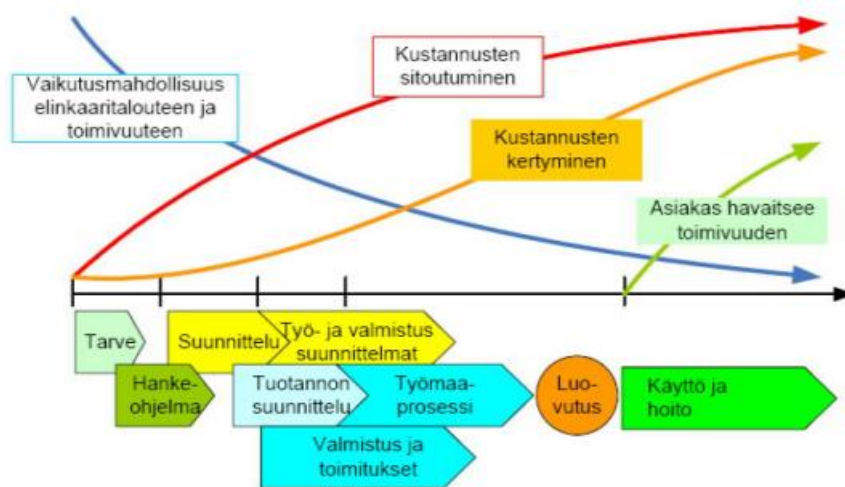
- ✓ itse rakennuksen valaistukselle asettamat tarpeet ja rajoitukset
- ✓ LVI-järjestelmät ja alakattorakenteet (tilantarpeet, mahdolliset yhteiset kiinnitysjärjestelmät jne.)
- ✓ turva- ja AV-järjestelmät
- ✓ käyttäjät ja heidän tarpeensa ja toiveensa (valaistuksen toteutuksen lähtökohdat ja -tiedot)
- ✓ rakennuttajan intressit
- ✓ asennustavat, materiaalit, kustannukset, huollettavuus ja energiankulutus
- ✓ muuntojoustavuus.

Suunnittelijan on hyvä muistaa muutama tärkeä asia, joiden perusteella suunnitelmaa viedään eteenpäin. Näin varmistetaan, ettei jokin asia jää huomioimatta suunnittelussa. Valaistussuunnittelun kulku voisi olla seuraava:

- ✓ tarveselvityksen käynnistäminen
- ✓ asiakkaan todellisten tarpeiden ymmärtäminen
- ✓ tilojen ja valaistustarpeen hahmottaminen
- ✓ visualisointi (alustavat ehdotussuunnitelmat, havainnolliset kuvat)
- ✓ vaihtoehtojen tarkastelu (mahdollisemman kriittisesti useista eri näkökulmista)
- ✓ toteutus.

Nämä ovat jatkuva vuorovaikutteinen tapahtumaketju. Edellisiin vaiheisiin voidaan aina palata tarpeen mukaan onnistuneen suunnitelman saamiseksi. [3.]

Energiantehokas suunnittelu vaatii aina energiatehokkuuteen ratkaisuihin ja päätöksiin oikea-aikaisuutta. Tämän avulla saadaan asetettua suunnittelulle tavoitteita ja hallittua niitä. Muutosten tekemisellä on suuri merkitys suunnitteluprosessissa ja se voi venyttää aikataulua. Hankkeen alkuvaiheessa on mahdollisuus vaikuttaa energiantehokkuuteen ja elinkaariominaisuuksiin on suurempi, kuten kuviossa 2 on esitetty. Rakentamisen käynnistyessä kaikki päätökset pitää olla mietitty ja päätetty. [25.]



Kuvio 2. Energiantehokkuuden vaikutusmahdollisuudet ja kustannusten syntyminen suunnitteluprosessissa [26].

Peruskorjauskohteissa suunnittelijan tehtävät liittyvät muun muassa nykytilanteen, olemassa olevien suunnitelmien tai määräysten selvittämiseen, kohteen lähiympäristön nykyisiin valaistus- ja valaistusohtausratkaisuihin, kohteen nykyisten valaistusjärjestelmien kuntoon ja käytettävyyden sekä muiden suunnittelutavoitteiden että käyttäjien kokemuksien ja toiveiden määrittelyyn.

Riittävät lähtötiedot ovat laadukkaan ja taloudellisen suunnittelun edellytys. Peruskorjauskohteissa suunnittelijan on mentävä paikalle tutkimaan tilan korkeutta, olemassa olevia rakenteita ja LVIA- ja sprinklerijärjestelmää, tilan luonnonvalon hyödyntämismahdollisuutta sekä nykyistä valaistusjärjestelmää. Tutustumiskäynnin yhteydessä kannattaa ottaa paljon valokuvia tilasta sekä miettiä alustavasti erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja.

Tilan valaistussuunnittelun vaikutustekijöitä ovat tilan korkeudet, kaapelireitit, roilotukset ja arkkitehti. Suunnittelijan tehtävä on osata lukea arkkitehdin ajatukset ja tarjoilla vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia. Kun suunnittelija on sopinut laadukkaista ja energiaa säästävästä valaistusratkaisuista arkkitehdin kanssa, jatkosuunnittelu voidaan siirtää suoraan toiselle suunnittelijalle, jonka kanssa yhdessä ratkaistaan ohjaus- ja ryhmittelyratkaisuja.

Järkevää on kutsua myös valaistussuunnittelija mukaan jo hankesuunnitteluvaiheessa. Sähkösuunnittelija auttaa valaistusta koskevien esiselvittelyn tutkimisessa ja asettaa valaistussuunnittelijan kanssa realistiset tavoitteet hankkeelle. Tämän jälkeen laaditaan valaistussuunnittelijan kanssa ehdotussuunnitelmia malliratkaisusta. Luonnosvaiheessa tiedetään, minkälaisista tiloista kyse ja ketkä tiloja käyttävät. Myös arkkitehdillä voi olla näkemyksiä erikoistilojen (kuten edustavat aulat, sisääntuloaulat, pääsisäänkäynnit, edustavat yhdyskäytävät ym.) valaistussuunnitelmista jo luonnosvaiheessa.

Valaistussuunnittelussa on tärkeää havainnoida tilan muoto ja luonne. Peruskorjauskohteissa tila on jo rakennettu ja valaistusratkaisu valitaan olemassa olevan tilan mukaisesti. Uudiskohteissa tilan muotoon voidaan vaikuttaa luonnos- ja jopa toteutusvaiheessakin kunnes tila on rakennettu. Rakennusten sijainti, rakenteet ja arkkitehtuuri voivat vaikuttaa talotekniikkaan energiantehokkuuden parantamismahdollisuuksiin. Peruskorjauskohteiden uudet valaistusjärjestelmät joudutaan usein liittämään nykyisiin järjestelmiin, mikä rajoittaa vaihtoehtoja. Lisäksi tällä hetkellä led-valaisimien käyttö on rajallista projektilla, koska niistä on vielä vain vähän käyttökokemuksia. Joissakin projekteissa on annettu lupaa käyttää lediä vain varastoissa, sosiaali-tiloissa, kellaritiloissa ja ulkotiloissa. Myös vakiovalonsäätöominaisuuksilla varustetun valaisimen käyttö saattaa olla rajallista esimerkiksi kannattavuussyistä.

Sairaalan peruskorjaushankkeet toteutetaan yleensä osina ja vaiheittain, koska sairaalan toiminnan siirtäminen muualle voi olla hankalaa. Lisäksi sairaalatekniset järjestelmät on pidettävä toimintakunnossa korjaushankkeen aikana, joten suunnittelussa on tutkittava sairaalan nykyiset järjestelmät hyvin tarkasti. Vanhat järjestelmät voivat usein rajoittaa muutosmahdollisuuksia. Vanhojen järjestelmien tekniikka ei välttämättä enää ole nykystandardin mukainen, joten nykyisiin järjestelmiin liittäminen on tutkittava paikan päällä.

2.3 Valaistustapa ja valaisinsijoittelu

Energiantaloudellista valaistussuunnittelusta on otettava huomioon valaistuksen tarve, lamppujen energiatehokkuus, värintoisto, värilämpötila, valaisimien hyötysuhde, liitäntälaitte, häikäisy suojaus, valaistuksen ohjaus sekä luonnonvalon hyödyntäminen. On myös huomioitava valaisimien asennuksen joustavuus ja muunneltavuus. Kun suunnitellaan valaistuksen energiankäytön tehostamista, aina on suotavaa miettiä keinoja valita kussakin tapauksessa paras vaihtoehto (kuvio 3).



Kuvio 3. Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä [9].

Kuvion 3 mukaiset laatutekijät ovat tärkeitä seikkoja erityisesti suunnitteluvaiheessa. Energiatehokas valaistus edellyttää, että riittävän valaistusvoimakkuus lisäksi myös laadulliset ja määrälliset tarpeet saadaan tyydytettyä. Suunnittelussa on mietittävä tilan käyttötarkoitus. Käyttäjän kanssa tulee miettiä, kuka käyttää tilaa sekä millaisia tarpeita tilassa työskentely vaatii. Vähäiseen valaistuksen energiankulutukseen vaikuttavat eniten valaistuksen läsnäolo- ja päivänvalonohjaukset ja säätötavat.

Valaistuksen toimivuuteen vaikuttavat tilan lukuisat ominaisuudet, kuten muoto ja mitat, pintamateriaalien heijastusominaisuudet, ikkunat ja niiden sijainnit sekä luonnonvalo. Tilaan kuuluvat talotekniikat ja tilan kiinteät ja siirrettävät kalusteet vaikuttavat myös valaistuksen. Valaistustapa voi olla suora, epäsuora tai suoran ja epäsuoran valaistuksen välimuoto. Valaistustapa riippuu tilan luonteesta ja valaistukselle asetetuista tavoitteista. [10.]

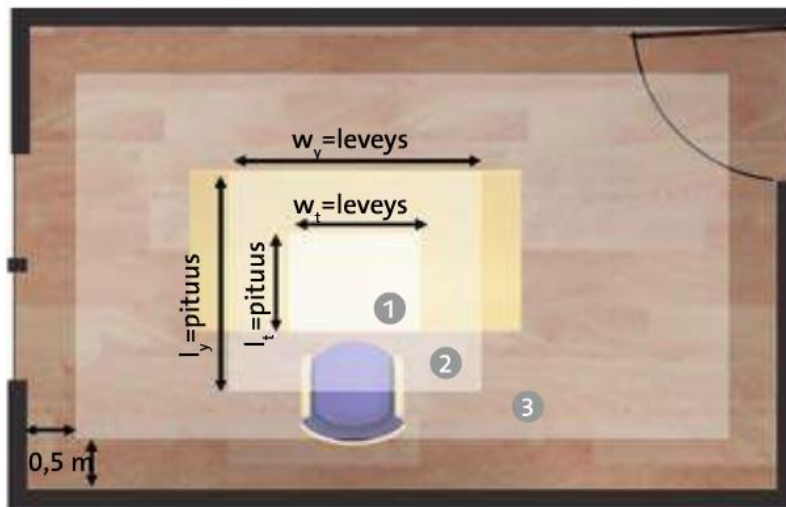
2.3.1 Energiantehokas toimistovalistus

Turvallisuuden ja terveyteen liittyvät vähimmäisvaatimukset työpaikoilla EU-direktiivin 89/654/EEC mukaan:

Työpaikkoihin on mahdollisuuksien mukaan päästävä riittävästi luonnonvaloa, ja ne on varustettava keinovaloin, joka on riittävä työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelemiseksi.

Kaikissa EU-maissa työpaikkojen valaistussuunnittelua varten on laadittu yhteinen standardi SFS-EN 12464-1. [6.] Standardissa kerrotaan työalueen ja sen lähiympäristön sekä tausta-alueen valaistuksen minimivaatimukset. Standardin SFS-EN 12464-1 edellyttämällä työskentelytasolla valaistusvoimakkuuden on oltava 500 luksia. Valaistusvoimakkuuden välittömässä lähiympäristössä on oltava 300 luksia ja tausta-alueella 100 luksia (kuvio 4).

Esimerkki työtilan työalueesta



1. Työalue ($l_t \times w_t$)
– työalueen mitat perustuvat työn asettamiin vaatimuksiin.
2. Välitön lähiympäristö ($l_y \times w_y$)
– suunnittelija määrittelee välittömän lähiympäristön mitat ($l_t + \geq 2 \times 0,5 \text{ m}$) \times ($w_t + \geq 2 \times 0,5 \text{ m}$).
3. Tausta-alue
– välittömän lähiympäristön reunalta 3 m:n etäisyydelle, tilan mitat huomioiden.

Kuvio 4. Työtilan työalueesta [1, s.435].

Lisäksi standardissa kerrotaan valaistusvoimakkuuden tasaisuusvaatimukset eri käyttöasteille (taulukko 1).

Taulukko 1. Valaistusvoimakkuuden tasaisuusvaatimukset eri käyttöasteilla [11].

Valaistusvoimakkuus työalueella	Valaistusvoimakkuus välittömässä lähiympäristössä	Valaistusvoimakkuus tausta-alueella suhteessa välittömään lähiympäristöön
≥ 750	500	1/3
500	300	1/3
300	200	1/3
200	$E_{\text{työalue}}$	1/3
150	$E_{\text{työalue}}$	1/3
100	$E_{\text{työalue}}$	1/3
≤ 50	$E_{\text{työalue}}$	1/3

Tasaisuus työalueella näkötehtävästä ja toiminnosta riippuen. Tasaisuus välittömässä lähiympäristössä, vähintään 0,4. Tasaisuus välittömässä lähiympäristössä, vähintään 0,1.

Toimistoympäristöissä käytetään yleisimmin erilaisia loistelamppuja. Toimiston tyypillinen valaistusratkaisu on toteutettu suoralla, epäsuoralla tai suoran ja epäsuoran valaistuksen välimuodolla loisteputkivalaisimilla. Kun työntekijät ovat toimistossa yleensä koko työajan, on mahdollista säästää valaistusenergiaa ja suunnitella valaistus tehokkaammaksi. [6.]

Toimistovalaistuksen energiantehokkuussuunnittelu lähtee liikkeelle tilasta ja sen käytöstä. Mietitään tilan tarpeenmukainen käyttö, johon liittyy läheisesti ohjaus työpiste-kohtaisesti, läsnäolo- ja päivänvalotunnistin.

Suunnitteluvaiheessa on tärkeä panostaa tilan tai alueen valaistustarpeiden selvittämiseen. Pitää miettiä tarkkaan, miten saada valoa oikea määrä, oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan. Tämän lisäksi valaistustekniikan valinnoissa tulee asettaa tavoitteeksi elinkaaren pitkäaikaisuus, helppokäyttöisyys, pitkät huoltovälit ja energianystävällisyys. Valolähteet ja järjestelmän hyötysuhde ovat myös tärkeä vaikuttava tekijä tekniikan valinnoissa. Sama valaistusvoimakkuus voidaan tuottaa monella tavalla, mutta kaikki valolähteet eivät pysty tarjoamaan esimerkiksi samanlaista väritoistoa samanlaisilla kustannuksilla.

Taulukko 2. Toimistotilojen valaistussuosituksia standardin SFS-EN 12464-1, 2011 mukaan [13.]

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L	R _a	Huomautukset
3.1	Arkistointi, kopiointi, jne	300	19	80	
3.2	Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	500	19	80	Näyttöpäätetyö: katso luku 2.1.1
3.3	Tekninen piirtäminen	750	16	80	
3.4	CAD-työasemat	500	19	80	Näyttöpäätetyö: katso luku 2.1.1
3.5	Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
3.6	Vastaanottotiski	300	22	80	
3.7	Arkisto	200	25	80	

2.3.2 Energiantehokas kouluvalaistus

Yleisesti tunnettu tosiasia on, että riittävä valo saa ihmiset voimaan paremmin. Tutkimuksen mukaan ympäröivän valon lisääminen luokkatilassa parantaa oppimistuloksia. [7.]

Lundin yliopiston ja University College Londonin kanssa tehdyt tutkimukset osoittavat, että riittävän voimakas ympäröivän valon määrä sekä tasapainoinen suhde suoran ja epäsuoran valon välillä vaikuttavat kehon melatoniini- ja kortisolituotantoon positiivisesti.

Kouluympäristössä on silti varmistettava, ketkä tilaa käyttävät. Nuoret eivät tarvitse yhtä paljon valoa kuin vanhemmat. Ihmisten häikäisyherkkyys kasvaa iän karttuessa. Tästä johtuen aikuisten opiskelijoiden luokkatiloissa tarvitaan enemmän valoa kuin nuorten luokkatiloissa.

Taulukossa 3 on esitetty standardin SFS-EN 12464-1, 2011 asettamat vaatimukset opetustiloissa sovellettaville valaistuksen laadulle ja määrälle.

Taulukko 3. Opetustiloissa sovellettavat valaistuksen laadun ja määrän indikaattorit standardin SFS-EN 12464-1, 2011 mukaan [13. osakopio].

Tila, tehtävä tai toiminta	E_m	UGR_L	R_a
Luokkahuoneet, opetustilat	300	19	80
Luokkahuoneet iltakäytössä ja aikuisopiskelijoille	500	19	80
Luentosali	500	19	80
Liitutaulu	500	19	80
Havaintopöytä	500	19	80
Piirustussalit	500	19	80
Piirustussalit taidekouluissa	750	19	90
Teknisen piirustuksen salit	750	16	80
Harjoitussalit ja laboratoriot	500	19	80
Käsityöluokat	500	19	80
Teknisen työn opetustilat	500	19	80
Musiikkiluokat	300	19	80
ATK-luokat (valikko-ohjaus)	300	19	80
Kielilaboratoriot	300	19	80
Valmisteluhuoneet ja työpajat	500	22	80
Sisäänkäyntihallit	200	22	80
Kulkuväylät, käytävät	100	25	80
Portaat	150	25	80
Oppilaiden yhteistilat ja kokoontumistilat	200	22	80
Opettajainhuoneet	300	19	80
Kirjasto: kirjahyllyt	200	19	80
Kirjasto: lukualueet	500	19	80
Opetusvälinevarasto	100	25	80
Urheiluhallit, voimistelusalit, uima-altaat (yleinen käyttö)	300	22	80
Kouluruokalat	200	22	80
Keittiö	500	22	80

Energiantehokkaasti suunniteltu luokkahuoneen valaistus syntyy, kun yhdistetään työalueille suuntautuva suora valo ja tausta-alueille suuntautuva epäsuora eli ympäröivä valo. Tämän perustella luokkahuoneiden valaisimien valonjaon tulisi olla suora tai epäsuora. Epäsuorassa suunniteltavassa on huomioitava katon väri sopivaksi, luminanssi sopivaksi ja tasaisuus. Lisäksi on huomioitava heijastimet, jotka jakavat valon tehokkaasti ja häikäisemättä.

Luokkahuoneisiin on yleensä laitettu valaisinjonoja, jotta saavutetaan riittävä valaistus-taso. Energiantehokkuuden kannalta voidaan jokaiseen valaisinjonoon asentaa yksi päivänvalo- ja läsnäolotunnistimella varustettu valaisin. Näin ollen päivänvalo- ja läsnäolotunnistimet huolehtivat energiankäytön taloudellisuudesta ja kompensoivat voimakkaan tausta-alueen valon aiheuttaman kulutuksen.

Kouluympäristön eri tiloissa on huomioitava erilaiset tarpeet. Kirjastossa on paljon erilaisia toimintoja, sen takia yleisvalaistuksen on oltava hyvä. Samoin koulun kohtaamis-tiloissa, joissa pysähdytään keskustelemaan, tehdään ryhmätyötä, luetaan ja käytetään tietokonetta. Luentosaleja ja auditorioita käytetään moniin eri tarkoituksiin. Tilojen valaistukseen tarvitaan monipuolisesti säädettävä valaistusjärjestelmä. [7.]

Yleisesti ottaen kouluvalaistussuunnittelussa kannattaa huomioida ainakin seuraavat seikat [7]:

- tietotekniikkaluokissa mietitään valaistus, joka ei muodosta näytölle varjoja tai häikäisyjä
- teknisten töiden, kuvaamataidon, fysiikan ja kemian luokissa voidaan miettiä erikoisvalaistuksen tarvetta
- vanhemmat ihmiset tarvitsevat enemmän valoa kuin nuoret.
- Jos luokissa käytetään paljon muotoja ja värejä, saattaa normaalisti käytetty värintoistoindeksi Ra 80 olla riittämätön. Esimerkiksi kuvaamataidon luokassa joutuu käyttämään jopa yli Ra 90
- päivänvalo- ja läsnäolotunnistimet mahdollistavat energian säästämisen, mikäli tiloissa on epäsäännöllistä käyttöä
- valmiiksi ohjelmoidut valaistustilanteet helpottavat tilan erilaisen käytön kuten video- ja kuvaesitykset, esitelmät tai konsertit.

2.3.3 Energiantehokas terveydenhoitovalaistus

Tutkimukset ovat osoittaneet, että päivänvalolla ja ympäröivällä valolla on suuri vaikutus hoitohenkilöstön työskentelyyn ja terveyteen. Valaistus vaikuttaa myös potilaiden parantumisnopeuteen. Tavoitteena sairaalassa tulisi olla ensisijaisesti potilasturvallisuus sekä ihmisläheinen valaistus, jossa hoitohenkilöstön työviihtyvyys, hyvinvointi ja työteho ovat etusijalla. [8.]

Sairaalassa toimintaa on yleensä ympäri vuorokauden. Potilaita kuljetetaan pitkin käytäviä, joten valaistus ei saa häikäistä vuoteella makaavaa potilasta. Häikäisyn välttämiseksi voidaan käyttää epäsuoraa valaistusta seinä- ja kattopinnoille. Odotustilan ja aulan valaistukselle pyritään luomaan viihtyisyyttä ja vähentämään lähiomaisten huolestuneisuutta. Avara ja valoisa ympäristö luo kävijöille rentoutuvaa ja turvallista henkeä. Näiden tilojen valaistusohjausjärjestelminä voidaan käyttää aika- ja läsnäolo-ohjausta, joita energiantehokkuuden vuoksi voidaan täydentää päivänvalo-ohjauksella. Osastoilla, jotka toimivat ympäri vuorokauden, käsiohjaukset on koettu paremmaksi ratkaisuksi.

Huoneen valaisemista on pohdittava potilaan hyvinvoinnin kannalta. Potilas tarvitsee omaa rauhaa ja välillä mahdollisuutta lukemiseen tai lähiomaisten tapaamiseen. Potilashuoneessa tehdään myös toimenpiteitä ja tutkimuksia, jotka tarvitsevat riittävän hyvää valaistusta. Hyvä valaistusratkaisu voidaan saavuttaa yhdistämällä yleisvaloa, tutkimusvaloa, ympäröivää valoa ja lukuvaloa. Ohjausten pitää olla yksinkertaisia ja helpokäyttöisiä sekä potilaille että henkilökunnalle.

Sairaalakohteissa vaaditaan erityisen paljon puhtautta ja hygieniaa eräissä tiloissa. Tällaisia ovat esimerkiksi leikkaussalit, tehohoito-osastot, keittiöt, pesulat, laboratoriot, patologiset osastot ja sterilointihuoneet. Näiden korkeat valaistus- ja hygieniavaatimukset on otettava huomioon valaistusvalinnoissa.

Yleisesti ottaen kokemuksieni ja haastattelutietojeni mukaan sairaalavalaistussuunnittelussa kannattaa huomioida ainakin seuraavat seikat:

- potilaan turvallisuus ja henkilökunnan työtehokkuus
- lukemisen helppous
- valaistuksen piristävyys ja värintoiston aitous
- häikäisyn vähentäminen sekä viihtyvyyden ja keskittymiskyvyn parantaminen.

Taulukkoon 4 on koottu valaistussuosituksia, joka on annettu terveydenhoitotiloissa erilaisiin tutkimushuoneisiin ja toimenpidetiloihin sekä yleisiin tiloihin.

Taulukko 4. Terveydenhoitotilojen valaistussuosituksia standardin SFS-EN 12464-1, 2011 mukaan. [13,osakopio.]

Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR _L -	R _a -	Huomautukset
Yleiskäyttöhuoneet				Valaistusvoimakkuudet lattiatasolla
Odotushuoneet	200	22	80	
Käytävät: päivällä	200	22	80	
Käytävät: yöllä	50	22	80	
Päivähuoneet	200	22	80	
Henkilökunnan huoneet				
Toimistot	500	19	80	
Henkilökuntatilat	300	19	80	
Vuodeosastot, synnytysosastot				Liian suuret luminanssit potilaan näkökentässä tulee estää. Valaistusvoimakkuus lattiatasolla
Yleisvalaistus	100	19	80	
Lukuvalaistus	300	19	80	
Yksinkertaiset tarkastukset	300	19	80	
Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	90	
Yövalaistus, huomiovalaistus	5	-	80	
Potilaiden kylpyhuoneet,WC:t	200	22	80	
Tutkimushuoneet (yleis-)				
Yleisvalaistus	500	19	90	
Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	90	
Silmätutkimus				
Yleisvalaistus	300	19	80	
Silmän ulkopuolinen tutkimus	1000	-	90	
Näkö- ja värinäkö tarkastus testitauluilla	500	16	90	

Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR_L	R_a	Huomautukset
Korvatutkimus				
Yleisvalaistus	300	19	80	
Korvatutkimus	1000	-	90	
Kuvaushuoneet				
Yleisvalaistus	300	19	80	
Kuvanvahvistukseen ja näyttöpäättejärjestelmään perustuvat kuvaukset	50	19	80	Näyttöpäätetyö: ks. 4.11.
Synnytyshuoneet				
Yleisvalaistus	300	19	80	
Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	80	
Toimenpidehuoneet (yleis-)				
Dialyysi	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
Dermatologia	500	19	90	
Endoskopia	300	19	80	
Kipsaushuoneet	500	19	80	
Lääkekylvyt	300	19	80	
Hieronta ja radioterapia	300	19	80	
Leikkaussalit				
Valmisteluhuoneet ja heräämöt	500	19	90	
Leikkaussali	1000	19	90	
Toimenpidealue				E _m . 10 000....100 000 lx.
Teho-osasto				
Yleisvalaistus	100	19	90	Lattian tasolla
Yksinkertaiset tarkastukset	300	19	90	Vuoteen tasolla
Tutkimus ja hoitotoimenpiteet	1000	19	90	Vuoteen tasolla
Yövalvonta	20	19	90	

Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR_L	R_a	Huomautukset
Hammaslääkärit				
Yleisvalaistus	500	19	90	Valaistus ei saisi häikäistä potilasta.
Potilas	1000	-	90	
Toimenpidealue	5000	-	90	Arvoja, jotka ylittävät 5000 lx, saatetaan edellyttää.
Hampaan valkoisuuden arviointi	5000	-	90	$T_{CP} \geq 6000$ K
Laboratoriot ja apteekit				
Yleisvalaistus	500	19	80	
Värintarkastus	1000	19	90	$T_{CP} \geq 6000$ K
Sterilointitilat				
Sterilointihuoneet	300	22	80	
Desinfektiohuoneet	300	22	80	
Ruuminavaus- ja ruumishuoneet				
Yleisvalaistus	500	19	90	
Ruuminavaus- ja anatomia-pöytä	5000	-	90	Arvoja, jotka ylittävät 5000 lx, saatetaan edellyttää.

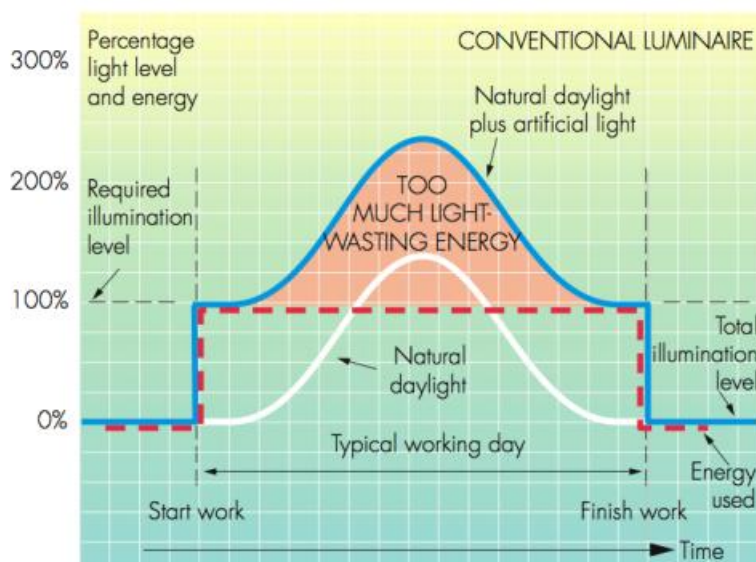
2.4 Valaistuksen ohjaus ja säätö

Perinteisesti kun puhutaan valaistusohjauksesta, tarkoitetaan valaistuksen ohjausta päälle ja pois päältä. Ohjauskytkimet sijaitsevat yleensä ovipielessä tai valaisimessa, joka on varustettu vetokytkimin. Monissa tiloissa käyttäjillä on kaksi vaihtoehtoa, joko valot sytytettyinä tai sammutettuina. Tiloissa, joissa valaistusryhmät voivat jakaa kahdelle tai usealle ryhmälle, ohjaustapa on toteutettu useilla valokytkimillä.

Nykyään valosäätöjärjestelmän avulla valoa saadaan haluttuun kohtaan oikeaan aikaan oikea määrä. Valaistus pysyy automaattisesti sytytettyinä silloin, kun sitä todella tarvitaan. Läsnaoloanturit himmentävät tai sammuttavat valon ajastimen avulla.

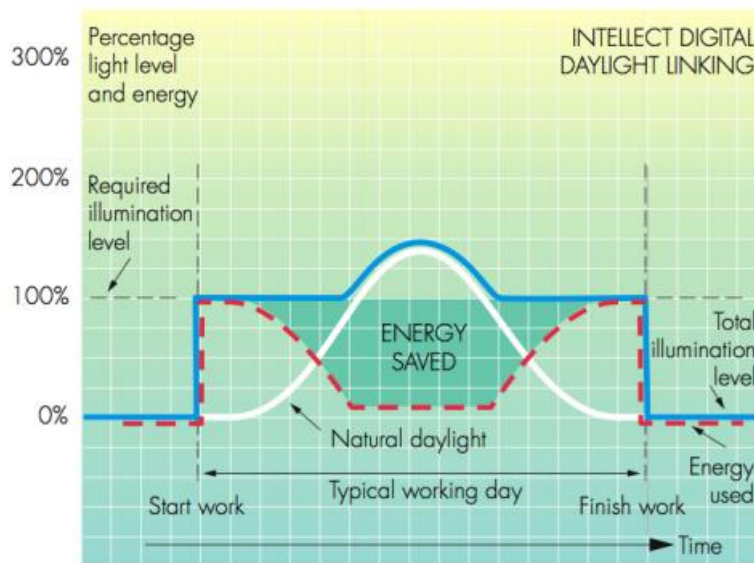
2.4.1 Päivänvalo-ohjaus

Luonnonvalon hyödyntämisen mahdollisuus riippuu huoneen sijoituksesta rakennuksessa, ikkunoiden koosta ja vuodenajasta. Standardin SFS-EN 12464-1 mukaan luonnonvalo voidaan hyödyntää kokonaan tai osittain työtehtävän valaistukseen. Luonnonvalon voimakkuus ja koostumus vaihtelevat ajan myötä, mikä aiheuttaa valontuoton vaihtelua huoneessa. Luonnonvalon määräkin pienenee kauempana ikkunasta. Kuviossa 5 on esitetty valaistustason vaihtelu huoneessa työn aikana.



Kuvio 5. Päivänvalon vaikutus sisätilan valaistustasoon [15].

Mikäli halutaan säätää valaistusvoimakkuus vakioksi mittausalueella, käytetään valaistuksen ohjaustapana päivänvalo-ohjausta. Sen avulla valaistusta säädetään päivänvalon määrän mukaisesti. Kun huoneessa saadaan päivänvaloa haluttu määrä, anturi säätää keinovalaistusta pienemmälle ja päinvastoin. Täten saadaan säästymään energiaa. Kuviossa 6 on esitetty energiansäästöpotentiaali päivänvalo-ohjauksella. Kuvassa 6 on oletettu, että on tilanteita, jolloin keinovalaistus voidaan säätää minimiinsä ja silti säilyttää haluttu valaistusvoimakkuus.



Kuvio 6. Päivänvalo-ohjauksella saavutettava energiansäästö [15].

2.4.2 Läsnaolo-ohjaus

Läsnaolo-ohjaus perustuu liikkeen ja lämpösäteilyyn tunnistukseen, jolla pidetään valot palamassa silloin, kun tilassa on työntekijä paikalla. Läsnaoloanturiin voi olla yhdistettynä myös päivänvalo-ohjaus, jolla valaistus voidaan himmentää ennen sammuttamista. Anturin alueella tapahtuva liike sytyttää automaattisesti valot ja sammuttaa valot ajastimen avulla. On myös mahdollista estää keinovalojen sytyttäminen, mikäli tilassa on riittävä luonnonvalo.

Tehokkainta läsnaolo-ohjauksen hyödyntäminen on yhden hengen huonetilassa. Valaistus syttyy, himmennystä ja sammuttaa automaattisesti riippuen tilassa oleskelusta. Kuviossa 7 on esitetty läsnaolo-ohjauksen toimintaa työn aikana.



Kuvio 7. Kuvasarja esittää, miten valaistus muuttuu päivän kuluessa [6].

Jos valaistus toteutetaan läsnäolotunnistuksella tiloissa, joissa oleskelee useita henkilöitä, on hyvä suunnitella yleisvalaistus lähialueella. Yhdenkin valaisimen sammuttaminen voi aiheuttaa muiden valaistusolosuhteiden heikentymisen.

Läsnäolotunnistimelle sammutusviive on suosituksen mukaan vähintään 15 min, jotta loistelamppujen käyttöikä ei lyhenne liian tiheillä sytytyskerroilla. Toimintaviiveen tarkoituksena on myös estää valojen tarkoituksetonta syttymistä ja sammumista. [6.]

2.4.3 Liiketunnistinhjaus

Liiketunnistinhjaukset ovat nykypäivää yleistyneet merkittävästi, koska niiden käyttö on helppoa ja valot toimivat automaattisesti. Liiketunnistimen hinta ei ole enää nykyään kovin korkea verrattuna tavalliseen kytkimeen. Tästä syystä energiansäästön kannalta kannattaa käyttää liiketunnistimia tiloihin, joissa ei tarvitse jatkuvaa valoa ja joihin valot muuten helposti jäävät palaamaan pitkiksi ajoiksi. Kyseisiä tiloja voisivat olla esimerkiksi käytävät, varastot, porrashuoneet ja eteiset, henkilökunnan sosiaalitilat tai ulkoalueilla sisäänkäyntialueet, auto- ja varastokatokset sekä muut tarvittavat kulkualueet.

PIR-valaisimien käyttö on yksi energiansäästön merkittävä tekijä. PIR-tunnistin (passiivinen infrapunatunnistin) tunnistaa ihmisen liikkeen lisäksi ruumiinlämmön infrapunatunnistimella. PIR-tunnistin sytyttää ja sammuttaa valon automaattisesti.

Tutkavalaisimet ovat pelkästään liikkeeseen reagoivia. Suositeltavia käyttökohteita ovat tilat, joissa liike tapahtuu suoraan tunnistinta kohti. PIR-valaisimet ja tutkavalaisimet toimivat keskenään, joten suunnittelussa ne voidaan asettaa samaan järjestelmään. Tutkavalaisin voi reagoida jopa ohuen seinän läpi, mikä pitää ottaa suunnittelussa huomioon.

2.4.4 Aikaohjaus

Tyypillisesti toimistorakennusten valaistusohtaus on haluttu liittää kiinteistövalvontajärjestelmään. Toimistossa työaika on yleensä säännöllinen, joten aikaohjauksella voi helposti säätää valot palamaan ja sammuttamaan työajan mukaan. Aikaohjelmalla voidaan määrittää kullekin tilalle oman valaistuksen käyttöaika, jonka jälkeen valot toimivat automaattisesti. Mikäli kyseissä tilassa tarvitaan enemmän palamisoloaika, valaistuksen palamisoloa ohjataan suoraan ryhmäkeskukseen liittyvillä lisäaikapainikkeilla esimerkiksi kahdeksi tunniksi kerrallaan. Aikaohjelmalla voidaan rajoittaa valojen palamisoloaika, esimerkiksi avotoimiston valot sammuvat 15 minuuttia ennen kuin käytävävalot. Työajan ulkopuolella käytävävalot voivat olla esimerkiksi 30 minuuttia palamassa sen jälkeen kun läsnäolotunnistin on havainnut liikettä tilassa.

Tällä aikaohjaustavalla voidaan ohjata myös ulkovalaistusta. Kiinteistövalvontajärjestelmä syyttää ulkovalot ja sammuttaa valoisuusanturin mittaustiedon perusteella. Ulkovalot syttyvät valoisuuden laskiessa alle asetusarvon ja sammuvat. Valoisuuden noustessa eroalueen verran yli asetusarvon.

2.5 Valaistuksen energiankulutuslaskentatapoja

2.5.1 E-luvun laskenta

Tulevaisuudessa energianmääräykset tiukentuvat ja vuodesta 2021 jälkeen kaikkien uudisrakennusten on oltava lähes nollaenergian rakennuksia. Uudet rakentamismääräykset astuivat voimaan heinäkuun 2012 alussa. Rakentamismääräys edellyttää, että jokaiselle uudisrakennukselle lasketaan rakennuksen kokonaisenergiankulutusta kuvaava energianlukua eli E-luku. E-luku ilmoitetaan muodossa kWh/m², vuosi. E-luku on energianmuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen laskennallinen kulutus lämmitettyä nettoalaa kohti. E-luku lasketaan ottaen huomioon rakennuksen ostoener-

gian ja energianmuotojen kertoimet. Kokonaisenergiankulutukseen lasketaan myös ilmanvaihdon, kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja käyttöveden lämmittämisen energiat. Energianmuotojen kertoimet ovat 1,7 sähkölle, 0,7 kaukolämmölle, 0,4 kaukojäähdytykselle, 1,0 fossiiliselle polttoaineelle ja 0,5 rakennuksessa käytettäville uusiutuville polttoaineille. [17.]

Rakentamismääräyksen D3 mukaan E-lukua laskettaessa uusiutuva omavaraisenergia vähentää ostoenergian kulutusta. Jokaisella uudisrakennustyyppillä on oma energiankulutusarvo, jota E-luku ei saa ylittää. Toimistorakennustyyppille se on 170 kWh/m² vuodessa ja sairaalan rakennustyyppille 450 kWh/m² vuodessa. [17.]

Rakentamismääräyksessä D3 on annettu energianlaskennalle lähtötietoja kuten sää-tiedot vyöhykkeittäin, sisäilmaston rakennustyypeittäin, rakennuksen standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat rakennustyypeittäin, lämmin käyttövesi rakennustyypeittäin ja rakennuksen ilmanpitävyys. Lisäksi D3 rakentamismääräyksessä on kerrottu tarkasti energianlaskennan laskentasääntöjä. [17.]

2.5.2 LENI-luvun laskenta

Rakennuksen tai tilan valaistuksen energiankulutus lasketaan Standardi EN 15193 (Energy performance of Buildings – Energy requirements for lighting) (liite 3) mukaisesti. Valaistuksen energiankulutus arvioidaan LENI-indeksillä (Lighting Energy Numeric Indicator). LENI-indeksi ilmoitetaan muodossa kWh/m², vuosi. LENI-luku lasketaan joko koko rakennukselle tai rakennuksen osalle ja sitä voidaan käyttää energiankulutuksen vertailulukuna. Saman käyttötarkoituksen rakennustyyppissä valaistuksen energiankulutusta voidaan verrata. [19.]

Valaistuksen vuosittaisen energiankäytön laskentaindeksi lasketaan kaavalla 1:

$$\text{LENI} = W_{\text{kokonais}} / A \text{ (kWh/m}^2\text{, vuosi)} \quad (1)$$

jossa

LENI	on rakennuksen sisävalaistuksen kokonaisenergiankulutusta kuvaava indeksi (kW/m ² /vuosi)
W_{kokonais}	on valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus, johon huomioidaan valaistukseen käytetyn energian lisäksi valaistuksen ohjaus- ja liitäntälaitteiden lepokulutus, sekä turvavalaisituksen akkujen lataamiseen kuluva energia (kW/vuosi)
A	on laskentaan huomioitujen valaistujen sisätilojen kokonaispinta-ala (m ²).

Standardin 15193 mukaan LENI-luku voidaan laskea kahdella laskentamenetelmällä. Pikalaskentamenetelmässä lepokulutukselle oli annettu vakio arvo 6 kWh/m²/vuosi, jossa ei ole erikseen otettu huomioon liitäntälaitteita ja turvavalaisituksen akkujen tehoa. Vakioarvosta on oletettu laitteiden valmistustilaan kuluvalle energialle 5 kWh/m² vuodessa ja loput 1 kWh/m²/vuosi on turvavalaisitukselle. [19.]

LENI-luvun toinen laskentamenetelmä on ns. tarkka laskentamenetelmä, jossa laskenta perustuu eri tilojen todellisiin arvoihin. Menetelmällä saa huomattavasti tarkemman energiankulutuksen arvion kuin pikalaskentamenetelmällä. Laskentamenetelmiä varten standardissa löytyy taulukoita, joista on esitetty erityyppissä rakennuksissa oletettujen käyttötuntien ja valaistuksen ohjaustapojen kertoimia. Tarkemmin LENI-luvun määrittely on esitetty liitteessä 3. [19.]

2.5.3 Dynaamiset simuloinnit

Valaistusta ja luonnonvalon käyttö rakennuksessa voidaan arvioida esimerkiksi IES:n laskentatyökaluilla. IES (Integrated Environmental Solutions) perustettiin kesäkuussa 1994. Yrityksen liikeidea on tuoda markkinoille laskentatyökaluja, joiden avulla voidaan suunnitella paremmin toimivia ja vähemmän energiaa kuluttavia rakennuksia. Laskentaohjelmien avulla voidaan vertailla eri suunnitteluratkaisuja, jotka vaikuttavat raken-

nuksen energiankulutukseen. IES tarjoaa neljä eritasoista ohjelmistoa (VE-Pro, VE-Gaia, VE-Toolkits ja VE-Ware) eri käyttäjille eri suunnitteluvaiheissa. Käyttäjät voivat suorittaa analyysejä suoraan Google SketchUp ohjelmistoilla tai Autodesk Revit ohjelmistoilla. [20.]

VE-Pro -ohjelma jakautuu erilaisiin laskentatyökaluihin, joilla voidaan tarkastella rakennevaihtoehtoja, rakennuksen suuntaa, luonnonvalon käyttöä ja ilmanvaihtojärjestelmien toimintaa rakennuksessa, painovoimaista ilmavaihtoa sekä auringonsuojausta ja aurinkokuormia. Ohjelma huomioi myös uusiutuvien energianlähteiden vaikutuksen. Laskentatuloksia voidaan tarkastella esimerkiksi energiankulutuksen, hiilidioksidipäästöjen tai käyttäjien viihtyvyyden kannalta. [21.]

Mikäli tarkastellaan valaistusta ja luonnonvalon käyttöä rakennuksessa, käytetään FlucsPro laskentatyökalua. FlucsPro määrittelee vaaditut valaistustasot rakennuksen eri osiin ja antaa sopivan valaisimien määrän tilassa. Niiden pohjalta voidaan laatia suunnitelma tilan valaisemiseksi. Mikäli halutaan huomioida luonnonvalon vaikutus tilan valaisemiseen, käytetään RadiancelES laskentatyökalua. Tutkittavan rakennuksen mallinnukseen käytetään ModelIT laskentatyökalua. Nämä laskentatyökalut olisivat ainoa oikea keino ennustaa todellinen päivänvalon säästöä, mutta tällaisia käytetään nykyään huonosti. [21.]

3 Valaistuksen tarkastelu tyyppitiloittain

Ensimmäinen tutkimuskohde on toimistorakennus. Granlund oli mukana hankkeessa ja toimin projektissa sähkösuunnittelijana.

Tutkitut koulurakennukset ovat mukana Euroopan unionin Save Energy -projektissa, jota Helsingin kaupunki ja Metropolia Ammattikorkeakoulu ovat olleet mukana vetämässä. EU:n Save Energy -projektin yhteydessä tekivät Ville Olkkonen ja Samuli Rasinmäki opinnäytetyötä. Projektin verkkosivulla voi käydä tutustumassa energiankultusarvoihin koulu- ja tilakohtaisesti. [22.]

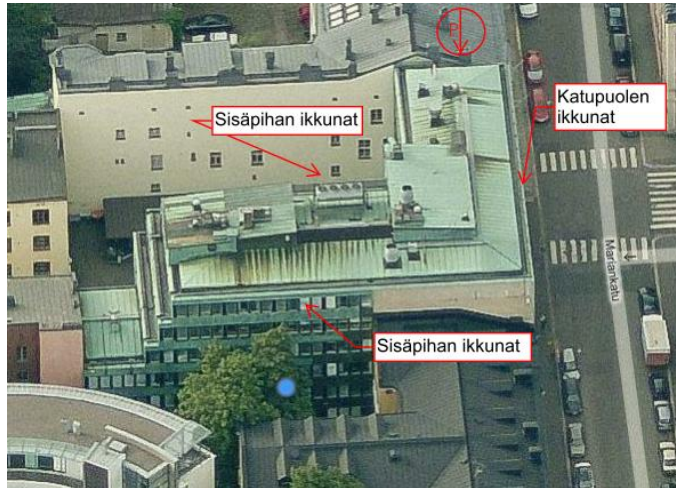
Viimeinen tutkimuskohde oli Euroopan unionin laajuinen hanke, jossa mukana oli 11 eri yhteistyötahoa. Kolmivuotisessa (2009–2012) hankkeessa olivat mukana Suomi, Espanja, Hollanti, Ranska ja Monaco. Hankkeen projektipäällikkö toimi Philips Lighting -yritys Hollannissa. Granlund EY-osasto toimi energian asiantuntijana ja sähkösuunnittelijana oli Granlund Pohjanmaa Oy.

3.1 Toimistorakennus

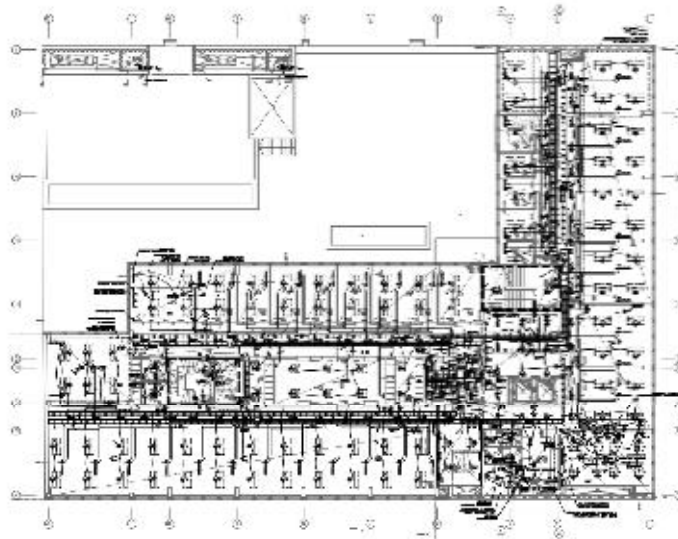
Tutkittava kohde on valtiovarainministeriön uudet toimitilat (kuvio 8). Rakennus sijaitsee Helsingin Kruununhaassa. Arkkitehti Niilo Kokon 1960-luvulla suunnitelma liikekiinteistö on käynyt lävitse uusiutumisprosessin, jonka tuloksena rakennuksen tilat on järjestetty tehokkaiksi ja nykyaikaiseksi toiminnoiltaan. Rakennuksen julkisivut on entistetty ja katukuva on säilyttänyt kulttuurikerrostuman alkuperäiseltä. Rakennuksen peruskorjaus alkoi vuoden 2011 alussa ja valmistui vuoden 2012 lopussa. Tilat otettiin käyttöön vuoden 2013 alussa.

Senaatti-kiinteistöjen peruskorjaama seitsemän kerroksinen toimitalo on uudistettu sisältä täysin moderniksi monitilatoimistoksi, missä kaikkien työpisteet sijaitsevat avotiloissa. Tiloissa on työpistealueiden lisäksi vetäytymistiloja, neuvotteluhuoneita ja luovia tiloja. Uutta kiinteistössä on kellarikerrokseen autotallin tilalle rakennettu entistä laajempi kokouskeskus. Kohteen sähköpiirustus on esitetty kuviossa 9.

Rakennuksessa on paljon ikkunapintaa, joista luonnonvalo pääsee sisään. Sisäpihojen puoleiset ikkunat voivat hyödyntää luonnonvaloa työajan aikana hyvin pitkälle. Kadunpuoleisiin ikkunoihin paistaa ilta-aurinko, jonka takia verhot joudutaan sulkemaan.



Kuvio 8. Valtiovarainministeriön uudet toimitilat.



Kuvio 9. Kohteen sähköpiirustus.

Tässä opinnäytetyön osassa laskettiin toimistohuoneen ja avotoimistoalueen valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus eri ohjausmenetelmillä (liite 2). Lisäksi verrattiin toimisto- ja avotoimistotilan energiankulutuksia tilanteissa, joissa valaistuksen ohjaus oli toteutettu läsnäolo-ohjauksella, sekä tilannetta, jossa valaistusta ohjataan huonekohtaisen kytkimen avulla. Toimistorakennuksen esimerkkien valaistusratkaisujen vertailulaskelmat on esitetty liitteessä 1.

3.1.1 Toimistohuoneet, vetäytymishuoneet

Tässä esitellään toimistohuoneen ja vetäytymishuoneen valaistusratkaisut ja ohjaustavat ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen jälkeen.

Uusi

Huoneen 9,5 m² valaistus toteutettiin mm.

- Suora ja epäsuora valaistus.
- 2 kpl 2 x 28 W 600 x 1200 mm moduulivalaisimilla, jonka toinen valaisin toimii päävalaisimina.
- Päävalaisimessa on integroitu läsnäolo- ja päivänvaloanturi.
- Orjavalaisin pysyy aina noin 30 prosenttia kirkkaampana.
- Valot himmentyvät tai sammuvat automaattisesti, mikäli tilassa ei ole läsnäolijaa.

