

Henry Huittinen

Itsenäinen valaistusohjaus luokkatiloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

4.5.2015

Tekijä(t) Otsikko	Henry Huittinen Itsenäinen valaistusohjaus luokkatiloissa
Sivumäärä Aika	23 sivua + 3 liitettä 4.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Insinööri työ käsittelee itsenäiseen valaistusohjaukseen suunnitellun Helvar iDim Active -konseptin toimivuutta koulun luokkatiloissa. Työssä tutkittiin energiankulutusta verrattuna tavallisiin valaisimiin sekä selvitettiin käyttäjäkokemusten avulla järjestelmän sopivuutta luokkatyöskentelyyn.</p> <p>iDim Active on liitäntälaitteen, tehoyksikön sekä liiketunnistimen ja vakiovalosäätimen yhdistävän sensorin kokonaisuus. Se toimii itsenäisenä yksikkönä valaisimessa ja toimii kevyempänä vaihtoehtona täydelle valaistusohjausjärjestelmälle. Järjestelmä on suunniteltu ensisijaisesti toimistoihin, ja työn tarkoitus olikin testata, toimisiko se koulussa, kun tavoitteena on energiansäästön ohella myös käyttäjämukavuuden takaaminen.</p> <p>Työssä kerrotaan pohjatietoina perustiedot valaistusohjauksesta, esitellään DALI-standardi sekä käydään läpi iDimin toimintaperiaate. Itse tutkimusta käsitellään koeympäristön, käytettyjen valaisimien ja tutkimustapojen osalta.</p> <p>Tutkimuksen perusteella iDim Active on toimiva ratkaisu myös luokkatiloissa. Käyttäjäkokeemusten perusteella Active toimii huomaamattomasti, himmentäen valot tyhjiltä istumapaikoilta ja toimien luotettavasti kun pulpetti on käytössä.</p>	
Avainsanat	DALI, iDim, Active, valaistusohjaus, energiatehokkuus

Author Title	Henry Huitinen Independent lighting control in classrooms
Number of Pages Date	23 pages + 3 appendices 4 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>This study analyzes the usability of Helvar iDim Active concept in classrooms. The study consists of measuring energy consumption and getting user feedback with interviews and surveys.</p> <p>iDim Active is an independent lighting control concept that consists of an electronic ballast, interface module and a sensor that combines motion detection with constant light function. This combined functionality allows for the advantages of lighting control without the complexity and price of a full lighting control system. The system is primarily designed for offices, and the purpose of this study was to evaluate its usability in a school environment when trying to save energy without compromising user comfort.</p> <p>As the basis for the study, a brief explanation of different lighting control systems, DALI-standard in general and functionality of the iDim system is given. The study itself presents the test environment, used luminaires and study methods.</p> <p>This study shows that iDim Active is a viable solution for use in classrooms. The user experiences show that self-dimming lights are in no way disturbing, but that the added functionality of switching the lights off above empty seats feels really useful. The system was also found much more reliable than the previous system that relied on a single motion detector for the whole class.</p>	
Keywords	DALI, iDim, Active, lighting control, energy efficiency

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistusohjaus	1
2.1	Mekaaninen ohjaus	1
2.2	Analoginen ohjaus	2
2.3	Digitaalinen ohjaus	2
2.3.1	DALI-standardi	3
2.3.2	DALI-valmistajat	4
2.3.3	Helvar iDim ja iDim Active	4
3	Tutkimusjärjestelyt	8
3.1	Koeympäristö	8
3.2	Tutkittavat valaisimet	8
3.3	Luokkatilat	10
3.3.1	Teorialuokat 207 ja 208	10
3.3.2	Teorialuokat 313 ja 314	11
3.3.3	Medialuokka 204	12
3.4	Koejärjestelyt	12
	Käyttäjäkokeusten tutkiminen	13
4	Toteutusvaihe	14
4.1	Valaisinkomponenttien asennus	14
4.2	Käyttäjähjeistus	16
4.3	Koeaika	17
5	Tulokset	17
5.1	Energiamittaus	17
5.2	Kyselyt ja haastattelut	19
	Luokkien opettajien haastattelut	20
5.3	Kustannusvertailu	20
6	Yhteenveto ja pohdintaa	22

Liitteet

Liite 1. Kyselylomake

Liite 2. Medialuokan kyselylomake

Liite 3. Lukujärjestykset

Lyhenteet

DALI	Digital Addressable Lighting Interface. Standardin IEC 62386 mukainen avoin valaistusohjausstandardi.
DSI	Digital Serial Interface. DALIn perustana toiminut, Tridonicin kehittämä valaistusohjausprotokolla.
KNX	Standardin IEC 14543 mukainen avoin rakennusautomaatiostandardi.
PIR	Passiivinen infrapunailmaisin. Liikkeeseen reagoiva läsnäolotunnistin.