Huoneen valaistusvoimakkuus yksittäisiä mittauspisteitä:

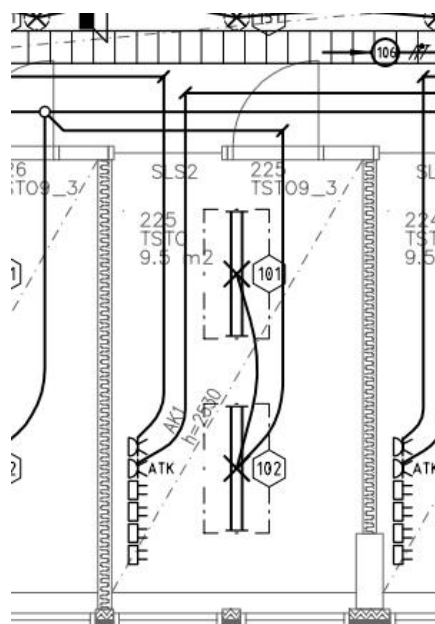
- Työalueella ilman luonnonvaloa on noin 700 luksia. Välittömässä lähiympäristössä valaistusvoimakkuus on noin 560 luksia, Tausta-alueella on 375 luksia.
- Luonnonvalon kanssa valaistusvoimakkuus nousee yli 1000 luksin, jonka jälkeen valot himmentyvät automaattisesti. Himmennyksen jälkeen työalueen valaistusvoimakkuus pysyy lähes 900 luksina.

Vanha

Huoneen 9,5 m² valaistus oli toteutettu mm.

- Suora valaistus.
- 1 kpl 3 x 36 W ja 1 kpl 2 x 36 W upotetuilla valaisimilla.
- 3 x 36 W valaisin ikkunan puolella.
- Valokatkaisijat oli asennettu ovi- pieleen ns. kruunukytkiminä.
- Huoneessa ei ollut himmennysmahdollisuutta vaan vain päälle/pois.
- Valaistus ei ollut liitettynä kiinteistövalvontajärjestelmään.
- Valot jäivät palaamaan, mikäli viimeinen käyttäjä ei muista sammuttaa niitä.

Päivänvalotunnistimella tehdasasetus on 600 luksia. Asetus voidaan säätää alaspäin standardin mukaisesti 500 luksiin, jotta saadaan enemmän energiansäästöä.



Kuvio 10. Valtiovarainministeriön uusi toimistohuone, vetäytymishuone.

LENI-luvun pikamenetelmällä omien laskien (liite 2, kaava 3) vuotuiset energiasäästöt voisivat olla uudella valaisintekniikalla ja päivänvalo-ohjauksella noin 225,18 kWh/vuosi, mikä on 44,4 prosentin energiatehokkuuden parannus. Päivänvalo-ohjauksella vuotuiset energiasäästöt voisivat olla noin 49,68 kWh/vuosi eli noin 15 % pienemmät kuin alun perin.

Omat laskelmat on tehty vain yhden huoneen osalta ja niissä on käytetty standardin EN 15193-1 mukaisia oletettuja arvoja.

Toimistohuoneen (kuvio 10) ikkunat on varustettu kaihtimilla, jotka estävät auringonvalon häikäisyn. Huone on rakennuksessa sisäpihan puolella, joten työaikana on mahdollista hyödyntää pitkään luonnonvaloa sisätiloissa, siksi ettei tule suoraa aurinkovaloa. Käyttäjäkyselyn (liite 4) mukaan tätä on valaistuksen kannalta pidetty hyvänä ratkaisuna, koska huoneen käyttöaika on hyvin epäsäännöllinen. Huoneen käyttötarkoitus on ns. vetäytymistila, jossa voidaan pienellä porukalla keskittyä neuvotteluun ja ryhmätyöhön. Muutoin huone on tyhjillään. Tutkimuskäynnin aikana huone oli pimeänä.

3.1.2 Avotoimistot

Tässä esitellään avotoimistoalueen valaistusratkaisut ja ohjaustavat ennen peruskorjauksia ja peruskorjauksen jälkeen.

Uusi

Avotoimistossa 95,0 m² toteutettiin mm.

- Suora ja epäsuora valaistus
- 16 kpl 2 x 28 W upotetut 600 x 1200 mm moduulivalaisimet sijoitettiin tasaisella jaolla.
- Valaistusta ohjataan ohjauspainikkeilla. Myös läsnäolotunnistimet, jotka ohjaavat käytävänvaloa.
- Työajan ulkopuolella kiinteistövalvontajärjestelmä sammuttaa valaistuksen määräväleillä sammutuspulsseilla.
- Valaistus on jaettu kahteen ryhmään ja lisäaika ohjataan samoista ohjauspainikkeista.

Tilan valaistusvoimakkuus yksittäisiä mitauspisteitä:

- työalueella ilman luonnonvaloa on noin 725 luksia. Välittömässä lähiympäristössä valaistusvoimakkuus on noin 600 luksia. Tausta-alueella noin 600 luksia.
- Luonnonvalon kanssa ikkunan puoleisella tausta-alueella valaistusvoimakkuus nousee yli 2000 luksin.

Vanha

Avotoimistossa 95,0 m² oli toteutettu mm.

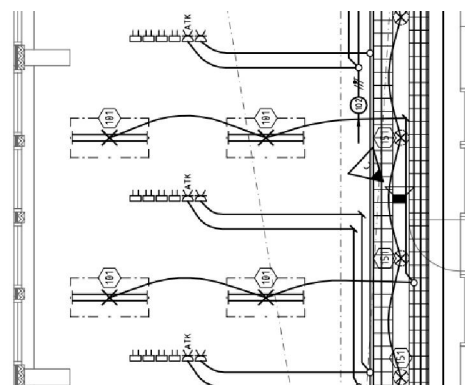
- Suora valaistus
- 24 kpl upotetut 2 x 36 W oli sijoitettu kahteen ramppiin
- Ikkunapuoleinen ramppi oli epäsuoravalaisuus
- Valokatkaisijat oli asennettu ovi- ja ikkunanpuoleisiin ns. kruunukytkiminä.
- Huoneessa ei ollut himmennysmahdollisuutta vaan ainoastaan päälle/pois.
- Valaistus ei ollut liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään.
- Valot jäivät palaamaan, mikäli viimeinen käyttäjä ei muista sammuttaa niitä.

Tässä tapauksessa olisi voinut asentaa läsnäolotunnistimien tilalle läsnäolotunnistimet, joissa on päivänvalon tunnistusominaisuus. Päivänvalo hoitaa valaistussäädön ja sammutuksen. Tällä ominaisuudella olisi saatu kaikki valot himmennettyä vaadittuun minimitasoon, sammutus ilman kiinteistövalvontaa ja enemmän energiansäästöä.

Avotoimistoalueella on varustettu läsnäolotunnistimen ja kiinteistövalvontajärjestelmän avulla saavutetut vuotuiset energiansäästöt olisivat LENI-luvun pikamenetelmällä laskien noin 2667,6 kWh/vuosi eli 49,4 %. Tässä omassa laskelmassa on laskettu vain yksi alue. Laskelmissa on käytetty standardin EN 15193-1 mukaisia oletettuja arvoja.

Avotoimistoalueen (kuvio 11) ikkunat on varustettu kaihtimilla, jotka estävät auringonvalon häikäisyn. Alue sijoittuu rakennuksessa sisäpihan puolelle, joten työaikana on mahdollista hyödyntää pitkään luonnonvaloa sisätiloissa, koska tilaan ei tule suoraa aurinkovaloa. Käyttäjäkyselyn (liite 4) mukaan ovat tyytyväisiä, kun tilaan tulee paljon valoa verrattuna tilanteeseen ennen peruskorjausta. Päivällä normaaleina toimistotyöaikoina ei tullut valonohjauksen kanssa ongelmia. Alueen valot paloivat turhaan myöhään. Tutkimuskäynnin aikana sovittiin, että virka-aika säädetään kiinteistövalvontajärjestelmässä, jotta alueen valot sammuvat ajoissa.

Luonnonvalon hyödyntämisestä ei tutkimuskäynnin aikana käyttäjillä ollut mielipiteitä. Kuitenkin osa kaihtimista oli vedetty puoliväliin ja suurimmassa osassa ikkunoista kaihtimet oli käännetty aukioasentoon.



Kuvio 11. Valtiovarainministeriön uusi avotoimisto.

3.1.3 Kokoushuoneet

Tässä esitellään kokoushuoneen valaistusratkaisut ja ohjaustavat ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen jälkeen.

Uusi

Kokoushuoneissa valaistus on toteutettu mm.

- säädettävillä valaisimilla.
- Upotetuilla 600 x 600 mm moduulivalaisimilla, jotka toimivat päävalaistuksena.
- Pyöreät upotetut valaisimet toimivat tilassa taustavaloina.
- Valaistusohjaus SwitchDim-tekniikalla.
- Valaistusryhmät on jaettu kolmeen ryhmään.
- Jokainen ryhmä on mahdollista säätää erikseen.
- Valaistus ei ole kytketty kiinteistövalvontajärjestelmään, koska tilan käyttöaika on epäsäännöllinen.
- Valot jäävät palaamaan, mikäli viimeinen käyttäjä ei muista sammuttaa niitä.

Vanha

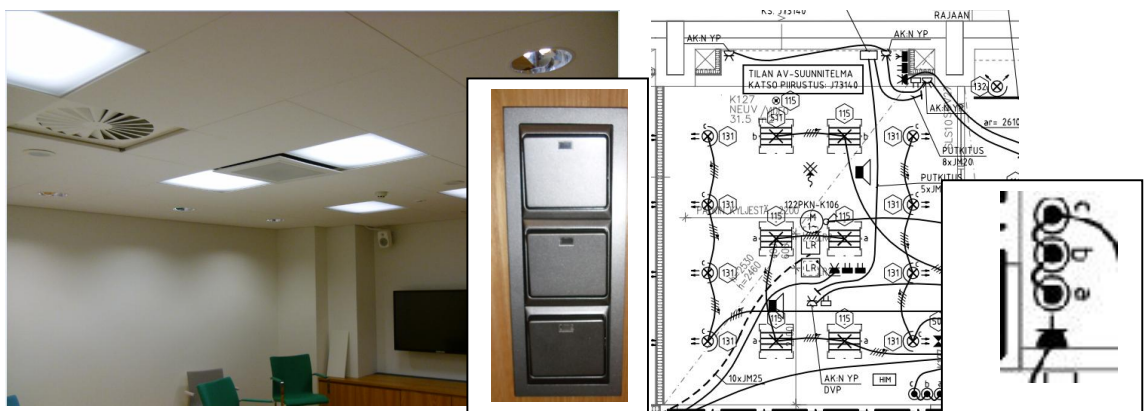
Kokoushuoneissa valaistus oli toteutettu mm.

- säädettävillä valaisimilla 1500 W.
- Säädettävät 100 W pyöreät upotetut valaisimet toimivat päävalaistuksena.
- Upotetut 1 x 36 W loisteputkivalaisimet ja seinäpesijät toimivat tilassa taustavaloina.
- Valaistusryhmät oli jaettu neljään ryhmään.
- Valokatkaisijat oli asennettu ovi-
pieleen ns. kruunukytkiminä.
- Valaistus ei ole kytketty kiinteistövalvontajärjestelmään.
- Valot jäivät palaamaan, mikäli viimeinen käyttäjä ei muista sammuttaa niitä.

Tässä tapauksessa olisi voinut lisätä läsnäolotunnistimen, joka olisi hoitanut valojen sammutuksen. Tällä keinolla olisi saatu jonkin verran lisää energiansäästöä.

Neuvotteluhuone (kuvio 12) sijaitsee rakennuksessa kellarikerroksessa, joten luonnonvalo ei pääse huoneen sisään. Kokouskeskuksessa on useita samantyyppisiä neuvotteluhuoneita, joilla on samat valaistusratkaisut. On suunniteltu, että b-tunnuksella ohjauspainikkeella (switchDIM) ohjataan ja himmennetään etuosan valaistusta ja samat ratkaisut muissa neuvotteluhuoneissa. Valaistuksen ohjauspainikkeisiin oli tarkoitus merkitä opastavia kilpiä, jolloin valaisimien ohjaus helpottuu.

Käyttäjäkyselyn (liite 4) mukaan ovat tyytyväisiä, kun tilassa on paljon valoja ja valo on jaettu eri ohjausryhmille. Valaistuksen ohjauspainikkeille olisi voinut merkitä opastavia kilpiä, joissa on kerrottu, mitkä painikkeet ohjaavat mitäkin valoryhmää. Ohjauspainikkeet (switchDIM) olisivat voineet olla helpompikäyttöisiä ja loogisempia. Jossakin neuvotteluhuoneessa käyttäjän mukaan b-ohjauspainike ei välttämättä ohjannut tai himmentänyt etuosan valaistusta. Näin voidaan todeta, että kytkennän aikana oli tapahtunut kytkentävirhe tai kytkentä oli jostain syystä poikennut suunnitelmasta. Tutkimuskäynnin aikana suurin osa neuvotteluhuoneista oli käytössä, joten käynnin yhteydessä ei voitu todeta, miksi suunnitelma ei ollut toteutunut. Kuviossa 12 nähdä myös, että ohjauskytkimistä puuttui opastavia merkintöjä.



Kuvio 12. Valtiovarainministeriön uusi neuvotteluhuone.

3.1.4 Taukotilat

Tässä esitellään taukotilan valaistusratkaisut ja ohjaustavat ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen jälkeen.

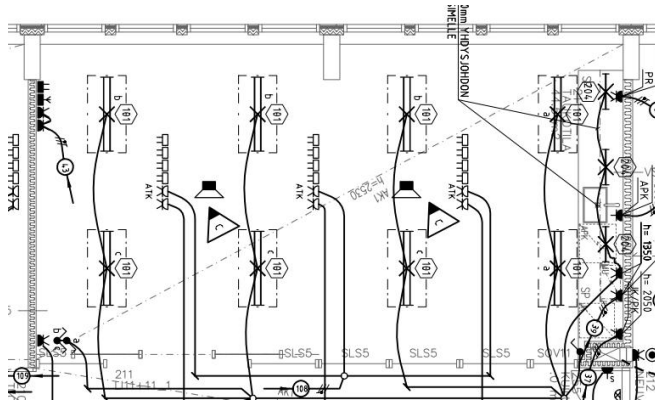
Uusi

- Henkilökunnan taukotila on suunniteltu muunneltavaksi. Se on myöhemmin mahdollista muuttaa maisematoimistoksi.
- Upotetut 600 x 1200 mm moduuli-valaisimet valaisevat koko tilan tasaisesti.
- Valaistusryhmät on ryhmitelty kolmeksi ryhmäksi.
- Jokainen ryhmä ohjataan omalla valokytkimellä.
- Valot ohjataan päälle ja pois.
- Valot eivät ole liitettynä kiinteistövalvontajärjestelmään.
- Valot jäävät palaamaan, mikäli viimeinen käyttäjä ei muista sammuttaa.

Vanha

- 100 W pyöreät upotetut valaisimet ja 1 x 36 W upotetut loisteputkivalaisimet valaisivat koko tilan tasaisesti.
- Valaistusryhmät oli ryhmitelty kolmiksi ryhmiksi.
- Jokaiselle ryhmälle ohjattiin omalla valokytkimellä.
- Valot ohjattiin päälle ja pois.
- Valot eivät olleet liitettynä kiinteistövalvontajärjestelmään.
- Valot jäivät palaamaan, mikäli viimeinen käyttäjä ei muista sammuttaa.

Tässä tapauksessa taukotilaan (kuvio 13) olisi voinut lisätä läsnäolotunnistimen, joka olisi hoitanut valojen sammutuksen. Toisaalta tähän tilaan olisi ollut mahdollista lisätä läsnäolotunnistin päivänvalon ominaisuudella. Tilassa on paljon ikkunapintaa, josta luonnonvalo pääsee sisään.



Kuvio 13. Valtiovarainministeriön uusi taukotila.

3.1.5 Käytävät

Tässä esitellään käytävän valaistusratkaisut ja ohjaustavat ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen jälkeen.

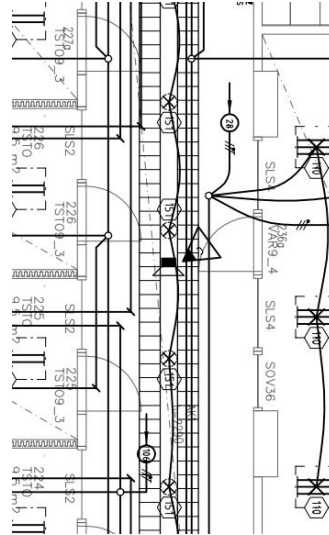
Uusi

- Käytävillä on downlight- tyyppiset uppovalaisimet.
- Valaistusta ohjataan aikaohjelmalla sekä virka-ajan ulkopuolella liiketunnistimella.
- Kiinteistövalvontajärjestelmä on ohjelmoitu siten, että käytävän valot sammuvat aina 15 min myöhemmin kuin muut maisematoimiston valot.
- Virka-ajan ulkopuolella käytävän kaikki valot syttyvät päälle jonkun käydessä tilassa.

Vanha

- Loisteputkilla on varustettu ramp-pivalaistus ja valoviiva.
- Valaistusohjaus painikkeista
- Valot kaikki päälle tai pois.
- Osa valoista oli liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään.
- Osa valoista ei ollut liitettynä kiinteistövalvontajärjestelmään.

Tässä tapauksessa käytävän (kuvio 14) valaistuksen olisi voinut jakaa siten, että virkajan ulkopuolella liiketunnistimen ohjauksella olisi syttynyt vain joka kolmas valaisin. Näin olisi saatu säästettyä osa energiankulutuksesta.



Kuvio 14. Valtiovarainministeriön uusi käytävä.

3.1.6 Porrashuoneet

Tässä esitellään porrashuoneen valaistusratkaisut ja ohjaustavat ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen jälkeen.

Uusi

- Porrashuoneissa on seinään upotettavat valaisimet.
- Valaistusta ohjataan ohjauspainikkeilla, siivouskytkimellä ja kiinteistövalvontajärjestelmällä.
- Päiväaikaan valaistusta ohjataan kiinteistövalvontajärjestelmästä.
- Työajan ulkopuolella painikkeilla ohjatut porrasvaloautomaatit. Siivousta varten siivouskytkimellä.

Vanha

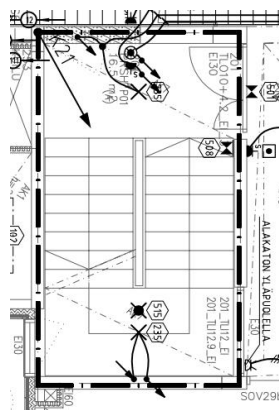
- Porrashuoneissa oli kattovalaisimet.
- Valaistusta ohjattiin ohjauspainikkeilla ja kiinteistövalvontajärjestelmällä.
- Päiväaikaan valaistus ohjattiin kiinteistövalvontajärjestelmästä.
- Työajan ulkopuolella painikkeilla ohjatut porrasvaloautomaatit.
- Valaistus oli ryhmitelty siten, että

- Valaistus on ryhmitelty siten, että kellarikerrokset omana ryhmänä ja maanpäälliset kerrokset (7 kerrosta) omana ryhmänä.
- Valot palavat työaikana täysillä, vaikka porrashuoneissa ei liiku ketään.

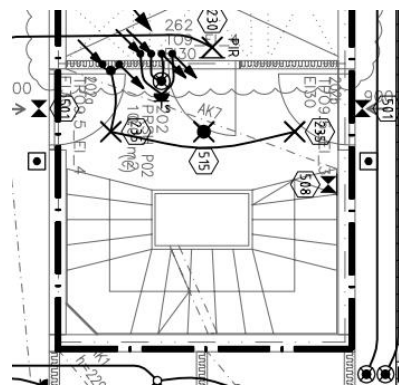
kellarikerrokset omana ryhmänä ja maanpäälliset kerrokset (7 kerrosta) omana ryhmänä.

- Valot paloivat työaikana täysillä, vaikka porrashuoneissa ei liikunut ketään.

Tässä tapauksessa porrashuoneen (kuvio 15) maanpäälliset kerrokset olisi voinut jakaa vielä kahteen ryhmään, mikäli ylimmissä kerroksissa ei ollut tarkoitus käydä.



Porras P01



Porras P02

Kuvio 15. Valtiovarainministeriön uudet porrashuoneet.

3.1.7 Henkilökunnan sosiaalilat

Tässä esitellään henkilökunnan sosiaalitalan valaistusratkaisut ja ohjaustavat ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen jälkeen.

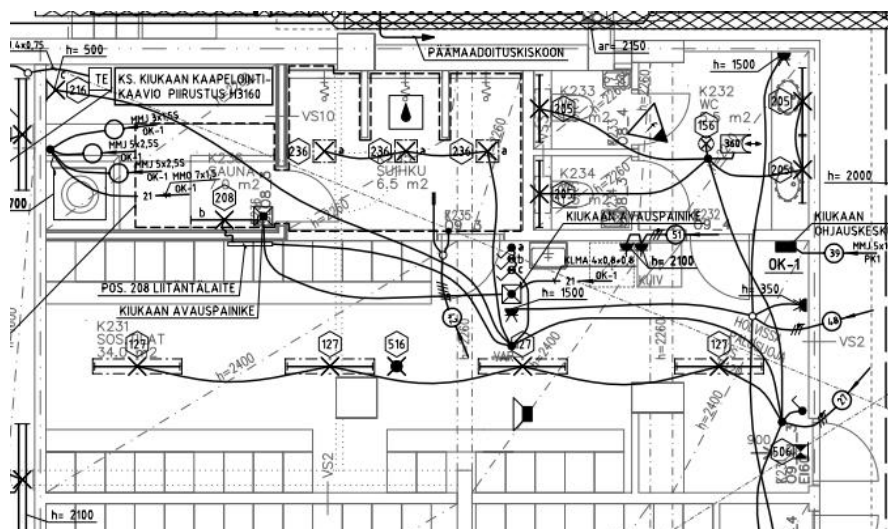
Uusi

- Loisteputkilla toteutettu suoravalaistus.
- Elektroninen liitäntälaitte.
- Valaistusohjaus oven pielessä päälle ja pois.
- Ei ole liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään.
- WC-tilassa on varustettu liiketunnistimella, joka hoitaa valaistuksen päälle ja pois.

Vanha

- Pyöreällä upotetuilla valaisimilla toteutettu suoravalaistus.
- Valaistus jaettu kahteen ryhmään
- Valaistusohjaus oven pielessä päälle ja pois.
- Ei ollut liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään.

Tässä tapauksessa henkilökunnan sosiaalitalan (kuvio 16) loisteputkivalaisimet olisi voinut korvata LED-valaisimilla. Toisaalta tilaan olisi voinut lisätä läsnäolotunnistimen, joka olisi hoitanut valaistuksen sammutuksen.



Kuvio 16. Valtiovarainministeriön uusi sosiaalitila.

3.1.8 Varastot

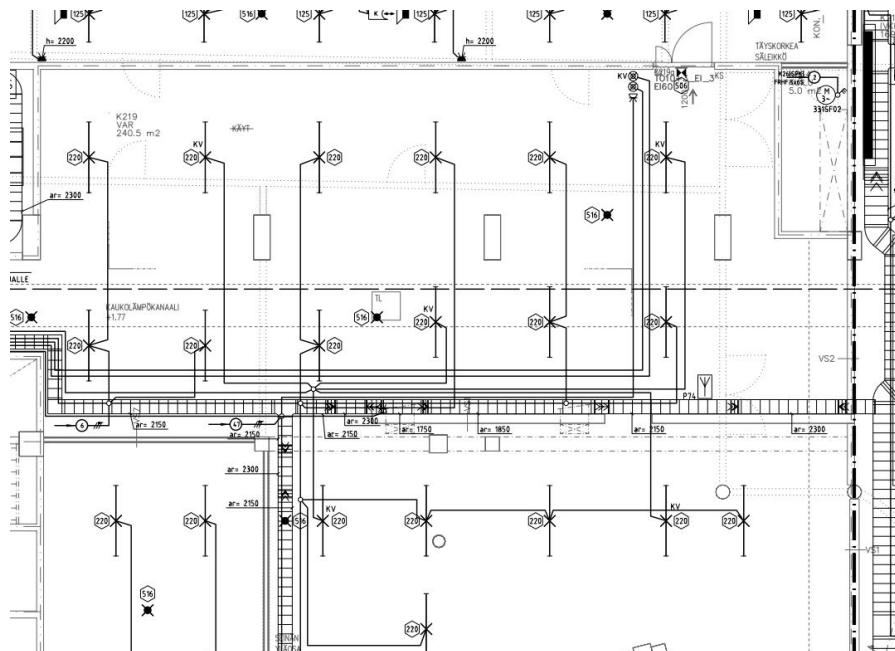
Tässä esitellään varaston (kuvio 17) valaistusratkaisut ja ohjaustavat ennen peruskorjausta ja peruskorjauksen jälkeen.

Uusi

- LED-valaisimilla toteutettu suora-valaistus.
- Valaistusohjaukset oven pielessä.
- Valaistusryhmä on jaettu kahteen ryhmään.
- 1/3 osa valaistusta toimii kulkuvalaistuksena.
- Ei ole liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään.

Vanha

- Loisteputkilla 1 x 40 W toteutettu suoravalaistus.
- Valaistusryhmä jaettu useiksi ryhmiksi.
- Valaistusohjaukset oven pielessä päälle ja pois.
- Ei ole liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään.



Kuvio 17. Valtiovarainministeriön uusi varastotila.

3.2 Koulurakennus Pihkupuiston peruskoulu

Pihkupuiston peruskoulu (kuvio 18) on rakennettu 1989. Koulun uusi päärakennus on valmistunut vuonna 2000. Koulun aula on avara ja viihtyisä. Luokkasuunnittelussa on panostettu avoimuuteen. Koulu sijaitsee Malminkartanossa.

SAVE ENERGY on ollut CIP-puiteohjelman ICT (engl. information and communication technology) PSP-ohjelman osa rahoittama EU-hanke, jonka tavoitteena oli vähentää energiankulutusta julkisissa rakennuksissa aikaansaamalla käyttäjätottumusten muutoksia, sekä ottamalla käyttöön älykästä energianhallintatekniikkaa. Projekti toteutettiin viidessä julkisessa rakennuksessa viidessä eri kaupungissa Euroopassa. Kohteet olivat Helsingissä, Leidenissa, Lissabonissa, Luulajassa ja Manchesterissa. Helsingissä pilot-kohteina oli valittu Helsingin kaksi peruskoulua, jotka olivat Pihkupuiston ja Ala-Malmin peruskoulu.



Kuvio 18. Pihkupuiston ala-aste.

Projektin tarkoituksena on ollut hyödyntää ICT-pohjaista energianhallintatekniikkaa, jolla ohjataan sähkön kulutuskojeita ja kerätään energiankulutustietoja. Kulutustiedot näytetään reaaliaikaista energiankulutustietoa netissä ja informaationäytössä. Reaaliaikainen energiankulutustieto ja pelisovellus vaikuttavat käyttäjien energiankulutustottumuksiin. Tämän uskotaan johtavan toimintatapojen muutokseen ja tätä kautta merkittäviin energiansäästöihin. Hanke käynnistettiin 1.3.2009 ja se kesti 30 kuukautta (2009–2011). Hankkeen kokonaisbudjetti oli noin 4,5 miljoonaa euroa. [27.] Koulurakennuksien pilottikohteiden kustannuslaskelmat vuosilta 2010 on esitetty liitteessä 8.

Koska Rasinmäen ja Olkkosen [16] aikana ei ole saatavissa vielä todellisia mitattuja luokkakohtaisia vuotuisia energiankulutusarvioita, tässä opinnäytetyön osassa hyödynnettiin Rasinmäen ja Olkkosen [16] laskettuja tuloksia ja verrattiin Save Energy-projektin verkkosivuun, jossa on ilmoitettu luokkakohtaisia reaalisia mitattuja energiankulutusarvoja.

3.2.1 Luokkahuoneet, uuden puolen luokat

Tässä esitellään uuden puolen luokkahuoneen valaistusratkaisut ja ohjaustavat pilotti- ja referenssitekniikalla.

Pilotti (ICT-pohjainen energianhallinta- tekniikka) **Referenssi (perinteinen tekniikka)**

Luokkaan valaistus on toteutettu mm.

- Ripustettavilla 1 x 51 W T8 Eco Saver Long Life loisteputkivalaisimilla.
- Suora ja epäsuora valaistus
- 4 kpl tauluvalaisimet epäsymmetriset.
- 6 kpl yleisvalaisimet symmetriset.
- Valaistusohjaus on varustettu läsnäolo-ohjauksilla (Master/slaver).
- Läsnaolotunnistimet sijoitettiin valaistuksen ohjauspiirissä ennen kytkimiä.
- Puoliautomaattinen ohjaus eli valot syttyvät vain kytkimistä, mutta sammuvat automaattisesti tunnistimen avulla.

Luokkaan valaistus on toteutettu mm.

- Ripustettavilla 1 x 58 W T8 loisteputkivalaisimilla, joissa oli elektroniset liitäntälaitteet.
- Suoraa ja epäsuoraa valaistus.
- 4 kpl tauluvalaisimet epäsymmetriset.
- 6 kpl yleisvalaisimet symmetriset.
- Valaistusohjaus toteutettu siten, että jokaisille valaisinriville oma kytkin ja tauluvalaisimille oma.
- Valaistusohjaus täysin manuaalinen.
- Luokkahuoneessa on paljon ja korkeita ikkunoita, joihin päivänvalo pääsee tilaan.

Rasinmäen ja Olkkosen [16] mukaan energiansäästöjen lisäämiseksi kaikki loisteputket muutettiin Eco Saver Long Life loisteputkiksi. Lisäksi luokkaan tehtiin valaistustasomittauksen työtasolta, lähiympäristöstä ja taulun pinnalta. Mittaukset tehtiin illalla, jolloin luonnonvalo ei aiheuttanut virhettä mittaustuloksiin. Tuloksien perusteella työ- ja lähiympäristöalueella oli valaistusvoimakkuus yli standardin vaatimuksen. Tauluvalaisin osalta valaistusvoimakkuus jäi alle vaatimuksen. Syynä oli se, että tauluvalaisinrivi oli asennettu liian kauas taulusta. [16.]

Rasinmäen ja Olkkosen [16] laskelmien mukaan pilotin mukaisella varustetulla valaistuksella energian kulutus on 617 kWh vuodessa ja referenssin mukaisella valaistuksella 824 kWh vuodessa. Rasinmäen ja Olkkosen [16] mukaan energiankorjauksella luokahuoneen valaistuksen vuotuista energiankulutusta saatiin vähennettyä 206,6 kWh (prosentuaalinen lasku vuotuisessa kulutuksessa oli 25 %). Tämä vastaa 41,3 kg vähennystä vuotuisissa hiilidioksidipäästöissä. [16.]

Save Energy-projektin verkkosivun mukaan pilottiluokahuoneen valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus vuodelta 11/2011–10/2012 on ollut yhteensä 236,7 kWh. Jostain syystä valaistuksen energiankulutusarvoja ei ollut ilmoitettu helmikuulle, toukuu- kuulle, kesäkuulle ja heinäkuulle 2012. Vertailua varten oletettiin, että helmikuun ener- giankulutus on kuten maaliskuun, toukokuun kulutus kuten huhtikuun ja kesä- ja heinä- kuun kulutus kuten elokuun kulutus. Kun puuttuvat arvot on oletettu, saadaan luokka- huoneen valaistuksen vuotuiseksi energiankulutukseksi yhteensä 338,2 kWh. [22] Toi- saalta heinäkuun energiankulutuksen voi mahdollisesti jättää huomioimatta laskelmas- sa, koska käyttäjät ovat useimmiten lomalla.

Vertailtuani Save Energy -projektin verkkosivun ilmoittamia valaistuksen vuotuisia kulu- tusarvoja laskettujen Pilotin mukaisen vuotuisen energiankulutusarvojen kanssa, voi- daan todeta että todellinen vuosikulutus on noin 45,3 % vähemmän kuin laskelmissa. Syynä voisi olla, että todellisia käyttöaikaa on ollut luokassa vähemmän kuin standar- dissä EN 15193-1 on oletettu.



Kuvio 19. Pihkapiiston uuden puolen luokka ja valaistuksen ohjauspainikkeet.

Luokkahuone (kuvio 19) sijoitu rakennuksessa sisäpihan puolelle, missä auringonvalo häikäisee vasta iltapäivällä. Luokkahuoneessa luonnonvaloa on mahdollista hyödyntää koko oppitunnin ajan ilman auringonvalon häikäisyä. Tutkimuskäynnin yhteydessä kysyttiin käyttäjien mielipiteitä (liite 4) valaistuksesta ja valaistusohjauksesta. Neljäsluokkalaiset kertoivat, ettei kaikkien valojen tarvitse palaa eivätkä heitä häiritse, vaikka puolet valoista oli palamassa. Kyselyssä oli aikuinen mukana ja hän totesi, että hän näki mielellään kaikki valot palamassa oppitunnin aikana.

Valaistuksen käytön kannalta käyttäjät toivoivat, että ohjauspainikkeet olisivat yksinkertaisempia ja selkeämpiä. Luonnonvalon hyödyntämisestä hän ei ollut kovin innostunut, vaikka luokassa olisi voitu hyödyntää luonnonvaloa koko oppitunnin ajan. Syynä oli se, että käyttäjät joutuvat kesken oppitunnin aikana käymään sammuttamassa tai sytyttämässä valoja oven luona.

3.2.2 Luokkahuoneet, vanhan puolen luokat

Tässä esitellään vanhan puolen luokkahuoneen valaistusratkaisut ja ohjaustavat pilotti- ja referenssitekniikalla.

Pilotti (ICT-pohjainen energianhallinta- tekniikka) **Referenssi (perinteinen tekniikka)**

Luokkaan valaistus on toteutettu mm.

- Ripustettava 1 x 45 W Eco TL5 loisteputkivalaisin, Dali.
- Suora ja epäsuora valaistus
- 3 kpl Dali-seinätauluvalaisimet epäsymmetriset.
- 12 kpl Dali-yleisvalaisimet symmetriset.
- Valaistusohtaus on varustettu multisensorilla vakio- ja läsnäolo-ohjauksella.
- Integroitu multisensorivalaisimet (2 kpl) ohjaavat muita samassa valaisinrivissä olevia valaisimia.
- Kahdella Dali-väylällä varustetut kahdet valaisinrivit.
- Vakiovalo-ohjaus toimii yleisvalaistuksessa.
- Läsnaolo-ohjaukseen liitettiin sekä yleisvalaistus sekä tauluvalaistus.

Luokkaan valaistus toteutettu mm.

- Kattoon asennettavat 1 x 58 W T8 loisteputkivalaisimet, joissa oli kuristin liitäntälaitteet.
- Suora valaistustapa
- 3 kpl tauluvalaisimet epäsymmetriset.
- 12 kpl yleisvalaisimet symmetriset.
- Valaistusohtaus oli toteutettu siten, että jokaisille valaisinriville omalla kytkin ja tauluvalaisimille oma.
- Valaistusohtaus täysin manuaalinen.
- Luokkahuoneessa paljon ja matalia ikkunoita, mikä heikentää päivänvalon hyödyntämistä.

Rasinmäen ja Olkkosen [16] mukaan energiansäästöjen lisäämiseksi kaikki loisteputket muutettiin Eco TL5-loisteputkiksi ja putkien tehot laskettiin 45 wattiin. Tauluvalaisimissa on vain 25 W Eco TL5-loisteputkia. Kaikki valaisimet vaihdettiin Dali-valaisimiksi, koska luokassa haluttiin hyödyntää keinovalon säätöä ja läsnäolo-ohjausta.[16.]

Rasinmäen ja Olkkosen [16] laskelmien mukaan pilottitekniikan mukaisella varustetulla valaistuksella energiankulutus on 492,8 kWh vuodessa ja referenssin mukaan varuste-

tulla valaistuksella 994 kWh vuodessa. Rasinmäen ja Olkkosen [16] mukaan energiankorjauksella luokkahuoneen valaistuksen vuotuista energiankulutusta saatiin vähennettyä 501,2 kWh (prosentuaalinen lasku vuotuisessa kulutuksessa oli 50 %). Tämä vastaa 100,2 kg vähennystä vuotuisissa hiilidioksidipäästöissä. [16.]

Save Energy-projektin verkkosivun mukaan pilottiluokkahuoneen valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus vuodelta 10/2010–09/2011 oli yhteensä 206,3 kWh. Jostain syystä valaistuksen energiankulutusarvoja eivät olleet ilmoitettu elokuulle ja syyskuulle 2012. Vertailua varten oletettiin elokuun ja syyskuun energiankulutus kuten loka-kuun kulutus. Tällöin saatiin luokkahuoneen valaistuksen vuotuiseksi energiankulutukseksi yhteensä 269,3 kWh. [22.]

Vertailtuani Save Energy -projektin verkkosivun ilmoittamia valaistuksen vuotuisia kulutusarvoja laskettujen pilotin mukaisen vuotuisen energiankulutusarvojen kanssa, voidaan todeta että todellinen vuosikulutus on noin 45,5 % vähemmän kuin laskelmissa. Syynä voisi olla, että todellista käyttöaikaa on ollut luokassa vähemmän kuin standardissa EN 15193-1 on oletettu. Toisaalta käyttäjät ovat hyödyntäneet paljon luonnonvaloa oppitunnin aikana.



Kuvio 20. Pihkapuiston vanhan puolen luokka ja valaistuksen ohjauspainikkeet.

Luokkahuone sijoittuu rakennuksessa kadun puolelle, missä auringonvalo häikäisee aamupäivällä. Käyttäjäkyselyn (liite 4) mukaan oppitunnin aikana on jouduttu laskemaan verhot puoliin väliin, jopa joskus kokonaan alas ja kiinniasentoon. Vaikka auringonvalo on ollut häiriötekijänä, käyttäjät ovat hyödyntäneet paljon luonnonvaloa oppitunnin aikana. Valot himmennevät automaattisesti, joten oppitunnin aikana ei ole tarvinnut käydä ohjauskytkimen luona. Luokan valaistus on ollut riittävä ja on toiminut hyvin. Ohjauspainikkeet voisivat olla vielä selkeämmät, kuitenkin kuvion 20 mukaisia

oppi käyttämään suhteellisen nopeasti. Alkuvaiheessa luokkalaiset olivat ihmetelleet valojen käyttäytymistä, mutta olivat tottuneet nopeasti. He ovat ylpeitä, kun heidän luokassa on tällaiset valaistusratkaisut ja toivovat, että samantyyppiset valaistusratkaisut voisi olla muissakin luokissa. Häikäisyn estämiseksi käyttäjät ehdottivat auringonvarjostinta ulkopuolelle, joka toimisi automaattisesti.

Kuviossa 21 on esitetty, kuinka multisensorivalaisimet on sijoitettu. Kaksi ikkunapuoleista valaisinriviä on varustettu multisensoreilla, jotka ohjaavat muita samassa valaisinryhmässä olevia valaisimia. Kaksilla multisensorivalaisimilla saatiin säätötulosta parannettua. [16.]

Muut valaisimet, tauluvalaisin mukaan lukien, on liitetty master-valaisimiin kahdella erilaisella DALI-liitännällä. Ikkunapuoleisen valaisinrivin valaistusvoimakkuus on 30 % pienempi kuin muilla rivivalaisimilla. Tasoero-ohjauksella saadaan koko tilaan tasaista valoa. [16]

Vakiovalo-ohjaus on liitetty luokahuoneen yleisvalaistukseen. Läsäolo-ohjaus on liitetty luokan kaikkeen valaistukseen, jotta saadaan kaikki valot sammutettua automaattisesti tunnistimen avulla. [16.]



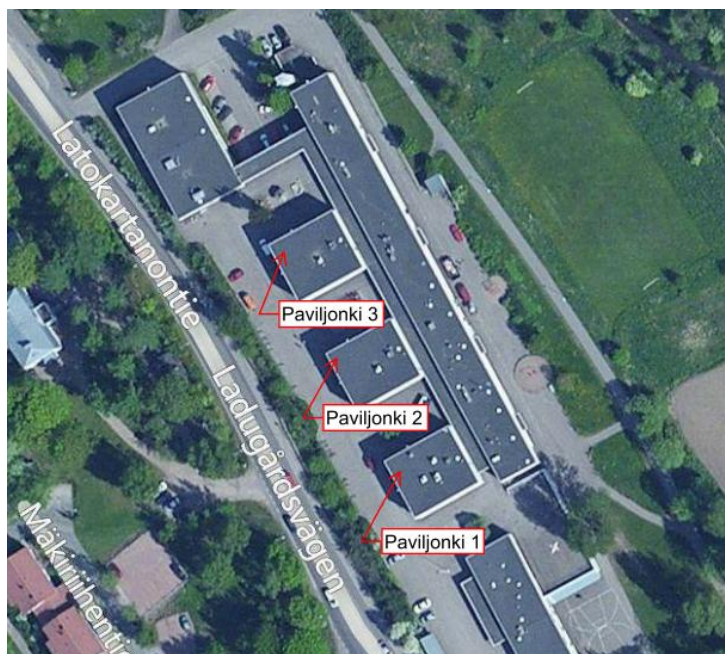
Kuvio 21. Uusi valaistusratkaisu (multisensorin sisältävät master-valaisimet on kuvassa merkitty valkoisella nuolilla).

3.3 Koulurakennus Ala-Malmin peruskoulu

Ala-Malmin peruskoulu (kuvio 22) on yhtenäinen peruskoulu luokille 6–9. Peruskoulu on rakennettu 1965. Koulurakennus muodostuu kolmesta rakennuksesta (paviljongista) ja koulun kokonaispinta-ala on noin 7000 m². Koulussa on n. 300 oppilasta ja 50 opettajaa.

Ala-Malmin peruskoulu on yksi EU:n Save Energy-projektin pilottikohde Helsingissä, joissa kolme erillistä paviljonkia. Kaikki paviljongit sijaitsevat vierekkäin, jolloin saadaan ympäristöolosuhteet ja luonnonvalonmäärät samalle tasolle. Valaistuksen osalta ne ovat identtisiä keskenään. [27.]

Juuri kun kaikki oli saatu toimivaksi ja koulussa kaikki olivat joutuneet venymään ja punnertaneet yhteisen hyvän eteen, opetuslautakunta päätti, että peruskoulu lakkautetaan 1.8.2012 alkaen. Syynä oli se, että lasten määrä alueella vähenee merkittävästi. [28.] Nykyään koulussa toimii Stadin ammattiopisto ja koulu on täällä hetkellä remontissa.



Kuvio 22. Ala-Malmin peruskoulu.

Luokkakohtaista energianseurantaan varten on asennettu energiankulutusmittari ryhmäkeskukseen (kuvio 23). Ryhmäkeskus sijaitsee Paviljonkien kellarikerroksessa ja energiankulutusmittarilta saadaan energiankulutustietoja eteenpäin.



Kuvio 23. Ala-Malmin peruskoulun valaistuksen jälkimittaus.

Koska Rasinmäen ja Olkkosen [16] aikana ei ole saatavissa vielä todellisia mitattuja luokkakohtaisia vuotuisia energiankulutusarvioita, tässä opinnäytetyön osassa hyödynnettiin Rasinmäen ja Olkkosen [16] laskettuja tuloksia ja verrattiin Save Energy-projektin verkkosivuun, jossa on ilmoitettu luokkakohtaisia reaalisia mitattuja energiankulutusarvoja.

3.3.1 Luokkahuoneet, Paviljonki 1 ja 2

Tässä esitellään Paviljonkien (kuviot 24) valaistusratkaisut ja ohjaustavat pilotti- ja referenssitekniikalla.

Pilotti (ICT-pohjainen energianhallinta- tekniikka) **Referenssi (perinteinen tekniikka)**

Paviljonki 2

Vakiovaloon perustuva valaistuksen ohjaus, läsnäolo-ohjaus

- Ripustettavilla 2 x 25 W Eco TL5-loisteputkivalaisimilla, joissa elektroniset liitäntälaitteet, 1-10 V.
- Suora ja epäsuora valaistus.
- 3 kpl 1 x 25 W tauluvalaisimia epäsymmetrisiä.
- 9 kpl yleisvalaisimia symmetrisiä.
- Loisteputkiin kiinnitettävät valaisinrivikohtaiset valoanturit.
- Ohjaustoimintaa master ja slave.
- Vakiovalo-ohjaus toimii yleisvalaistuksissa.
- Luokkahuoneessa on paljon ja matalia ikkunoita, mikä heikentää päivänvalon hyödyntämistä.

Paviljonki 1

- Ripustettavilla 2 x 28 W TL5-loisteputkivalaisimilla, joissa elektroniset liitäntälaitteet.
- Suora ja epäsuora valaistus.
- 3 kpl 1 x 28 W tauluvalaisimet epäsymmetrisiä.
- 9 kpl yleisvalaisimia symmetrisiä.
- Puoliautomaattinen läsnäolo-ohjaus eli valot syttyvät vain kytkimistä, mutta sammuvat automaattisesti tunnistimen avulla.
- Valokytkimet toteutettu siten, että jokainen valaisinrivi omalla kytkimellä ja tauluvalaisin omalla.
- Luokkahuoneessa on paljon ja matalia ikkunoita, mikä heikentää päivänvalon hyödyntämistä.

Rasinmäen ja Olkkosen [16] mukaan kaikki elektroniset liitäntälaitteet vaihdettiin ohjattaviin 1-10 V liitäntälaitteisiin, koska vakiovaloon perustuva valaistuksen ohjaus vaatii tätä. Lisäksi kaikkiin valaisimiin vaihdettiin pienempitehoiset Eco TL5-loisteputket. Uudet pienempitehoiset loisteputket kuluttavat vähemmän energiaa ja niillä on hieman parempi polttoikä. [16.]

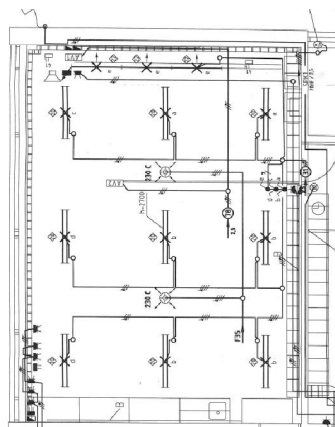
Rasinmäen ja Olkkosen [16] laskelmien mukaan energian kulutus pilottitekniikan mukaisella valaistuksella on 564,5 kWh vuodessa ja referenssin mukaisella valaistuksella 949,1 kWh vuodessa. Rasinmäen ja Olkkosen [16] mukaan energiankorjauksella luok-

kahuoneen valaistuksen vuotuista energiankulutusta saatiin vähennettyä 384,6 kWh (prosentuaalinen lasku vuotuisessa kulutuksessa oli 41 %). Tämä vastaa 69,7 kg vähennystä vuotuisissa hiilidioksidipäästöissä. [16.]

Save Energy–projektin verkkosivun mukaan Paviljonki 2 valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus 07/2010–06/2011 oli yhteensä 633,0 kWh ja Paviljonki 1 luokkahuoneen valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus 09/2010–08/2011 yhteensä 775,7 kWh. Jostain syystä valaistuksen energiankulutusarvot eivät olleet ilmoitettu heinäkuulle ja elokuulle 2011. Vertailua varten oletettiin heinäkuun ja elokuun energiankulutukseksi kesäkuun kulutus. Oletusarviolla saadaan Paviljonki 1 luokkahuoneen valaistuksen vuotuiseksi energiankulutukseksi yhteensä 812,3 kWh. [22.] Toisaalta heinäkuun energiankulutuksen voisi mahdollisesti jättää huomioimatta laskelmassa, koska käyttäjät ovat useimmiten lomalla.

Vertailtuani Save Energy-projektin verkkosivun ilmoittamia valaistuksen vuotuisia kulutusarvoja laskettujen Paviljonki 2 mukaisen vuotuisen energiankulutusarvojen kanssa, voidaan todeta, että todellinen vuosikulutus oli noin 11 % enemmän kuin laskelmissa. Syynä voisi olla, että todellisia käyttöaikaa on ollut luokassa standardissa EN 15193-1 annettuja oletusarvoja enemmän. Toisaalta luokassa on ollut iltatoimintoja käytössä.

Vertailtuani Save Energy-projektin verkkosivun ilmoittamia valaistuksen vuotuisia kulutusarvoja laskettujen Paviljonki 1 mukaisen vuotuisen energiankulutusarvojen kanssa, voidaan todeta, että todellinen vuosikulutus on noin 14,4 % vähemmän kuin laskelmissa. Syynä voisi olla, että todellisia käyttöaikaa on ollut luokassa standardissa EN 15193-1 annettuja oletusarvoja vähemmän.



Kuvio 24. Paviljonkien luokkahuone, pilotin aikana otettu kuva [16].

3.3.2 Luokkahuoneet, Paviljonki 1 ja 3

Tässä esitellään Paviljonkien (kuvio 25) valaistusratkaisut ja ohjaustavat pilotti- ja referenssitekniikalla.

Pilotti (ICT-pohjainen energianhallinta-tekniikka) **Referenssi (perinteinen tekniikka)**

Paviljonki 3

Vakiovaloon perustuva valaistuksen ohjaus, multisensoriohjaus

- Ripustettavilla 2 x 25 W Eco TL5-loisteputkivalaisimilla, joissa oli elektroniset liitännälaitteet, Dali.
- Suora ja epäsuora valaistus
- Dali-tauluvalaisimet epäsymmetriset.
- Dali-yleisvalaisimet symmetriset.
- Valaistusohtaus on varustettu multisensorilla vakio- ja läsnäoloohjauksella.
- Erillisiä multisensoreita, jotka sisälsivät valoanturin ja infrapuna anturin (PIR) läsnäolotunnistusta varten.
- Kahdella Dali-väylällä on kahdet säätöryhmät, jonka toinen ryhmä pysyy 30 % kirkkaamana.
- Vakiovalo-ohjaus toimii vain yleisvalaistuksissa.

Paviljonki 1

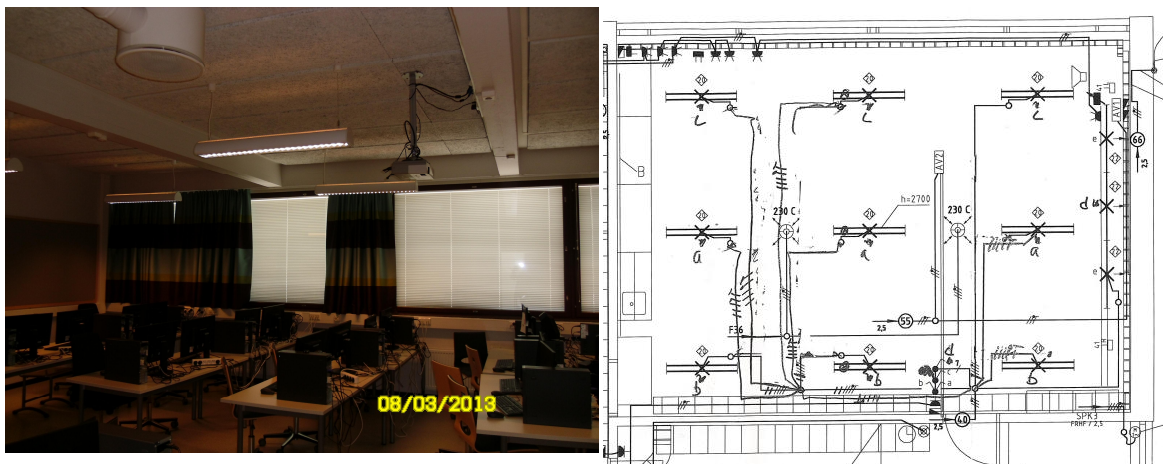
- Ripustettavilla 2 x 28 W TL5-loisteputkivalaisimilla, joissa elektroniset liitännälaitteet.
- Suora ja epäsuora valaistus
- 3 kpl 1 x 28 W tauluvalaisimet epäsymmetriset.
- 9 kpl yleisvalaisimet symmetriset.
- Puoliautomaattinen läsnäolo-ohjaus eli valot syttyvät vain kytkimistä, mutta sammuvat automaattisesti tunnistimen avulla.
- Valokytkimet toteutettu siten, että jokaisille valaisinriville oma kytkimen ja tauluvalaisimille oma.
- Luokkahuoneessa on paljon ja matalia ikkunoita, mikä heikentää päivänvalon hyödyntämistä.

Rasinmäen ja Olkkosen [16] mukaan kaikki elektroniset liitännälaitteet vaihdettiin DALI liitännälaitteisiin, koska DALI-protokollaan perustuva multisensoriohjaus vaati tätä. Lisäksi kaikkiin valaisimiin vaihdettiin pienempitehoiset Eco TL5-loisteputket. [16.]

Rasinmäen ja Olkkosen [16] laskelmien mukaan energian kulutus on pilottiteknikan mukaisella valaistuksella 564,5 kWh vuodessa ja referenssin mukaisella valaistuksella 949,1 kWh vuodessa. Rasinmäen ja Olkkosen [16] mukaan energiankorjauksella luokkahuoneen valaistuksen vuotuista energiankulutusta saatiin vähennettyä 384,6 kWh (prosentuaalinen lasku vuotuisessa kulutuksessa oli 41 %). Tämä vastaa 69,7 kg:n vähennystä vuotuisissa hiilidioksidipäästöissä. [16.]

Save Energy-projektin verkkosivun mukaan Paviljonki 3 valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus 09/2010–08/2011 oli yhteensä vain 227,5 kWh. Jostain syystä valaistuksen energiankulutusarvoja ei ollut ilmoitettu tammikuusta elokuun 2011. Tässä tapauksessa päädyttiin jättämään vertailu tekemättä. [22.]

Koska koulun toimintaa lakkautettiin syksyllä 2012, tutkimuskäynnin yhteydessä ei voinut kysellä käyttäjien mielipiteitä (liite 4). Kouluisäntä on ollut pilotin aikana mukana ja nykyään toimii edelleen kouluisäntänä Stadin ammattioppilaitoksessa. Hänen mukaan käyttäjiltä ei tullut mitään palautteita luokkien valaistuksista ja ohjauksista. Hänelläkään ei ollut mielessä, että olisi ollut ongelmia valaisimien tai ohjausten kanssa.



Kuvio 25. Paviljonkien luokkahuone. Luokkahuoneen toiminta on muuttunut ATK-luokaksi pilotin jälkeen.

3.4 Terveydenhoitoalan rakennus

Syyskuussa 2012 päättynyt HosPilot-projekti osoitti merkittävä energiansäästöjä niin peruskorjauksessa kuin uudisrakentamisessa. Kyseessä on Euroopan unionin laajuisen hanke ja mukana on 11 eri yhteistyötahoa. Kolmivuotisessa (2009–2012) hankkeessa ovat mukana Suomi, Espanja, Hollanti, Ranska ja Monaco. Hankkeen kokonaiskustannukset olivat noin viisi miljoona euroa, joista puolet tuli EU:lta. [30.]

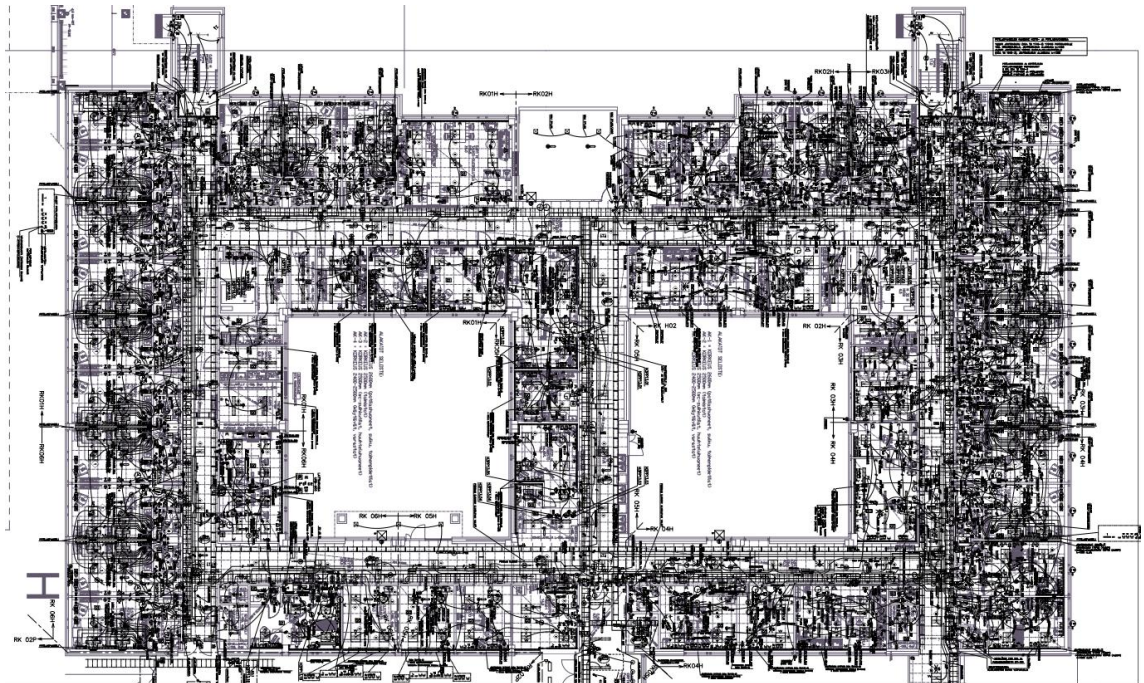
Seinäjoen keskussairaala (kuvio 26) oli valittu yhdeksi HosPilot kohteeksi. HosPilot-projektin valittu vuodeosasto sijaitsee 1. kerroksessa H-rakennusosassa. Osasto oli jaettu kahteen osaan, jossa toisessa synnytysvuodeosastossa H01 käytettiin perinteistä tekniikka ja toisessa naisten tautien vuodeosastossa ICT-tekнологiaan perustuvia älykkäitä ohjausjärjestelmiä.[30.] Sairaalan rakennus on rakennettu 1979. Lähes 10 000 m² B-osan ensimmäinen laajennus on valmistunut vuonna 2006 ja toinen 34 000 m² Y-talo on valmistunut vuonna 2012. Pilottikohteen laajuus on 2 000 m² ja sairaalan kokonaispinta-ala 134 000 m². [29.]



Kuvio 26. Seinäjoen keskussairaala, Etelä-Pohjanmaa.

Sähkön osalta HosPilot-projektissa tutkittiin valaistuksen läsnäolo-ohjauksen ja luonnonvalon määrän huomioivan vakiovalo-ohjauksen säästöpotentiaalia. Myös Led-valaistus huomioitiin säästöpotentiaalissa. Olosuhteita ja energiankulutusta seurattiin vuoden kestäväällä mittausjaksolla, joka alkoi loppuvuodesta 2010. [30.]

Tässä osassa kerrotaan, mitä HosPilot-projektin tavoitteita ja tuloksia on saatu HosPilot-projektin jälkeen ja miten sairaalan henkilökunta on kokenut valaistuksen ja valaistusohjauksen. Mittaustuloksissa on hyödynnetty Tapani Palmusen laatimaa diplomityötä, joka on tehty Granlundille [24]. HosPilot-mittaustulokset on esitetty liitteissä 5 ja 6. Kohteen sähköpiirustus on esitetty kuviossa 27.



Kuvio 27. Seinäjoen keskussairaala, H-osaston sähköpiirustus.

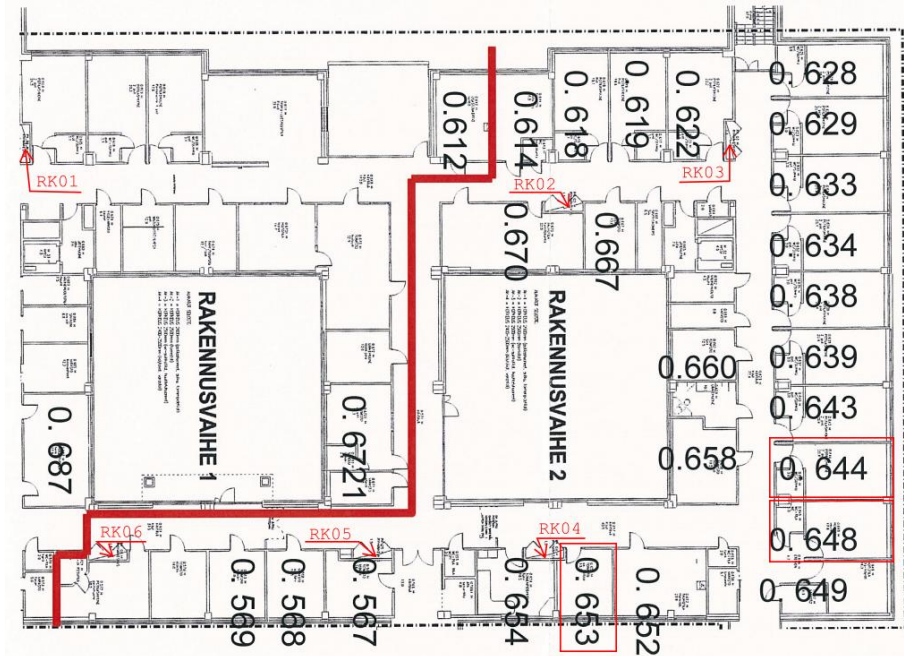
3.4.1 Pilotoinnin tavoitteet

HosPilot-hankkeen tavoitteena oli löytää energiaa säästävää ratkaisuja. Niiden avulla saadaan viihtyvyyttä ja olosuhteet voidaan pitää vähintään samantasoisina tai jopa parempina verrattuna normaaleihin perusratkaisuihin. Energian pienentämiselle oli asetettu kaksi päätavoitetta: energiankulutuksen seuranta ja energiansäästöratkaisujen

kannattavuuden arviointi. Hankkeen tarkoitus oli seurata yksityiskohtaisesti koko vuodeosaston energiankulutusta ja vertailla eri osastojen ja huoneparien energiankulutusta. Hankkeessa löydetty energiantehokkaat ratkaisuja on tarkoitus hyödyntää sairaaloiden lisäksi erityyppisissä terveydenhuollon rakennuksissa sekä muussa julkisessa rakentamisessa. Sairaalan käyttäjien kommentit otettiin myös huomioon. Käyttäjälähtöisyys ja käyttömukavuus olivat hankkeessa merkittävässä roolissa. [31.]

3.4.2 Osaston sähköenergian kulutus ja valaistusratkaisut

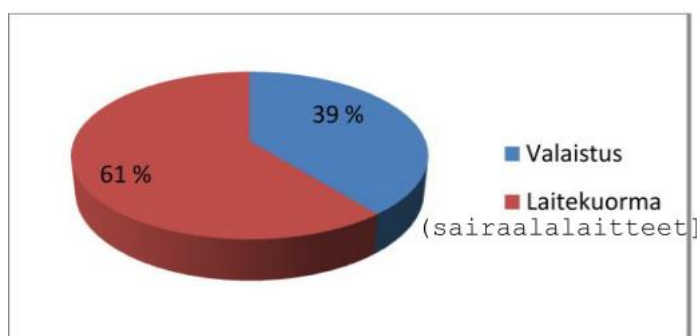
Vuodeosastot valittiin pilottikohteeksi sen takia, että H01- ja H02-osastot ovat toiminnaltaan samankaltaisia. Sähkön jakelualueet jaettiin kuudelle eri ryhmäkeskukselle, jotka palvelevat kukin omaa aluettaan. H01-osaston alueelle on sijoitettu kolme ryhmäkeskusta ja H02-osastolle myös kolme. Jokaisessa ryhmäkeskuksessa on ryhmäkohtaiset energianmittarit, joiden avulla voidaan seurata energiankulutusta aluekohtaisesti. Mittauksessa on erotettu valaistuksen ja laitekuormien energiankulutus. Kuviossa 28 on esitetty keskusten sijainnit ja pilottirajat H-osastossa. Punaisella merkityjä huonetiiloja on tässä osassa käytetty esimerkkikuvana. [32.]



Kuvio 28. Ryhmäkeskusten sijainnit ja pilottirajan H-osastossa.

Valaistusratkaisut on varustettu siten, että H01-osasto on toteutettu perinteisillä huonekohtaisilla valokytkimillä palamaan ja pois. H02-osastolla on läsnäolo-ohjaus jokaisessa tilassa. Lisäksi joissakin tiloissa käytettiin joko luonnonvalo-ohjausta tai vakiovalo-ohjausta. Läsnaolo-ohjaukset on liitetty LON-väyläpohjaiseen järjestelmään, joka on liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään. Tämä mahdollistaa, että tiloista saadaan kerättyä mm. läsnäolotietoja, jonka avulla voidaan ohjata tilojen valaistusta. H02-osaston varastohuoneissa on käytetty led-valaisimia. [32.]

Sairaalan osastoilla sairaalalaitteet kuluttavat sähköenergiaa huomattavasti enemmän kuin valaistus. HosPilot-hankkeen H-osan vuodeosastossa mitattiin ryhmäkohtaisesti valaistusta ja sairaalalaittekuormaa. Kuviossa 29 on esitetty osaston puolen vuoden energiankulutuksen jakautuminen valaistukselle ja laitekuormalle. [24]



Kuvio 29. HosPilot-hankkeen H-osan vuodeosaston sähköenergian kulutuksen mittauksissa saatu keskimääräinen kuukausittainen valaistuksen ja laitekuorman jakautuminen.

3.4.3 Potilashuoneen sähköenergian kulutus ja valaistusratkaisut

Pilotin osaston potilashuoneissa (kuvio 30) potilaspaneelin ylä- ja alavaloa ja eteisen valoa ohjataan läsnäolon ja luonnonvalon mukaan. Huoneen yleisvalaistusta ohjataan potilaspaneelista suoraan painikeohjauksella (switchDIM). Työtason ja yövalon valaistusohjausta ohjataan oven pielestä. Potilashuoneen sosiaalitulassa valoa ohjataan läsnäolo-ohjauksella ja valaisin on Led-valaisin [32]. Kun huoneen valaistus on luonnonvalo-ohjauksessa, ikkunan puoleiset valaisimet sammutetaan kokonaan. Pääasiassa päivänvalo-ohjaus on toteutettu vakiovaloon perustuvana valaistuksen ohjauksena. Tämä tarkoittaa, että valoisuusanturi säätää valaisimien valaistustehoa päivänvalon määrän mukaan. [33.]

Referenssin osaston potilashuoneiden valaistusratkaisut ovat kuten pilottiosaston potilashuoneissa. Ainoa ero ratkaisussa on se, että valaistusta ohjataan perinteisellä valokytkimillä palamaan ja pois oven pielestä.

Luonnonvalo ja vakiovalosäädöllä varustetut potilashuoneet on varustettu huonekoh-
taisilla käyttöpainikkeilla, joilla ko. toiminto voidaan käyttäjän toimesta tarvittaessa pois-
taa käytöstä. Käyttöpainike, jossa on opastavia kilpiä neljälle painikkeelle, on asennettu
ovenpieleen muiden kojeiden ryhmässä. Läsnaolotunnistin ja käyttöpainike on liitetty
LON-väylään. [32.]

Potilashuoneissa on käytetty sekä vakiovalo että luonnonvalo on/off ohjausta, koska
tarkoitus oli saada mahdollisemman hyvin vertailudata eri huonetyypeistä. Potilashuo-
neen sosiaalitulassa on käytetty pelkästään läsnäolo-ohjausta. Potilashuoneen valais-
tuksen sammutusviive on asetettu 15 minuutiksi ja sosiaalitulassa sammutusviive 2 mi-
nuutiksi. Läsnaoloantureille on asetettu säätöraja, kuten vakiovalosäätöisissä poti-
lashuoneissa 450–525 luksia ja ulkovaloraja 1000–1500 luksia. Nämä luksiasetukset
ovat käyttäjän muutettavissa. [33.]



Kuvio 30. HosPilot-potilashuone 0.644

HosPilot-hankkeen mittausten mukaan potilashuoneiden valaistus oli pakotettuna pois
päältä yli 80 % ajasta puolen vuoden aikana. Syynä on se, että läsnäolotunnistin syytti
valoja yölläkin läsnäolotiedon vaihdeltaessa. Lisäksi läsnäoloanturi antaa väärää tietoa
järjestelmälle, joka sammuttaa valoja, vaikka huoneessa on läsnäolijaa. Kun valo-
ohjaus tämän takia kytkettiin pois valinnasta, se unohtui asentoon helposti. [33.]

Ohjauspainikkeiden (kuvio 31) käyttöä käyttäjä on toivonut yksinkertaisemmaksi ja helpommaksi. Painikkeita on liikaa ja painikkeiden opastavat kilvet ovat liian pienellä tekstillä. Opastavia tekstejä on vaikea ymmärtää ”lyhyt: Automaattiohjaus/Pitkä: Pakotus”. Tässä osastossa käyttäjien ikäero on merkittävä suuri. [33.]

Potilashuoneen sosiaalitulassa valot ovat sammuneet kesken toiminnan ja valaistus on liian kirkas. Tilassa tuntuu olevaan liikaa valaistusvoimakkuutta ja tullessa sisään valo häikäisee kirkkaasti silmiin. [33.]

Pilottiosaston luonnonvalon hyödyntämisen kannalta on tullut positiivista palautetta. Luonnonvaloa on hyödynnetty ja verhot on pidetty auki-asennossa ja jopa kokonaan ylhäällä, päinvastoin kuin referenssiosastossa potilashuoneessa. Syynä on se, että vastasyntyneet perheineen halua olla rauhassa. [33.]



Kuvio 31. HosPilot-referenssiosaston potilashuoneen ovipielen kytkimet vasenpuoleinen ja pilottiosaston oikeapuoleinen.

Käytävän valaistusratkaisut

Pilottiosaston käytävän (kuvio 31, oikeapuoleinen) valaistusta ohjata läsnäolotunnistimella, joka on liitetty LON-järjestelmään ja kiinteistövalvontajärjestelmään. Virka-aikana valot palavat täysillä ja virka-ajan ulkopuolella himmennettynä. Valaistuksesta 1/3 on varavoimassa ja 2/3 normaalissa verkossa. Lisäksi käytävän seinävalaistusta ohjataan henkilökunnan tiloissa. [32.]



Kuvio 32. HosPilot–referenssiosaston käytävä on vasenpuoleinen ja pilottiosaston käytävä on oikeapuoleinen.

Valaistuksen käyttö koetaan erilaiseksi kuin referenssiosaston puolella, koska yön aikana valaistus himmentyy automaattiseksi miellyttäväksi tasoksi. Lisävaloa tarvittaessa syytetään seinävalaisimet henkilökunnan tiloista. Koska valaistus on liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään, virka-aikana valot palaavat täysillä, vaikka luonnonvaloa on saatavilla. [33.]

Referenssiosaston käytävän (kuvio 31, vasenpuoleinen) valot on ollut usein sammuttuna, koska valaistusta ohjataan perinteisillä ohjauspainikkeilla. Toisaalta vastasyntynyt vauva perheineen viihtyy enemmän luonnonvalon kanssa. Lisävaloa tarvittaessa painetaan käytävän ohjauspainikkeesta. [33.]

3.4.4 Tutkimuhuoneen valaistusratkaisut

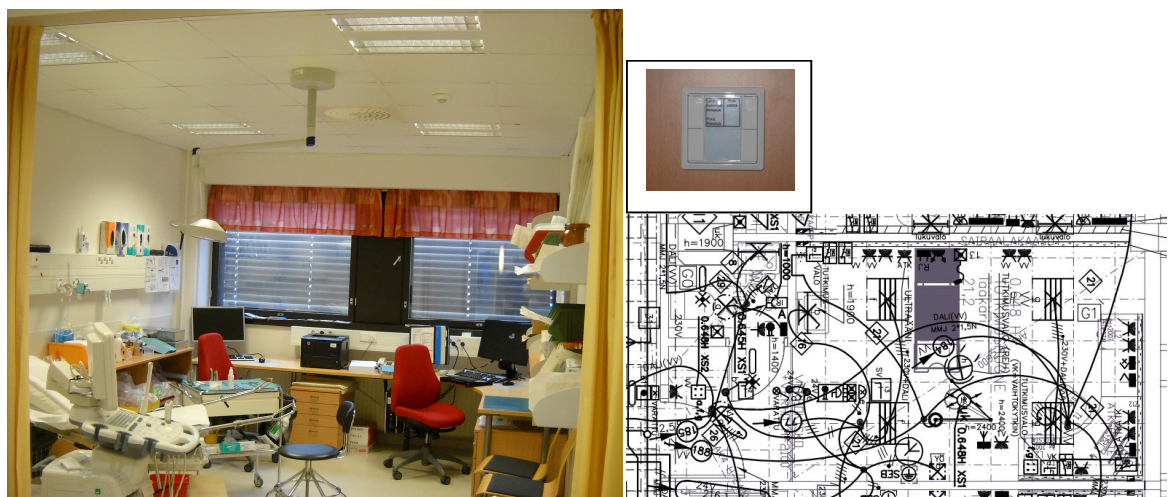
Tutkimuhuoneen (kuvio 33) yleisvalaistusta ohjataan läsnäolon ja luonnonvalon mukaan. Kun huoneen valaistus on luonnonvalo-ohjauksessa, ikkunanpuoleiset valaisimet sammutetaan kokonaan. Peilivalaisinta ja tutkimusvalon valaistusohjausta ohjataan omalla valokytkimellä. Tutkimuhuoneen sosiaalitulassa valoa ohjataan läsnäolon ohjauksella ja valaisin on led-valaisin. [32.]

Luonnonvalo ja vakiovalosäädöllä varustetut tutkimushuoneet on varustettu huonekoh-
taisilla käyttöpainikkeilla, joilla ko. toiminto voidaan käyttäjän toimesta tarvittaessa pois-
taa käytöstä. Käyttöpainike, joka on varustettu opastavilla kilvillä neljälle painikkeelle,
on asennettu ovenpieleen muiden kojeiden ryhmässä. Läsnaolotunnistin ja käyttö-
painike on liitetty LON-väylään. [32.]

Tutkimushuoneissa on käytetty sekä vakiovalo, että luonnonvalo- on/off ohjausta, kos-
ka tarkoitus oli saada mahdollisemman hyvin vertailudataa eri huonetyypeistä. Tutki-
mushuoneen sosiaalitulassa on käytetty pelkästään läsnäolo-ohjausta. Sosiaalitul-
valaistuksen sammutusviive on asetettu 2 minuutiksi. Läsnaoloantureille on asetettu
raja-arvoksi vakiovalosäätöisissä potilashuoneissa 700 luksia ja ulkovalorajaksi on/off
1500 luksia. Nämä luksiasetukset ovat käyttäjän muutettavissa. [33.]

Ohjauspainikkeiden käyttöä on toivottu yksinkertaisemmaksi ja helpommaksi. Painik-
keiden opastavat kilvet ovat liian pienellä tekstillä ja niitä on vaikea ymmärtää. Toimen-
piteiden valmistelun aikana on pyydetty työkaveria neuvomaan painikkeiden käytöstä.
Painikkeita on pidetty hankalina ja on käytetty ns. ”pitkä: Pakotus” -ohjausta. Toisaalta
valot ovat olleet sammuneina käyttäjien läsnäolosta huolimatta. Kun huoneessa työ-
kennellään pitkiäkin aikoja liikkumatta, valo saattaa sammua. [33.]

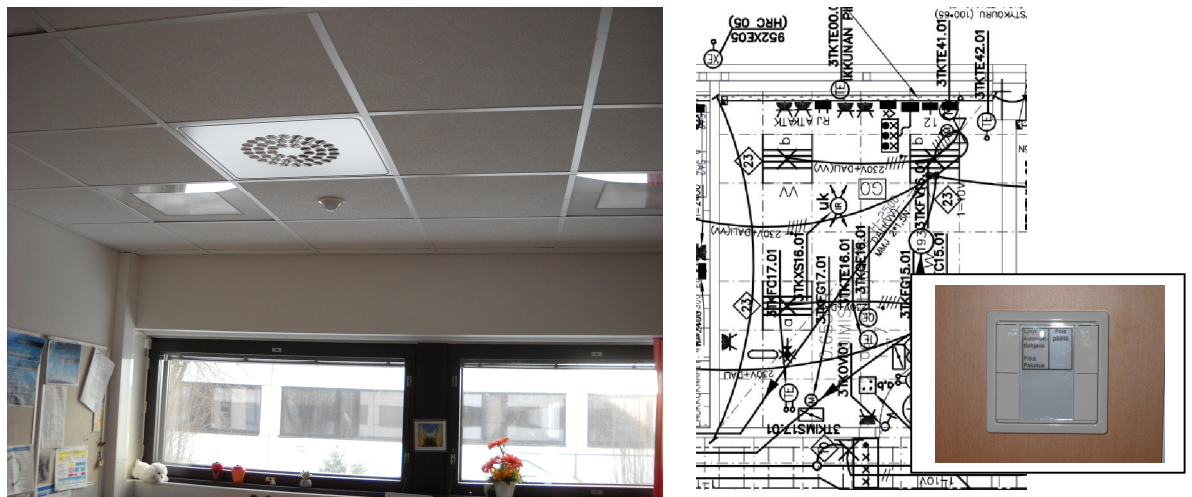
Luonnonvaloa ei voinut hyödyntää paljon, koska tutkimusaikana oli usein tilanteita, että
oli jouduttu pitämään verhot kiinni. Muulloin verhot olivat auki. [33.]



Kuvio 33. HosPilot-tutkimushuone 0.648

3.4.5 Toimistohuoneen ja henkilökunnan taukotilan valaistusratkaisut

Toimistohuoneen (kuvio 34) ja henkilökunnan taukotilan valaistusratkaisu on kuten tutkimushuoneen valaistusratkaisu. Valaistusohjauksen osalta on myös noudatettu tutkimushuoneen valaistusohjausta. Toimistohuoneen ja henkilökunnan taukotilan valaistuksen sammutusviive on asetettu 5 minuutiksi. Läsnaoloantureille on asetettu vakiovalosäätöisissä potilashuoneissa rajaksi 500–650 luksia ja ulkovalorajaksi on/off 1000–1500 luksia. Nämä luksiasetukset ovat käyttäjän muutettavissa. [33.]



Kuvio 34. HosPilot-toimistohuone 0.653

Luonnonvalon hyödyntämisen kannalta on tullut positiivista palautetta, että on hyödynnetty mahdollisimman paljon ja verhot on pidetty auki jopa kokonaan ylhäällä pidettynä. Valaistusohjausten käyttöongelmaa ei ollut kuten muissa tiloissa.

3.4.6 Käyttäjien aktivoimien

HosPilot-hankkeen mittaustulosten perusteella valaistuksen ja ohjausten ei voitu todeta, että toteutetut ratkaisut olisivat tuoneet säästöjä pilotoinnin kuuden kuukauden jaksolla. Syynä on se, että kytkimet oli sijoitettu hankalasti käytettävän paikkaan ja niitä oli vaikea ymmärtää ja käyttää. Lisäksi potilaspaiikkojen omat säädettävät valaisimet, pehdytyksen puute ja ohjauksen virheellinen toiminta aiheuttivat manuaalista käyttöä. Jatkossa tilannetta voitaisi parantaa henkilökunnan ohjeistuksella, kytkimien selkeällä merkinnällä, valaistusohjausten käyttöohjeilla potilashuoneissa ja ohjausten autoasennon käyttämisellä.

4 Yhteenveto

Energiantehokkaassa suunnitteluprosessissa tärkeäksi asiaksi olisi nostettava asettaa hyvissä ajoin tavoitteet hankkeiden valaistustehokkuudelle ja valaistusenergian kulukselle. Asettamalla tavoitteita edellytetään myös muilta suunnittualoilta energiantehokkuuden hallintaa ja hyvää yhteistyöhenkeä. Suunnittelussa tulisi tarkastella nykyisiä järjestelmiä rakennuksessa ja niiden kokonaisenergiankulutuksesta. Pelkästään erillisten osa-alueiden tarkastelu ei riitä. Toimenpiteiden vaikutuksia energiankulutukseen tulisi arvioida jo hankesuunnitteluvaiheessa ja arvioida niiden merkitystä ja järkevyyttä kokonaisuuden kannalta. Ehdotetut ratkaisut tulisi olla toimintavarmoja, kannattavia ja muunneltavia. Energiantehokkuus on hyvin laaja kokonaisuus, jota ei välttämättä osata huomioida riittävästi suunnittelussa. Siksi sen arviointi suunnittelijoiden toimesta on tärkeää.

Peruskorjauskohteissa valaistusratkaisut tulisi valita tapauskohtaisesti, rakennuksen omista lähtötiedoista ja ominaisuuksista lähtien. Yksittäisillä energiansäästötoimenpiteillä ei välttämättä saada aikaan suurta vaikutusta kokonaisenergiankulutukseen. On syytä keskittyä kokonaisuuden hallintaan. Peruskorjauskohteissa toteutettavat yksinkertaisimmat ratkaisut valaistuskulutuksen pienentämiseen ovat valaistuksen säätöjärjestelmien uusiminen, ohjausten käytön helpottaminen ja valaistuksen tarpeen mukainen käyttö. Oikein mitoitettujen tarpeen mukaiset ratkaisut säästävät valaistusenergiaa sekä kuluttavat vähemmän sähköä.

Sairaaloiden peruskorjaus vaatii monien eri suunnittelualueiden yhteen sovitettua työskentelyä ja keinojen miettimistä energiantehokkaan lopputuloksen saamiseksi. Sairaaloiden tilasuunnittelun ja valaistusratkaisun pitää olla joustava ja muunneltava, koska sairaaloiden käytännöt muuttuvat hyvin paljon ajan kuluessa. Nykyisten teknisten järjestelmien toiminta on tutkittava ja on oltava tietoinen, mitkä järjestelmät siihen liitetään, koska usein sairaalan toiminta on jatkuttava melko normaalisti peruskorjauksen aikana.

Valaistusenergiehtokkuuteen vaikuttavat myös asennustavat, liitännälaitteet, valolähteiden valotehokkuus, värinistökyvyt ja huolto. Valaistusten eri ohjaustavoilla luodaan aina säästöpotentiaalia joko pienellä tai suurella säästöillä. Toimistovalaistuksen vuotuisen energiankulutuksen tarkastelussa vertauskohteena käytettiin vanhaa toteutusta-

paa, jossa valaistuksen ohjaus oli perinteinen. Laskentatuloksien perusteella saatiin selville, kuinka suuret säästöpotentiaalit eri ohjaustavoilla on. Uudella valotekniikalla ja läsnäolo- ja päivänvalo-ohjauksella energiansäästö on noin 40–50 %.

Koulujen todelliset mitatut energiankulutusarvot poikkeavat merkittävästi oletusarvoista. Syynä on se, että todellinen käyttöaika poikkeaa standardissa EN 15193 esitetystä oletuskäyttöajasta. Toinen syy voisi olla se, kuinka aktiivisesti käyttäjä on hyödyntänyt luonnonvaloa luokassa. Toisaalta luokkatoiminta muuttui pilotoinnin jälkeen ATK-luokaksi ja sen todellinen energiankulutus vuodessa on suurempi kuin lasketetussa.

HosPilot-hankkeen mitattujen vertailutuloksien perustella pilottiosasto kuluttaa sähköenergiaa enemmän kuin referenssiosasto. Syitä tähän on todettu esimerkiksi se, että vastasyntyneen perhe seuraa televisiota myöhään ja herää myöhään aamulla tai päivällä. Sinä aikana valot on pidetty sammutettuina potilashuoneissa. Päinvastoin pilottiosastossa potilashuoneissa tehdään usein päivänaikana toimenpiteitä, jotta tarvitaan tutkimusta varten tehokkaasta valoa, kun taas vastasyntyneiden osaston potilashuoneissa tehdään pikaisia tarkastuksia. Toiseksi syyksi on todettu, että referenssiosaston käytävän valaistus on pidetty usein sammuksissa, mutta pilottiosastolla on ollut kaikki valot palamassa. Pilottiosaston käytävävalaistus on liitetty kiinteistövalvontajärjestelmään, joten virka-aikana valot on säädetty 100 täysille.

Sairaaloiden valaistusratkaisujen käyttäjät (henkilökunta ja potilas) vaativat erityisen helppokäyttöisiä ohjauslaitteita. Suunnittelijoiden pitäisi työssään paneutua tämän ymmärtämiseen sekä käytettävien ratkaisujen löytämiseen.

Energiansäästön savuttamiseksi on myös käyttäjällä hyvin paljon vastuuta ja siitä syystä järjestelmiin perehdyttäminen on tärkeä. Jos valaistuksen ohjauksen suunnittelussa ei ole otettu riittävän hyvin huomioon käyttäjien kommentteja tai ohjeet eivät muuten toimi oikein, ohjauksista ei välttämättä saada toivottuja tuloksia. Teknologioita hyödyntämällä saadaan aikaan vain rajallisesti energiansäästöjä. Käyttäjän aktivoiminen energian järkevään käyttöön antaa mahdollisuuden saavuttaa energiansäästöä.

Lähteet

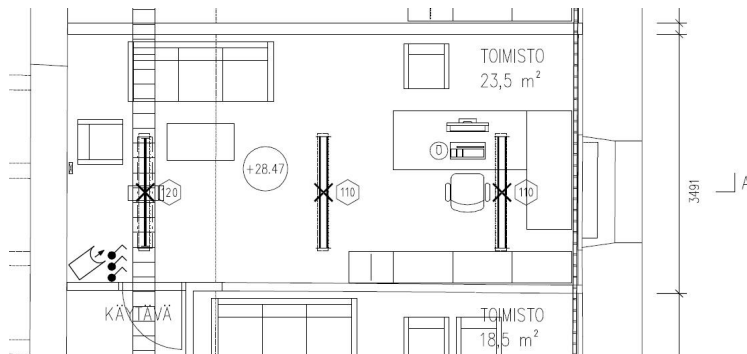
- 1 Lampputyypit 2013. Verkkodokumentti. Lampputieto.
<<http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/hehkulamppu//lamput/lampputyypit/hehkulamppu/>>. Luettu 11.3.2013.
- 2 Nuutinen, Tom,; Tapiola pääkonttori 2 – valaistusten ohjaustapojen vaikutus energiansäästöön. Opinnäytetyö.
Espoo: Metropolia ammattikorkeakoulu. 29,11.2010.
- 3 Valaistussuunnittelu 2013. Verkkodokumentti. Laatuvalo Oy
<<http://www.laatuvalo.fi/valaistussuunnittelu>>. Luettu 11.3.2013.
- 4 Valaistussuunnittelu 2013. Verkkodokumentti. Valoa design Oy
<<http://www.valoa.com/2011/08/valaistussuunnittelu-3/>>. Luettu 11.3.2013.
- 5 Energiantehokas valaistus 2013. Verkkodokumentti. Suomen Valoteknillinen Seura <http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf>.
Luettu 11.3.2013.
- 6 Luova toimistovalistus 2013. Verkkodokumentti. Fagerhult Oy
<<http://fagerhult.fi/indoor/office/>>. Luettu 15.3.2013.
- 7 Kouluvalistus 2013. Verkkodokumentti. Fagerhult Oy
<<http://fagerhult.fi/indoor/skola/>>. Luettu 15.3.2013.
- 8 Valoa hoitotyön sankareille 2013. Verkkodokumentti. Fagerhult Oy
<<http://fagerhult.fi/indoor/health-care/>>. Luettu 25.3.2013.
- 9 SVS ry. 2008. Valaistushankintojen energiantehokkuus.
Taustaraportti. Versio 4.0.
- 10 ST-kortisto 58.04, 2003. Valaistus, Yleisohjeet. Espoo: Sähköinfo Oy
- 11 Fagerhult valaistussuunnittelun opas, luettelo 2012-2013.
- 12 Stara Elektroskandia valaistussuunnittelun opas, luettelo 2009-2010.
- 13 Suomen standardoimisliitto SFS. Standardi SFS-EN 12464-1, 2011. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.
- 14 Valaistusta on uusittava 2013. Verkkodokumentti. Motiva Oy
<http://www.motiva.fi/files/2096/Valaistusta_on_uusittava_Tarkeaa_tietoa_kuntien_paattajille.pdf>. Luettu 25.3.2013.
- 15 Cooper Lighting and Security 2006. Lighting Solutions.
- 16 Olkkonen Ville, Rasinmäki Samuli 2010. Energiantehokas valaistus kouluympäristössä. Opinnäytetyö. Espoo: Metropolia ammattikorkeakoulu. 15.10.2010
- 17 D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Määräykset ja ohjeet 2012.

- 18 SFS-EN 15193. 2007. Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus.
- 19 Fagerhult Oy. 2011. Indoor Lighting Solutions. Luettelo 2012–2013.
- 20 IES homepage. More about IES, About Us. Verkkodokumentti. <<http://www.iesve.com/corporate/about-us>>. Luettu 3.4.2013.
- 21 Integrated Environmental Solutions. IES VE-Pro. Overview flyer. Verkkodokumentti. <http://www.iesve.com/software/flyers/ies_ve-pro_new_sep27.pdf>. Luettu 3.4.2013.
- 22 Save Energy-projekti 2010. Verkkodokumentti. Etusivu. <<http://saveenergy.metropolia.fi/>>. Luettu 4.4.2013.
- 23 Peltola Nina 2012. Rakennuksen muodon vaikutus kokonaisenergiakulutukseen käytettäessä painovoimaista ilmanvaihtoa ja valaistuksen päivänvalo-ohjausta. Diplomityö. Aalto: Aalto yliopisto. 21.2.2012.
- 24 Palmunen Tapani 2011. Energiatehokkuuden suunnittelu sairaalan peruskorjauksessa. Diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. 4.5.2011.
- 25 Lappalainen M. Energia- ja ekologiakäsikirja suunnittelu ja rakentaminen. Tampere 2010, Rakennustieto Oy.
- 26 Pietiläinen J., Kauppinen T., Kovanen K., Nykänen V., Nyman M., Paiho S., Peltonen J., Pihala H., Kalema T. & Keränen H., ToVa – käsikirja: Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. Espoo 2007, VTT tiedotteita 2413.
- 27 Greenet Finland 2010. Verkkodokumentti. Hanketoiminta, päättyneet hankkeet, Save Energy. <<http://www.greenetfinland.fi/fi/index.php/SaveEnergy>>. Luettu 9.4.2013.
- 28 Helsingin uutiset. Verkkodokumentti. <<http://www.helsinginuutiset.fi/artikkeli/59650-ala-malmin-peruskoulu-lakkautetaan>>. Luettu 9.4.2013.
- 29 Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Yleisesittely. Verkkodokumentti. <<http://www.epshp.fi/1/yleisesittely>>. Luettu 9.4.2013.
- 30 Terveys ja Talous R.Y. Verkkodokumentti. Terveys ja talous –lehti 2012/6. <http://www.terveysjatalous.fi/lehti/2012_06.pdf>. Luettu 9.4.2013.
- 31 Nykänen E., Ramiro M. & Hundt A. HosPilot Deliverable 3.2, Hospital baseline analysis. HOSPILOT – Intelligent Energy Efficiency Control in Hospitals, 2010
- 32 Katajamäki K. Seinäjoen keskussairaalan H-osan energiaselvitys. Seinäjoki 2010, Insinööritoimisto Granlund Pohjanmaa Oy. Julkaisematon.
- 33 Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuntayhtymä. Henkilökunnan kyselyyn pala- lavi. 19.03.2013. Julkaisematon.

Liite 1: Valaistusratkaisujen vertailulaskelmat

Valaistusratkaisu 1 (peruspaketti)

Valaistus toteutetaan peruspaketilla eli valaisimet ohjataan liiketunnistimella ja oven pielessä ohjataan valokytkimellä.



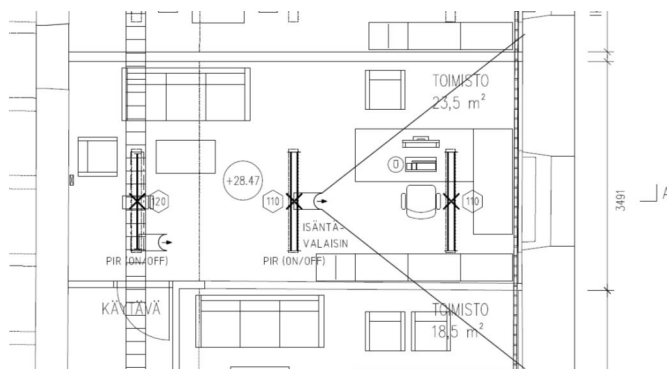
Peruspaketin hinta on:

2 kpl 2 x 35 W Closs Beta + 1 kpl 2 x 35 W Multifive Basic Beta = n. 400 €.

Peruspakettihintaan lisätään liiketunnistimen ja valokytkimien hinnat.

Valaistusratkaisu 2 (läsnäolosensori)

Valaistus toteutetaan läsnäolosensorilla (SwitchDIM/Dali). Valaisimet automaattisesti sytytys / sammutus kun liikettä havaita / ei havaita. Läsnäolosensori pystyy huolehti-
maan max. 2 liitälaitetta.

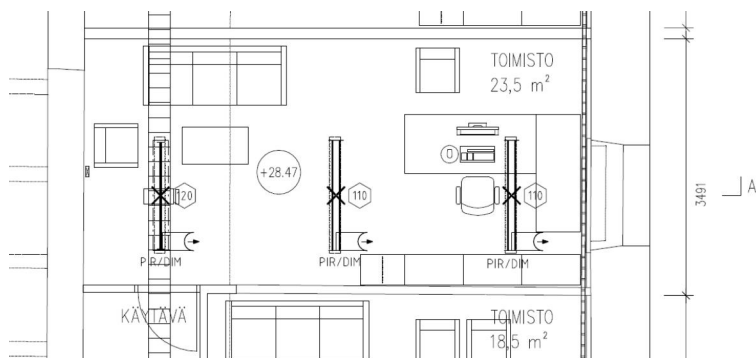


Läsnäolosensorin pakettihinta on:

1kpl 2 x 35 W Closs Beta sis. sensori + 1 kpl 2 x 35 W Closs Beta + 1 kpl 2 x 35 W Multifive Basic Beta sis. sensori = n. 500 €.

Valaistusratkaisu 3 (päivänvalosensori)

Valaistus toteutetaan päivänvalosensorilla (Actilume). Valaisimet automaattisesti sytytys/sammutus lisäksi himmentävät päivänvalon mukaan.



Päivänvalo sensorin pakettihinta on:

2 kpl 2 x 35 W Class Beta DIM sis. päivänvalosensori + 1 kpl 2 x 35 W Multifive Basic Beta DIM sis. päivänvalosensori = n. 700 €.

Liite 2: Toimistorakennuksen valaistuksen energiantehokkuusluvun laskenta ja tulokset

Valaistuksen vuosittaisen energiankäytön laskentaindeksi lasketaan standardin EN 15193 mukaan kaavalla 1:

$$\text{LENI} = W_{\text{kokonais}} / A \text{ (kWh/m}^2\text{, vuosi)} \quad (1)$$

, jossa

LENI on rakennuksen sisävalaistuksen kokonaisenergiankulutusta kuvaava indeksi (kW/m²/vuosi)

W_{kokonais} on valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus, johon huomioidaan valaistukseen käytetyn energian lisäksi valaistuksen ohjaus- ja liitäntälaitteiden lepokulutus, sekä turvavalaisuksen akkujen lataamiseen kuluva energia (kW/vuosi)

A on laskentaan huomioitujen valaistujen sisätilojen kokonaispinta-ala (m²).

LENI-luku lasketaan pikamenetelmällä kaavan 2 mukaisesti:

$$\text{LENI} = W_{\text{kokonais}} / A \text{ (kWh/m}^2\text{, vuosi)} + 6 \text{ kWh/m}^2\text{, vuosi} \quad (2)$$

Valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus lasketaan kaavalla 3:

$$W_{\text{kokonais}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} \text{ (kWh/m}^2\text{, vuosi)} \quad (3)$$

$$W_{\text{valaistus}} = [\sum(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]] / 1000 \quad (4)$$

P_n on valaisimien yhteenlaskettu teho rakennuksessa tai alueella

t_D on työtuntien määrä, jolloin päivänvaloa on käytettävissä (taulukko 1)

t_N on työtuntien määrä, jolloin päivänvaloa ei ole käytettävissä (taulukko 1)

F_D on päivänvalon saatavuuskerroin (taulukko 2)

F_O on läsnäolokerroin (taulukko 3)

F_C on ylimitoituksen kompensointikerroin, vakiovalojärjestelmällä

$F_C = (1 + \text{alennemakerroin}) / 2$ tai muuten vakioarvo 0,9.

Toimistohuoneen peruskorjauksen jälkeen (läsnäolo-/päivänvalo-ohjaus) valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus laskettiin kaavalla 3 ja kaavalla 4:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{valaistus}} &= [\sum(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]] / 1000 \\
 &= [(122 \times 0,9) \times [(2250 \times 0,9 \times 0,9) + (250 \times 0,9)]] / 1000 \\
 &= [109,8 \times (1822,5 + 225)] / 1000 \\
 &= (109,8 \times 2047,5) / 1000 \\
 &= 224815,5 / 1000 = \mathbf{224,82 \text{ kWh/vuosi}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{kokonais}} &= W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} \\
 &= 224,82 + (6 \times 9,5 \text{ m}^2) \\
 &= 224,82 + 57 = \mathbf{281,82 \text{ kWh/vuosi}}
 \end{aligned}$$

$t_D = 2250$ h (taulukko 1), $t_N = 250$ h (taulukko 1), $F_D = 0,9$ (taulukko 2), $F_O = 0,9$ (taulukko 3), $F_C = 0,9$ (vakioarvo), $P_n = 2 \times 61$ (2x28W) = 122 W

Toimistohuoneen ennen peruskorjausta (päälle/pois ohjaus) valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus laskettiin kaavalla 3 ja kaavalla 4:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{valaistus}} &= [\sum(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]] / 1000 \\
 &= [(200 \times 0,9) \times [(2250 \times 1,0 \times 1,0) + (250 \times 1,0)]] / 1000 \\
 &= [180 \times (2250 + 250)] / 1000 \\
 &= (180 \times 2500) / 1000 \\
 &= 450\,000 / 1000 = \mathbf{450,00 \text{ kWh/vuosi}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{kokonais}} &= W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} \\
 &= 450,00 + (6 \times 9,5 \text{ m}^2) \\
 &= 450,00 + 57 = \mathbf{507,00 \text{ kWh/vuosi}}
 \end{aligned}$$

$t_D = 2250$ h (taulukko 1), $t_N = 250$ h (taulukko 1), $F_D = 1,0$ (taulukko 2), $F_O = 1,0$ (taulukko 3), $F_C = 0,9$ (vakioarvo), $P_n = 3 \times 40$ (36W) + 2×40 (36W) = 200 W

Vertailuarvojen erotus on 225,18 kWh/vuosi ja prosenteissa noin 44,4 %.

Toimistohuoneen peruskorjauksen jälkeen (läsnäolo-/päivänvalo-ohjaus) valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus laskettiin kaavalla 3 ja kaavalla 4:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{valaistus}} &= [\sum(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]] / 1000 \\
 &= [(122 \times 0,9) \times [(2250 \times 0,9 \times 0,9) + (250 \times 0,9)]] / 1000 \\
 &= [109,8 \times (1822,5 + 225)] / 1000 \\
 &= (109,8 \times 2047,5) / 1000 \\
 &= 224815,5 / 1000 = \mathbf{224,82 \text{ kWh/vuosi}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{kokonais}} &= W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} \\
 &= 224,82 + (6 \times 9,5 \text{ m}^2) \\
 &= 224,82 + 57 = \mathbf{281,82 \text{ kWh/vuosi}}
 \end{aligned}$$

$t_D = 2250$ h (taulukko 1), $t_N = 250$ h (taulukko 1), $F_D = 0,9$ (taulukko 2), $F_O = 0,9$ (taulukko 3), $F_C = 0,9$ (vakioarvo), $P_n = 2 \times 61$ (2x28W) = 122 W

Toimistohuoneen peruskorjauksen jälkeen (päälle/pois-ohjaus) valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus laskettiin kaavalla 3 ja kaavalla 4:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{valaistus}} &= [\sum(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]] / 1000 \\
 &= [(122 \times 0,9) \times [(2250 \times 1,0 \times 1,0) + (250 \times 1,0)]] / 1000 \\
 &= [109,8 \times (2250 + 250)] / 1000 \\
 &= (109,8 \times 2500) / 1000 \\
 &= 274 500 / 1000 = \mathbf{274,50 \text{ kWh/vuosi}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{kokonais}} &= W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} \\
 &= 274,50 + (6 \times 9,5 \text{ m}^2) \\
 &= 274,50 + 57 = \mathbf{331,50 \text{ kWh/vuosi}}
 \end{aligned}$$

$t_D = 2250$ h (taulukko 1), $t_N = 250$ h (taulukko 1), $F_D = 1,0$ (taulukko 2), $F_O = 1,0$ (taulukko 3), $F_C = 0,9$ (vakioarvo), $P_n = 2 \times 61$ (2x28W) = 122 W

Vertailuarvojen erotus on 49,68 kWh/vuosi ja prosenteissa noin 15 %.

Avotoimistotilan peruskorjauksen jälkeen (läsnäolo-ohjaus) valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus laskettiin kaavalla 3 ja kaavalla 4:

$$\begin{aligned}W_{\text{valaistus}} &= [\sum(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]] / 1000 \\&= [(976 \times 0,9) \times [(2250 \times 1,0 \times 0,9) + (250 \times 0,9)]] / 1000 \\&= [878,4 \times (2025 + 225)] / 1000 \\&= (878,4 \times 2250) / 1000 \\&= 1\,976\,400 / 1000 = \mathbf{1\,976,40\,kWh/vuosi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{\text{kokonais}} &= W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} \\&= 1976,40 + (6 \times 127 \text{ m}^2) \\&= 1976,40 + 762 = \mathbf{2738,40\,kWh/vuosi}\end{aligned}$$

$t_D = 2250$ h (taulukko 1), $t_N = 250$ h (taulukko 1)

$F_D = 1,0$ (taulukko 2), $F_O = 0,9$ (taulukko 3), $F_C = 0,9$ (vakioarvo)

$P_n = 16 \times 61$ (2x28W) = 976 W

Avotoimistotilan ennen peruskorjausta (pälle/pois ohjaus) valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus laskettiin kaavalla 3 ja kaavalla 4:

$$\begin{aligned}W_{\text{valaistus}} &= [\sum(P_n \times F_C) \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]] / 1000 \\&= [(2064 \times 0,9) \times [(2250 \times 1,0 \times 1,0) + (250 \times 1,0)]] / 1000 \\&= [1857,6 \times (2250 + 250)] / 1000 \\&= (1857,6 \times 2500) / 1000 \\&= 4\,644\,000 / 1000 = \mathbf{4\,644,00\,kWh/vuosi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{\text{kokonais}} &= W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} \\&= 4644,00 + (6 \times 127 \text{ m}^2) \\&= 4644,00 + 762 = \mathbf{5\,406,00\,kWh/vuosi}\end{aligned}$$

$t_D = 2250$ h (taulukko 1), $t_N = 250$ h (taulukko 1)

$F_D = 1,0$ (taulukko 2), $F_O = 1,0$ (taulukko 3), $F_C = 0,9$ (vakioarvo)

$P_n = 24 \times 86$ (2x36W) = 2064 W

Vertailuarvojen erotus on 2667,6 kWh/vuosi ja prosenteissa noin 49,4 %.

Taulukko 1: Oletettu vuotuinen käyttötuntien määrä erityyppisissä rakennuksissa. Käyttötunnit on jaettu erikseen valoisan ja pimeän ajan käyttöön.

Oletetut käyttötunnit			
Rakennustyyppi	t_D	t_N	$t_{\text{Yhteensä}}$
Toimisto	2250	250	2500
Oppilaitos	1800	200	2000
Sairaala	3000	2000	5000
Hotelli	3000	2000	5000
Ravintola	1250	1250	2500
Urheiluhalli	2000	2000	4000
Liiketila	3000	2000	5000
Tuotantolaitos	2500	1500	4000

Taulukko 2: Päivänvalon hyödynnettävyys vakiovalojärjestelmällä varustetuissa järjestelmissä eri tyyppisissä rakennuksissa.

Päivänvalon saatavuuskerroin		
Rakennustyyppi	Valaistuksen ohjaustapa	F_D
Toimisto, urheiluhalli, tuotantolaitos	Manuaalinen	1,0
	Vakiovalo-ohjaus ilman päivänvaloa	0,9
	Vakiovalo-ohjaus	0,8
Hotelli, ravintola, liiketila	Manuaalinen	1,0
	Vakiovalo-ohjaus ilman päivänvaloa	0,9
Oppilaitos, sairaala	Manuaalinen	1,0
	Vakiovalo-ohjaus ilman päivänvaloa	0,9
	Vakiovalo-ohjaus	0,7

Huom! Vähintään 60 % valaistuksesta tulee olla liitettynä vakiovalo-ohjaukseen.

Taulukko 3: Läsnaolo-ohjauksen hyödynnettävyys erityyppisissä rakennuksissa.

Läsnaolokerroin		
Rakennustyyppi	Valaistuksen ohjaustapa	F_o
Toimisto, oppilaitos	Manuaalinen	1,0
	Läsnaolo-ohjaus \leq 60 % kuormasta	0,9
Liiketila, tuotantolaitos, urheiluhalli, ravintola	Manuaalinen	1,0
Hotelli	Manuaalinen	0,7
Sairaala	Manuaalinen (myös läsnaolo-ohjausta)	0,8

Huom! Läsnaoloilmaisimia tulee olla vähintään 1 kpl/huone tai avoiloissa vähintään 1 kpl/30m².

Liite 3: LENI-luvun laskentamenetelmät

Energiatehokkuusdirektiivi 2002/91/EY



Vuoden 2008 alussa Suomessa otettiin käyttöön asetuksena uusi EU-direktiivi – Energy Performance of Buildings, 2002/91/EC (EC tarkoittaa Euroopan yhteisöjä). Direktiivin mukaan rakennusten kokonaisenergiankäyttö on ilmoitettava. Rakennuksen energiankulutus on laskettava ja ilmoitettava ennakoon, ja se koskee kaikkea energiankulutusta – valaistusta, lämmitystä, jäähdytystä, ilmastointia jne.

Direktiivin tarkoitus on edistää rakennusten energiatehokkuutta EU:n alueella ja vähentää siten ilmastoon vaikuttavia kasvihuonekaasujen päästöjä, aivan Kioton sopimuksen mukaan. Samalla halutaan vähentää myös energian tuontia.

Direktiivin tarkoituksena on edistää energiatehokkuutta paikalliset olosuhteet huomioiden. Etelä-Euroopan olosuhteet ovat luonnollisesti täysin erilaiset kuin olosuhteet Pohjois-Euroopassa.

Direktiivi on laadittu tehostamaan energiankäyttöä Euroopassa osana EU:n toimenpiteitä kasvihuonekaasujen vähentämistä koskevan Kioton sopimuksen täyttämiseksi. Suomessa direktiivi on toimeenpantu säätämällä lait 487/2007 rakennusten energiatodistuksesta ja 489/2007 rakennusten ilmastointijärjestelmän kylmälaitteiden energiatehokkuuden tarkastamisesta.

EU-direktiivin mukaan kiinteistöjen energiankulutuksesta on laadittava energiatodistus. Suomessa energiaselvitysmääräykset astuivat voimaan 1.1.2009. Direktiivin määräysten mukaan sen piiriin kuuluvat rakennukset on luokiteltava ja kaikki käytetyt energiamuodot, päivänvalo, ilmastointi jne. on huomioitava. Direktiivi määrää, että asennetun tehon käyttö on huomioitava ajan kuluessa ja ilmoitettava yksiköllä on kWh/m²/vuosi.

Standardi EN 15193

Yhteisen laskentamenetelmän kehittämiseksi luodaan yhteisiä standardeja. Erilaisia standardeja kehitetään rakennukseen kuuluvien eri järjestelmien energiankulutuksen laskemiseksi.

Valaistus on tietysti tärkeä osa rakennuksen energiankäyttöä. Standardi EN 15193, *Energy performance of Buildings – Energy requirements for lighting*, määrittää harmonisoidun laskentamenetelmän kiinteän valaistuksen energiankäytölle erilaisissa rakennuksissa. Valaistuksen energiatehokkuutta arvioidaan tietyllä indeksillä (Lighting Energy Numeric Indicator, LENI).

LENI-luku lasketaan koko rakennukselle, ja sitä voidaan käyttää vertailulukuna energiatehokkuudelle erilaisissa samoihin tarkoitukseen ja toimintaan käytettävissä rakennuksissa ja tiloissa.

Valaistuksen energiatehokkuuden mittari

Valaistuksen energiankulutus ilmoitetaan indeksillä (Lighting Energy Numeric Indicator, LENI) ja merkitään muodossa kWh/m²/vuosi.

LENI rakennuksen sisävalaistuksen kokonaisenergiankulutusta koskeva luku, jota voidaan myös käyttää kuvattaessa rakennuksen tiettyä osaa. Valaistuksen tulee samalla täyttää sisätilojen valaistuksesta annetut voimassa olevat standardit ja suositukset (SFS EN 12464-1).

W_{kokonais} on valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankäyttö.
A on rakennuksen sisätilojen kokonaispinta-ala (m²). Pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisäpuolelta pois lukien asumattomat kellaritilat ja valaisemattomat alueet.

Rakennuksen LENI-luku lasketaan kaavalla:

$$\text{LENI}_{\text{laskettu}} = \frac{W_{\text{kokonais}}}{A} \quad (\text{kWh/m}^2, \text{vuosi})$$

Energiatohokkuusdirektiivi 2002/91/EY

LENI-luku, valaistuksen vuosittaisen energiankäytön laskentaindeksi

LENI-luku voidaan laskea kahdella menetelmällä

Pikalaskentamenetelmä

Menetelmää käytetään silloin, kun halutaan saada arvio koko rakennuksen vuosittaisesta energiankäytöstä. Menetelmää voidaan käyttää vain tietyissä yleisesti esiintyvissä rakennustyypeissä. Pikalaskentamenetelmää varten standardissa on taulukko, josta erityyppisten rakennusten vuosikohtaiset perustiedot voidaan ottaa.

Pikalaskentamenetelmässä lepokulutus ($W_{\text{lepokulutus}}$) on vakioitu arvoksi 6 kWh/m²/vuosi, jota tulee käyttää soveltuvissa kohteissa. Vakioarvosta 1 kWh/m²/vuosi on jaettu turvalaistukselle ja 5 kWh/m²/vuosi laitteiden valmiustiloihin kuluvalle energialle. Pikalaskentamenetelmää ei pidä käyttää energiankäytön tarkemmissa laskelmissa, sillä sen antamat LENI-arvot ovat yleensä korkeammat. Energiankulutuksen pikalaskentamenetelmän kaava:

$$\text{LENI} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} / A \quad (\text{kWh/m}^2, \text{vuosi})$$

Tarkka laskentamenetelmä

Menetelmä mahdollistaa energiankäytön tarkan määrityksen, sillä se perustuu jokaisen huoneen todellisiin arvoihin. Tarkkaa menetelmää voidaan pikalaskentamenetelmästä poiketen käyttää kaikenlaisissa rakennusten arviointiin, myös maantieteellisesti erilaisissa sijaintipaikoissa. Koska tarkka menetelmä perustuu todellisiin arvoihin, sen tuottama LENI-luku on alhaisempi kuin pikalaskentamenetelmällä saatu arvo. Fagerhultin tarjoamat laskelmat, kuten myös DIALuxiin sisältyvä työkalu, perustuvat tarkkaan laskentamenetelmään.

Tarkkaa laskentamenetelmää voidaan käyttää kaikenlaisissa rakennusten arviointiin maantieteellisestä sijainnista riippumatta. Laajalla menetelmällä voidaan laskea valitun ajanjakson (ei pelkän vuoden) energiankäyttö, mikäli käytössä on laskelma rakennuksen läsnäoloajoista ja päivänvalon saannista.

Energiankulutuksen tarkan laskentamenetelmän kaava:

$$\text{LENI} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}} / A \quad (\text{kWh/m}^2, \text{aika}^*)$$

* Laajassa menetelmässä voidaan käyttää vuosi-, kuukausi- tai tuntiperustetta.

Valaistukseen kuluva kokonaisenergia ilmoitetaan muodossa kWh/vuosi ja lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

$$W_{\text{kokonais}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{lepokulutus}}$$

$W_{\text{valaistus}}$ on rakennuksen valaistuksen käyttöön kuluvan energian arvioitu määrä tietyn ajanjakson aikana. Laskelmaan otetaan kaikki valonlähteet ja toimilaitteet.

$W_{\text{lepokulutus}}$ on arvioitu energiamäärä, joka kuluu valaistuksen ollessa sammutettuna. Se tarkoittaa siis energiaa, jonka valmiustilassa olevat toimilaitteet tai latautuvat hätävalaisimet käyttävät.

i $W_{\text{valaistus}}$ arvoon vaikuttavat seuraavat tekijät

P_n on asennettu kokonaisvalaistusteho huoneessa tai vyöhykkeellä, mitattuna watteina ($P_n = \sum P$)

F_c on ylimitoituksen kompensointikerroin, joka ottaa huomioon säästön, joka saadaan, kun vakiovalosäädin pienentää ylimitoituksen aiheuttamaa energiankulutusta uudessa asennuksessa.

F_c -arvoon vaikuttaa:

- Alenemäkerroin (β).

- Huoltosuunnitelma.

Kun vakiovalonohjaus on käytössä, on:

$F_c = [1 + \text{alenemäkerroin}] / 2$, muuten vakioarvo 0,9.

F_D on päivänvalon riippuvuuskerroin, joka ottaa huomioon säästön, joka saadaan, kun vakiovalosäädin pienentää keinovalon osuutta.

F_D -arvoon vaikuttaa:

- Päivänvalokerroin (päivänvalon määrä). Ks. kohdasta "Päivänvalon saatavuus".

- Valaistusvoimakkuus.

- Ohjausperiaate.

- Käyttöaika (t_{p}).

F_O on läsnäolokerroin. F_O suhteuttaa kokonaisvalaistustehon käytön rakennuksen läsnäoloaikaan.

F_O -arvoon vaikuttaa:

- Läsnäolo/poissaolo F_{L} .

- Ohjausperiaate F_{O} .

- Kokonaiskäyttöaika (t_{O} tot) päivä-ryö (t_{p} + t_{r}).

Energiankulutuksen laskukaava:

$$W_{\text{valaistus}} = [\sum (P_n \times F_c) \times [(t_{\text{O}} \times F_D \times F_O) + (t_{\text{N}} \times F_O)]] / 1000 \quad (\text{kWh/vuosi})$$

i $W_{\text{lepokulutus}}$ arvoon vaikuttavat seuraavat tekijät

Turvalaistusjärjestelmä		Ohjausjärjestelmä	
P_{em}	on huoneessa tai alueella olevan turvalaistuksen latausteho.	$P_{\text{light-off}}$	lepokulutus ohjausjärjestelmässä, kun valaistus on "off-tilassa".
t_{em}	on turvalaistuksen latausaika (t_{em} vakioarvo on 8760 h/vuosi).	$t_{\text{light-off}}$	valaistuksen off-tila-aika * ($t_{\text{O}} - (t_{\text{p}} + t_{\text{r}})$) (t_{O} vakioarvo on 8760 h/vuosi).

Lepokulutuksen laskukaava:

$$W_{\text{lepokulutus}} = [\sum P_{\text{pc, Light-off}} \times t_{\text{Light-off}} + (P_{\text{em}} \times t_{\text{em}})] / 1000 \quad (\text{kWh/vuosi})$$

Liite 4: Käyttäjäkysymykset

Koulun käyttäjien kysymyslista:

1. Miten liike-/läsnäolotunnistimet toimivat valaisimien kanssa?
2. Onko ollut ongelmia valaisimien/tunnistimien kanssa kesken oppitunnin?
3. Onko pystynyt hyödyntämään luonnonvaloja luokkatiloissa?
4. Millä keinolla on keksitty estämään luonnonvalon häiriötä?
5. Kuinka usein lamppuja on joutunut vaihtamaan pilottiprojektin jälkeen? Vaikuttiko lamppujen polttoikään kun on liike-/läsnäolotunnistimen käytössä (huoltoväli)?
6. Kuinka opettajat/oppilaat ovat pitäneet uudesta valaistusohjaussysteemistä?
7. Onko ketään häirinnyt kun luokassa vaan puolet valaistusta on palamassa? Haluatteko että kaikki valot on päällä vai vain osa valoista on palamassa?
8. Onko tauluvalaistus hyvä? Näettekö takariviltä taululle asti?
9. Onko valaistusohjaus helppokäyttöinen?
10. Vuotuinen sähkökulutus?
11. Sähköpiirustukset?

Toimiston käyttäjien kysymyslista:

1. Miten valot ovat toimineet liiketunnistimen kanssa? Onko ollut häiriöitä?
2. Onko valaistusohjaus helppokäyttöinen esim. toimistossa, avotoimistossa tai neuvotteluhuoneissa?
3. Onko pystytty hyödyntämään luonnonvaloja?
4. Onko tiloissa ollut riittävästi valoja?
5. Mitä täällä on tykätty valaistusohjausratkaisuista?

Sairaalan käyttäjien kysymyslista:

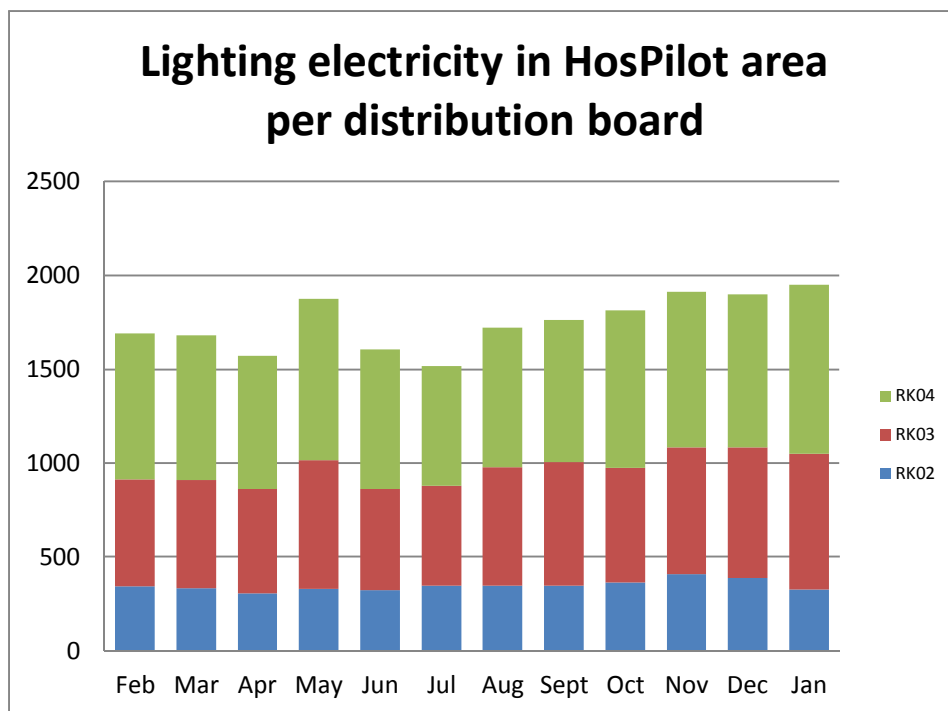
1. Onko pilotti-/referenssiosaston valaistus miellyttävä?
2. Koetaanko se erilaiseksi kuin perinteisellä osastolla?
3. Onko potilailta tullut valaistuksesta palautetta?
4. Onko valaistusohjaus helppokäyttöinen?
6. Onko pystytty hyödyntämään luonnonvaloja huonetiloissa?
7. Miten liike-/läsnäolotunnistimet toimivat valaisimien kanssa?

Liite 5: Potilashuoneiden HosPilot-mittauspisteet

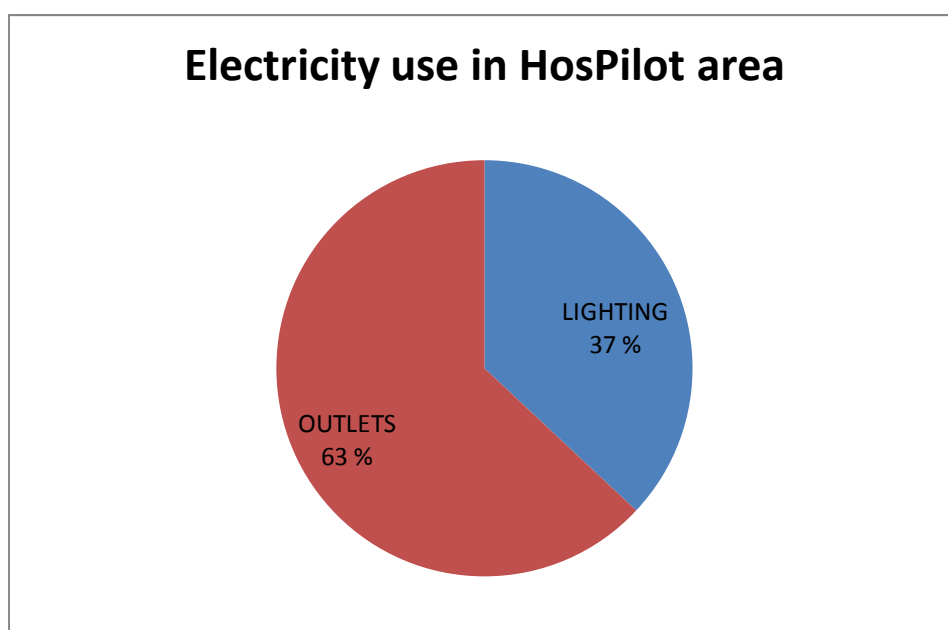
Room number	Monitoring point	Explanation	Unit measured	Note
0.619 and 0.633 accordingly	H02_Huoneet_0_619H_0%3A619H_XS2_0_	Light switch: manual off	-	status
	H02_Huoneet_0_619H_0%3A619H_XS2_A_	Light switch: auto	-	status
	H02_Huoneet_0_619H_0%3A619H_XS2_K_	Light switch: manual on	-	status
	H02_Huoneet_0_619H_2TKFV16_06%3AYLog_	Radiator valve position (control signal)	%	
	H02_Huoneet_0_619H_2TKQE16_06%3AMLog_	CO2-content in indoor air	ppm	
	H02_Huoneet_0_619H_2TKTE00_06%3AMLog_	Window surface temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_619H_2TKTE16_06%3AASLog_	Room temperature setpoint	°C	
	H02_Huoneet_0_619H_2TKTE16_06%3AMLog_	Room temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_619H_2TKTE19_06%3AMLog_	Exhaust air temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_619H_2TKTE41_06%3AMLog_	Radiator: water inlet temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_619H_2TKTE42_06%3AMLog_	Radiator: water outlet temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_619H_IR_2TKXE16_06%3AMLog_	Illumination level in room	lux	
	H02_Huoneet_0_619H_IR_2TKXS16_06_	Occupancy in room	-	status
	H02_Huoneet_0_619H_VALOT_nvoLALampValueFb_eteinenLog_	Lights at the room entrance (control signal)	%	
H02_Huoneet_0_619H_VALOT_nvoLALampValueFb_seinäLog_	Lights on the wall above the bed (control signal)	%		
0.622 and 0.629 accordingly	H02_Huoneet_0_622H_0%3A622H_XS2_0_	Light switch: manual off	-	status
	H02_Huoneet_0_622H_0%3A622H_XS2_A_	Light switch: auto	-	status
	H02_Huoneet_0_622H_0%3A622H_XS2_K_	Light switch: manual on	-	status
	H02_Huoneet_0_622H_2TKQE16_10%3AMLog_	CO2-content in indoor air	ppm	
	H02_Huoneet_0_622H_2TKTE16_10%3AMLog_	Room temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_622H_2TKTE41_10%3AMLog_	Radiator: water inlet temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_622H_2TKTE42_10%3AMLog_	Radiator: water outlet temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_622H_IR_2TKXE16_10%3AMLog_	Illumination level in room	lux	
	H02_Huoneet_0_622H_IR_2TKXS16_10_	Occupancy in room	-	status
	H02_Huoneet_0_622H_VALOT_nvoLALampValueFb_eteinenLog_	Lights at the room entrance (control signal)	%	
H02_Huoneet_0_622H_VALOT_nvoLALampValueFb_SeinäLog_	Lights on the wall above the bed (control signal)	%		
0.634 and 0.639 accordingly	H02_Huoneet_0_634H_0%3A634H_XS2_0_	Light switch: manual off	-	status
	H02_Huoneet_0_634H_0%3A634H_XS2_A_	Light switch: auto	-	status
	H02_Huoneet_0_634H_0%3A634H_XS2_K_	Light switch: manual on	-	status
	H02_Huoneet_0_634H_2TK_OVI07_	Door switch	-	status
	H02_Huoneet_0_634H_2TKFV16_07%3AYLog_	Radiator valve position (control signal)	%	
	H02_Huoneet_0_634H_2TKQE16_07%3AASLog_	CO2-content in indoor air setpoint	ppm	
	H02_Huoneet_0_634H_2TKQE16_07%3AMLog_	CO2-content in indoor air	ppm	
	H02_Huoneet_0_634H_2TKTE16_07%3AASLog_	Room temperature setpoint	°C	
	H02_Huoneet_0_634H_2TKTE16_07%3AMLog_	Room temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_634H_2TKTE41_07%3AMLog_	Radiator: water inlet temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_634H_2TKTE42_07%3AMLog_	Radiator: water outlet temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_634H_IMS%3APOISTO_2TKEC17_07_	Exhaust air VAV-box air flow	l/s	
	H02_Huoneet_0_634H_IMS%3ATULO_2TKEC15_07_	Supply air VAV-box air flow	l/s	
	H02_Huoneet_0_634H_IR_2TKXE16_07%3AMLog_	Illumination level in room	lux	
H02_Huoneet_0_634H_IR_2TKXS16_07_	Occupancy in room	-	status	
H02_Huoneet_0_634H_VALOT_953SV11_1_	Lights for bed by the door	-	status	
H02_Huoneet_0_634H_VALOT_953SV11_2_	Lights for bed by the window	-	status	
H02_Huoneet_0_634H_VALOT_953SV11_3_	Lights at the room entrance	-	status	
0.638 and 0.643 accordingly	H02_Huoneet_0_638H_0%3A638H_XS2_0_	Light switch: manual off	-	status
	H02_Huoneet_0_638H_0%3A638H_XS2_A_	Light switch: auto	-	status
	H02_Huoneet_0_638H_0%3A638H_XS2_K_	Light switch: manual on	-	status
	H02_Huoneet_0_638H_2TKQE16_13%3AMLog_	CO2-content in indoor air	ppm	
	H02_Huoneet_0_638H_2TKTE16_13%3AMLog_	Room temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_638H_2TKTE41_13%3AMLog_	Radiator: water inlet temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_638H_2TKTE42_13%3AMLog_	Radiator: water outlet temperature	°C	
	H02_Huoneet_0_638H_IR_2TKXE16_13%3AMLog_	Illumination level in room	lux	
H02_Huoneet_0_638H_IR_2TKXS16_13_	Occupancy in room	-	status	
H02_Huoneet_0_638H_VALOT_nvoLALampValueFb_eteinenLog_	Lights at the room entrance (control signal)	%		
H02_Huoneet_0_638H_VALOT_nvoLALampValueFb_seinäLog_	Lights on the wall above the bed (control signal)	%		

Liite 6: HosPilot Sähkönkulutus Helmikuu 2011–Tammikuu 2012

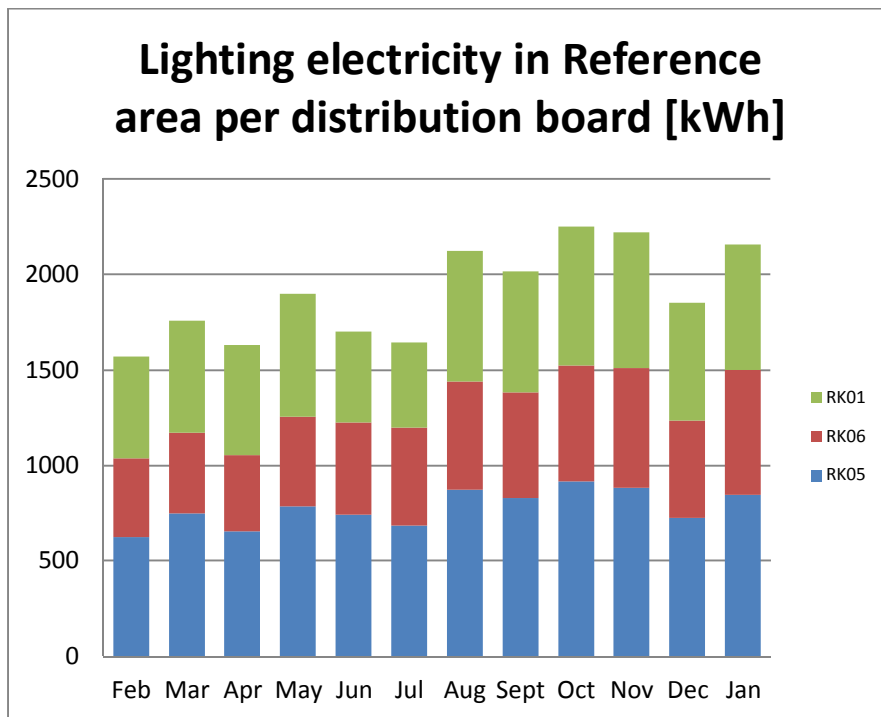
Valaistuksen sähkönkulutus eri ryhmäkeskuksissa pilot-alueella



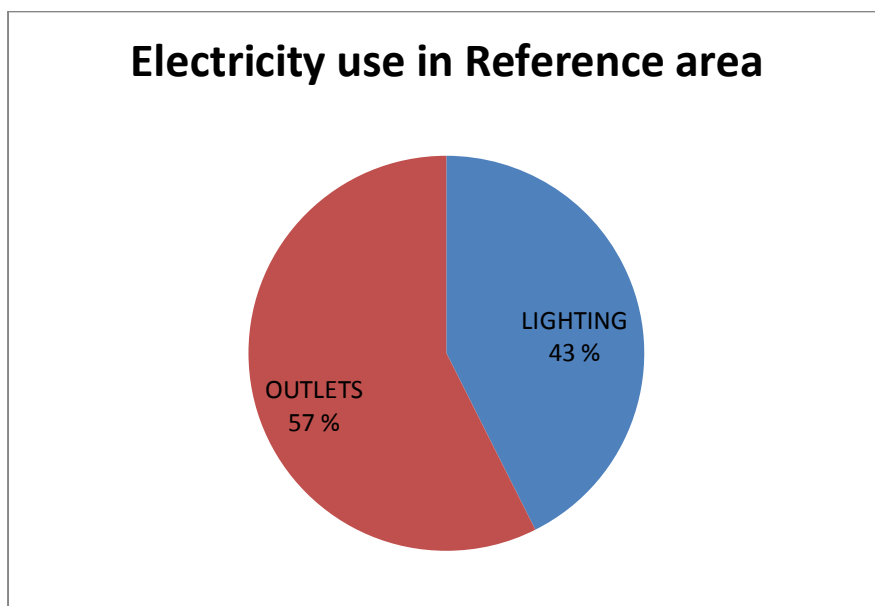
Sähkönkulutus eri ryhmissä pilot-alueella



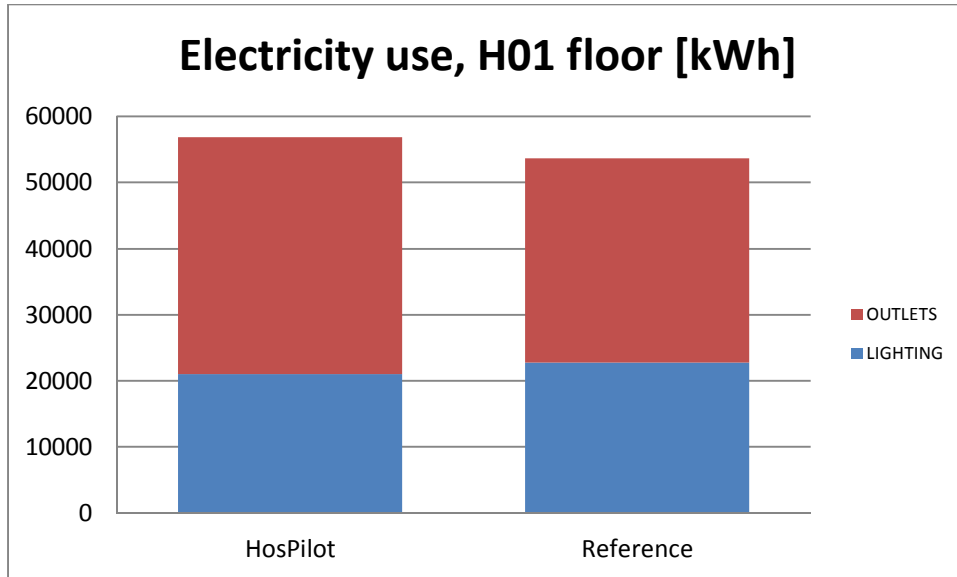
Valaistuksen sähkönkulutus eri ryhmäkeskuksissa referenssin alueella



Sähkönkulutus eri ryhmissä referenssin alueella



Sähkönkulutus eri ryhmissä ja eri alueella



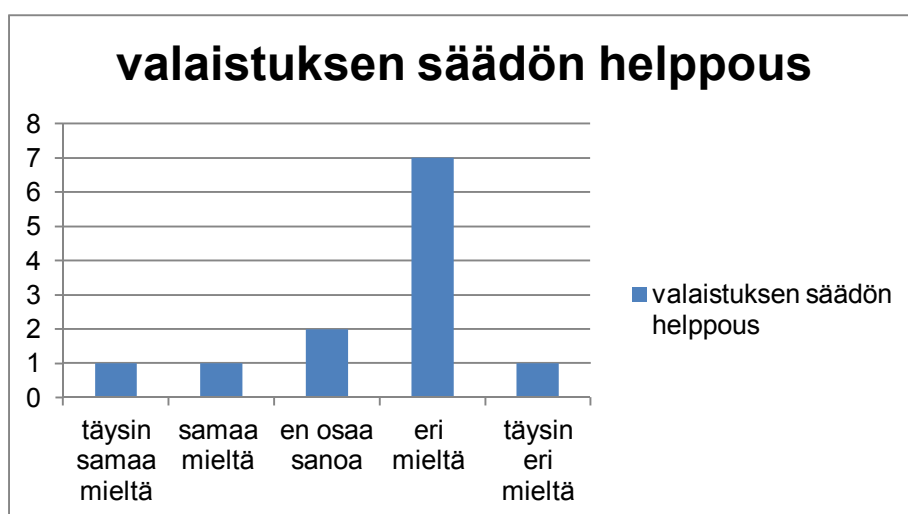
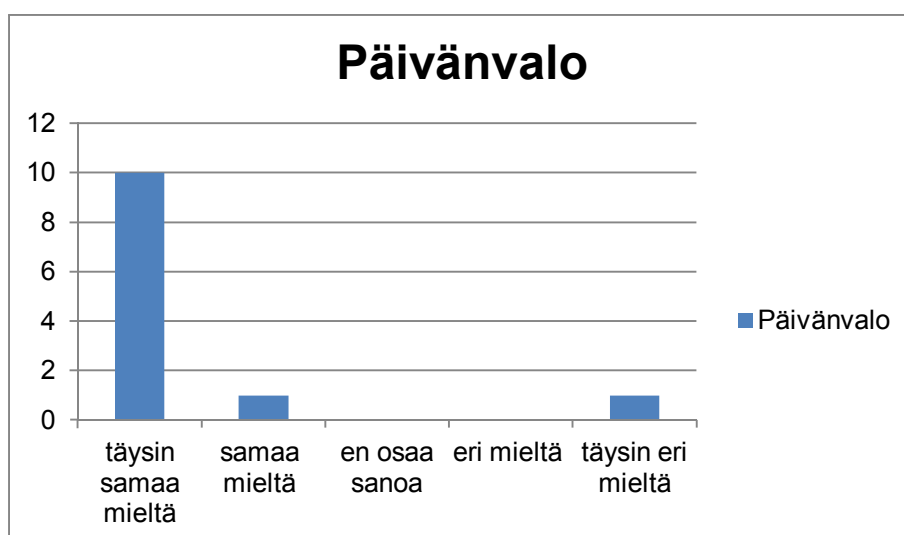
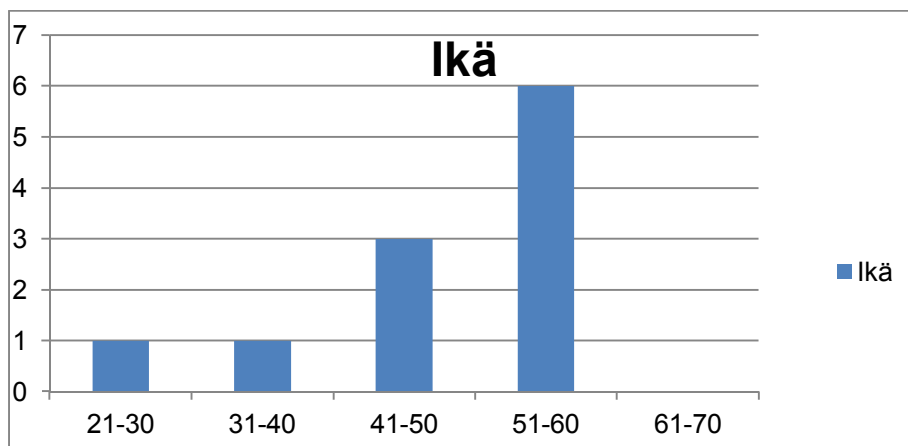
Liite 7: HosPilot Kysely valaistuksesta - osasto H02 - Yhteenveto

Kysely valaistuksesta - osasto H02 - yhteenveto

Esitiedot vastaajista (12) (yhdestä vastaajasta ei esitetietoja)

Ikä		21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
		1	1	3	6	
Ammatti		lääkäri	hoitaja	sihteerit	saippaalahji	muu
			6	2		
Työskentelyaika		alle 10 vuotta	11-20 vuotta	21-30 vuotta	31-40 vuotta	yli 20 vuotta
		2		1		6

Vastaa kysymyksiin 1-8 merkitsemällä rasti vaihtoehtoon, joka parhaiten vastaa omaa mielipidettäsi. Kysymykseen 9 voit kirjoittaa omia ehdotuksiasi valaistuksen parantamiseen tai kommentteja liittyen valaistukseen.		täysin samaa mieltä	samaa mieltä	en osaa sanoa	eri mieltä	täysin eri mieltä
1.	Kaikissa potilashuoneissa, vastaanottohuoneissa ja toimistohuoneissa on päivänvaloa	10	1	0	0	1
2.	Potilaat ja henkilökunta voivat helposti itse käyttää ja säätää valaistusta potilashuoneissa ja työtiloissa eri tilanteisiin sopivaksi	1	1	2	7	1
3.	Käytävien ja yhteistilojen valaistuksen automaattinen ohjaus (liiketunnistimet, himmentimet) toimii miellyttävästi	3	5	2	2	0
4.	Kaikissa tiloissa on sopiva ja / tai (käsini) säädettävä valaistustaso eri tilanteisiin (esim. hoitotilanne, lepääminen, siivous) sekä päivällä että yöllä	1	6	2	2	0
5.	Potilaat ja henkilökunta voivat helposti sulkea pois häiritsevän auringon ja päivänvalon (verhoillaja / tai kaihtimilla) potilashuoneista ja työtiloista	8	2	0	2	0
6.	Käytävävalaistus ei häiritse potilaiden nukkumista yöaikaan	10	2	0	0	0
7.	WC- ja kylpyhuonetilojen valaistuksen automaattinen ohjaus on toimiva ratkaisu	6	4	0	1	1
8.	Nykyinen valaistus on hyvä	5	3	1	3	0
9.	Mitä vielä muuttaisit? Helpommaksi valopainikesäädin-potilashuoneen kattovalaistus tuottaa potilaille "hämennystä", jos hoitaja ei ole sitä sammuttanut					



Liite 8: Toimistorakennuksen suunnitteluohjeet

Suunnitteluratkaisujen tavoitteet:

- näkötehtävien helppo suorittaminen
 - yleisvalaistus, työpistevalaistus
- tilan mittasuhteet ja visuaalinen ilme
- toimintavarmuus
 - teknisesti toimivia
 - helposti käytettäviä ja huolettavia
 - vikatilanteet huomioitava
- turvallinen ympäristö käyttäjille
 - näkemisturvallisuus, häikäisyn esto
- huollon ja ylläpidon helppous
 - lampputyypin minimointi, korkeiden tilojen valaisinhuoltoturvallisuus
 - liitäntälaitteiden pitkäikäisyys ja vaihdettavuus
- elinkaarikustannusten huomiointi
 - investointi, huolto ja ylläpito

Toimiston valaistussuunnittelussa kannattaa ottaa huomioon ainakin seuraavat seikat:

- ✓ toimiston ja avotoimiston tyypillinen valaistusratkaisu toteutetaan suoralla valaistuksella tai suoran ja epäsuoran valaistuksen välimuodolla loisteputki- tai led-valaisimilla
- ✓ sisäänkäyntiaulojen valaistusratkaisuissa tulee huomioida käytön ja arkkitehtuurin asettamat erityispiirteet. Valaistus voidaan toteuttaa ripustus- ja seinävalaisimilla tai rakenteisiin integroiduilla valaisimilla
- ✓ panostetaan tilan tai alueen valaistustarpeiden selvittämiseen
- ✓ valitaan energiatehokkaat ja kestävät lamput, liitäntälaitteet
- ✓ valitaan valaisimet, joiden hyötysuhde on korkea
- ✓ otetaan huomioon häikäisyn estosta (valaisinten optiikka ja valaisinten sijoittelu)
- ✓ otetaan huomioon muuntojoustavuus (työpisteiden siirtomahdollisuus, toimintojen siirrettävyys) ilman sähköasennusten muutostöitä

- ✓ valitaan tarpeenmukaiset ohjauslaitteet
 - havainnollisuus, selkeys ja yksinkertaisuus (ei liikaa valintoja)
 - energian säästön ottaminen huomioon esim. ikkunavaloille varustetaan oma ohjaus.

Soveltuvat ohjaustavat tyyppitiloittain

Tyyppitiloittain	Päälle / pois ohjaus	Päivän- valo- ohjaus	Läsnä- olo- ohjaus	Liiketunnis- tin ohjaus	Aika ohjaus	Him- men- nettävä
Toimisto	x	(x)	x			(x)
Avotoimisto	x	(x)	x		x ¹⁾	
Kokoushuone	x ²⁾		x			x
Auditorio	x ²⁾		x			x
Taukotila	x		x			
Käytävä				x	x	
Aula				x	x	
Porrashuone	x ³⁾		(x)	x ⁴⁾	x	
Sosiaalitila	(x)		x	(x)		
Varasto	(x)			x		

1) sammutuspulssi

2) tilannevalaistusohjaus

3) siivouskytkin

4) porrasautomaatiikka

Liite 9: Koulurakennuksen suunnitteluohjeet

Suunnitteluratkaisujen tavoitteet:

- näkötehtävien helppo suorittaminen
 - yleisvalaistus, työpistevalaistus
 - tilan mittasuhteet ja visuaalinen ilme
 - toimintavarmuus
 - teknisesti toimivia
 - helposti käytettäviä ja huolettavia
 - vikatilanteet huomioitava
 - turvallinen ympäristö käyttäjille
 - näkemisturvallisuus, häikäisyn esto
 - huollon ja ylläpidon helppous
 - lampputyypien minimointi
 - liitäntälaitteiden pitkäikäisyys ja vaihdettavuus
 - korkeiden tilojen valaisinhuoltoturvallisuus
- elinkaarikustannusten huomiointi
- investointi, huolto ja ylläpito

Koulun valaistussuunnittelussa kannattaa ottaa huomioon ainakin seuraavat seikat:

- ✓ luokkahuoneen tyypillinen valaistusratkaisu toteutetaan suoran ja epäsuoran valaistuksen välimuodolla (valaisinjonoja) loisteputki- tai led-valaisimilla.
- ✓ otetaan huomioon häikäisyn estosta (valaisinten optiikka ja valaisinten sijoittelu)
- ✓ otetaan huomioon riittäväksi värinottoindeksi, jos luokissa käytetään paljon muotoja ja värejä, esimerkiksi käsityö- ja kuvaamataidon luokat Ra 90.
- ✓ otetaan huomioon, ettei näytöille muodostu varjoja tai häikäiseviä heijastuksia ATK-luokissa
- ✓ valitaan energiatehokkaat ja kestävät lamput, liitäntälaitteet.
- ✓ valitaan valaisimet, joiden hyötysuhde on korkea
- ✓ otetaan huomioon muuntojoustavuus (työpisteiden siirtomahdollisuus, toimintojen siirrettävyys) ilman sähköasennusten muutostöitä

- ✓ valitaan tarpeenmukaiset ohjauslaitteet:
 - havainnollisuus, selkeys ja yksinkertaisuus (ei liikaa valintoja)
 - tauluvalaisinjono voi ohjata omalla ohjauksella.
- ✓ otetaan huomioon luokkahuoneen valaistusohjaukset
 - opettajan ohjauspisteet
 - päivänvalon hyödyntäminen eri ilmasuunnista (pohjoinen, etelä)

Soveltuvat ohjaustavat tyyppitiloittain

Tyyppitiloittain	Päälle / pois ohjaus	Päivän- valo- ohjaus	Läsnä- olo- ohjaus	Liiketunnis- tin ohjaus	Aika ohjaus	Him- men- nettävä
Luokkahuone	x	x	x		x ¹⁾	(x)
ATK-luokka	x		x		x ¹⁾	
Kokoushuone	x ²⁾		x			x
Taukotila	x		x			
Käytävä				x	x	
Aula				x	x	
Kirjasto	x		x		x	
Sosiaalitila	(x)		x	(x)		
Auditorio	x ²⁾		x			x
Porrashuone	x ³⁾		(x)	x ⁴⁾	x	

1) sammutuspulssi

2) tilannevalaistusohjaus

3) siivouskytkin

4) porrased automatiikka

Liite 10: Terveystoimialan rakennuksen suunnitteluohjeet

Suunnitteluratkaisujen tavoitteet:

- näkötehtävien helppo suorittaminen
 - yleisvalaistus
 - työpistevalaistus
- tilan mittasuhteet ja visuaalinen ilme
- toimintavarmuus
 - teknisesti toimivia, vikatilanteet huomioitava
 - helposti käytettäviä ja huolettavia
- turvallinen ympäristö käyttäjille
 - näkemisturvallisuus
 - häikäisyn esto
- huollon ja ylläpidon helppous
 - lampputyypin minimointi
 - liitäntälaitteiden pitkäikäisyys ja vaihdettavuus
 - korkeiden tilojen valaisinhuoltoturvallisuus
- elinkaarikustannusten huomiointi
 - investointi
 - huolto ja ylläpito

Sairaalan valaistussuunnittelussa kannattaa ottaa huomioon ainakin seuraavat seikat:

- ✓ käytävän tyyppinen valaistusratkaisu toteutetaan 1/3:lla valaistuksella varavoi-
malla ja 2/3:lla valaistuksella normaaliverkossa. Yleisvalaistuksen lisäksi käytä-
välle ja odotusaulalle on toteutettu seinävalaistuksella tunnelman ja yöaikaisen
valaistuksen vuoksi
- ✓ potilashuoneen tyyppinen valaistusratkaisu on suoran ja epäsuoran valaistuk-
sen välimuoto yleisvalolla, tutkimusvalolla, lukuvalolla ja yövalolla (potilas-
paneelissa). Potilashuoneen yhteydessä potilaan suihkutilan valaistus toteute-
taan yleisvalaistuksella ja peilivalolla
- ✓ otetaan huomioon puhdistettavuus kaikissa potilastiloissa
- ✓ otetaan huomioon potilaan turvallisuus ja henkilökunnan työtehokkuus

- ✓ otetaan huomioon lukemisen helppous, valaistuksen piristävyys ja värintoiston aitous
- ✓ otetaan huomioon häikäisyn estosta sekä viihtyvyyden ja keskittymiskyvyn parantaminen
- ✓ otetaan huomioon korkea valaistustaso erityistiloissa kuten leikkaussalissa, tehohoito-osastossa, sterilointihuoneessa jne.
- ✓ valitaan energiatehokkaat ja kestävät lamput, liitäntälaitteet
- ✓ valitaan valaisimet, joiden hyötysuhde on korkea.
- ✓ otetaan huomioon muuntojoustavuus (työpisteiden siirtomahdollisuus, toimintojen siirrettävyys) ilman sähköasennusten muutostöitä
- ✓ valitaan tarpeenmukaiset ohjauslaitteet:
 - havainnollisuus, selkeys ja yksinkertaisuus (ei liikaa valintoja)

Soveltuvat ohjaustavat tyyppitiloittain

Tyyppitiloittain	Päälle / pois ohjaus	Päivän- valo- ohjaus	Läsnä- olo- ohjaus	Liiketunnis- tin ohjaus	Aika ohjaus	Him- men- nettävä
Potilashuone	x		(x)			x
Potilashuoneen wc/suihku	x		(x)			
Tutkimushuone	x		(x)			x
Tsto, os.sihteer.	x	x	x			x
Kokoushuone	x ²⁾		x			x
Taukotila	x	x	x			
Päivähuone			x			x
Käytävä				x	x	
Odotusaula				x	x	
Porrashuone	x ³⁾		(x)	x ⁴⁾	x	
Sosiaalitila	(x)		x	(x)		
Varasto	(x)			x		

1) sammutuspulssi

2) tilannevalaistusohjaus

3) siivouskytkin

4) porrasautomaatiikka

Liite 11: Koulurakennuksien Pilot-kohteiden kustannuslaskelmat vuonna 2010

	Valaistuksen hankintakustannukset				Energiakustannukset		Valonlähdekustannukset					Huolto- ja korjauskustannukset		Vuotuiset valaistuskustannukset		
	p/%	n/a	n/a	H/€	Wv/kWh/a	e1/€/kWh	z/h	T	tk/h	n/kp	h1/€	hv/€	h/€	ha/€	K/€/10a	K/€/20a
Pihkupuiston ala-aste:																
Vanhan puolen luokkahuone, valaisimeen sijoitettu multisensori	5	10	20	2 909	493	0,1	25k/50k	1	140	13	4,3	4/50	12	0,03	587,9	445,1
Vanha puoli luokkahuone, referenssi		10	20	-	994	0,1	15k/50k	1	140	13	1,7	4/50	12	0,03	263,8	263,8
Uusi puoli luokkahuone, läsnäolo-ohjaus	5	10	20	700	617	0,1	50k/50k	1	140	10	8,9	4/50	12	0,03	276,8	242
Uusi puoli luokkahuone, referenssi		10	20	-	824	0,1	15k/50k	1	140	10	1,7	4/50	12	0,03	206,7	206,7
Ala-Malmin peruskoulu:																
Paviljonki 1, referenssi		10	20	-	2847	0,1	24k/50k	1	190	36	2,3	4/50	12	0,03	771,8	771,8
Paviljonki 2, vakiovaloon perustuva säätö	5	10	20	3030	1694	0,1	25k/50k	1	190	36	4,3	4/50	12	0,03	1100,6	949,8
Paviljonki 3, ulkoinen multisensori	5	10	20	3450	1694	0,1	25k/50k	1	190	36	4,3	4/50	12	0,03	1148,9	983,5