1 Johdanto

Valaistusohjausjärjestelmät ovat jatkuvasti yleistynyt tapa säästää valaistukseen kuluva energiaa ja saada valaistus sopimaan erilaisiin tilanteisiin ja käyttötarkoituksiin. Järjestelmät ovat kuitenkin kalliita ja vaativat erillisen ohjauskaapeloinnin, joka voi olla haasteellista etenkin saneerauskohteissa. Myös valaisimet joudutaan usein vaihtamaan kokonaan uusiin, aiheuttaen näin kustannusten nousemisen suuriksi.

Ensisijaisesti toimistorakennuksiin tarkoitettu Helvar iDim Active -konsepti pyrkii helpottamaan kevyen valaistusohjauksen toteuttamista. Active on elektronisen liitäntälaitteen, liiketunnistimen ja vakiovalosäätimen yhdistävän sensorin sekä iDim Solo -ohjauslaitteen muodostama kokonaisuus, jonka tarkoituksena on helpottaa ohjatun valaistuksen käyttöönottoa tarjoamalla DALI-ohjauksen etuja ilman varsinaisen valaistusohjausjärjestelmän asentamista. Active voidaan asentaa sekä uusiin että jo olemassa oleviin valaisimiin, eikä se vaadi erillistä ohjauskaapelointia, minkä vuoksi se on paitsi helpompi myös edullisempi ratkaisu kuin täysi valaistusohjausjärjestelmä.

Työssä tutkitaan koeasennuksen avulla Active-järjestelmän soveltuvuutta luokkatiloihin ja selvitetään, millaisia etuja sillä on mahdollista saavuttaa normaaliin valaistukseen verrattuna.

2 Valaistusohjaus

Valaistusohjaus tarkoittaa sitä, kuinka valaisimien toimintaa säädellään, eli yksinkertaisista päälle/pois-kytkimistä läsnäolotunnistimiin, vakiovalosäätimiin ja tilanneohjauksiin. Työssä käydään lyhyt esittely erilaisista valaistusohjausjärjestelmistä; syvällisemmin aiheetta on käsitelty esimerkiksi Esapekka Turusen insinööriyössä ”Valaistuksenohjaustavat ja -järjestelmät” vuodelta 2014.

2.1 Mekaaninen ohjaus

Vanhin ja mahdollisuuksiltaan rajallisin valaistuksenohjaustapa on perinteinen mekaaninen ohjaus. Tämä tarkoittaa käytännössä vaiheohjausta, eli tavallisia virran katkaisevia

kytkimiä, liiketunnistimia sekä kellokytkimiä. Himmennys toteutetaan tavallisen seinäkytkimen tilalle asennettavalla käsikäyttöisellä himmentimellä, ja palautuvat kytkimet mahdollistavat kellokytkimen kanssa valojen päälle laittamisen ennalta määräytyksi ajaksi esimerkiksi rappukäytävissä.

2.2 Analoginen ohjaus

Analoginen ohjaus oli ensimmäinen erilliseen ohjausväylään perustuva valaistusohtekniikka. Ohjaus perustuu jännitteen muuttumiseen. Ensimmäisissä sovelluksissa ohjausjännitteen suuruus vaihteli, mutta se standardisoitiin IEC 60929 -standardissa 1-10 voltin jännitteeseen, sillä se skaalautui helposti 0 - 100 %:n välille ollen samalla vaaraton ihmiselle. Tämä ohjaustapa soveltuu parhaiten yksinkertaiseen himmennykseen, jossa ei tarvita muuta toiminnallisuutta. [1.]

1-10 voltin ohjauksella toimivissa laitteissa käyttölaiteelta eli säätöpotentiometriltä tuleva signaali lähetetään toimilaitteen kautta yhteensopivalle liitäntälaitteelle, joka himmentyy asetetuissa rajoissa. 1-10 voltin analoginen ohjaus ei kuitenkaan voi sammuttaa valaisimia kokonaan, vaan ainoastaan himmentää minimitasoon. Säätöpotentiometrin yhteyteen tarvitaan siis myös tavallinen vaiheen katkaiseva kytkin.

Analogisella ohjauksella on myös selkeitä haittapuolia, konkreettisenä esimerkkinä kaapeloinnin pituuden vaikutus valaisimien kirkkauteen: esimerkiksi pitkän käytävän päiden välillä voi olla monen kymmenen metrin matka, jolloin ohjaussignaalin jännitteenalennaman vuoksi ryhmän viimeisen valaisimen ohjaussignaalin jännite ei saavuta 10 voltia eikä se näin myöskään toimi 100 %:n valoteholla.

2.3 Digitaalinen ohjaus

Digitaalinen ohjaus toimii ohjausväylässä lähetettävillä digitaalisilla signaaleilla. Erilaisia järjestelmiä on useita, esimerkkeinä mainittakoon osoitteeton DSI, rakennusautomaatioväylä KNX sekä tässäkin työssä käytetty DALI. Digitaalisten järjestelmien etuna on yleensä helppo muokattavuus ja skaalautuvuus, esimerkiksi kytkimen ohjaamien valaistusryhmien muuttaminen ei vaadi johdotuksen uusimista, vaan ainoastaan ohjelmallisen muutoksen.

Kaikilla digitaalisilla ohjausjärjestelmillä on omat erityispiirteensä. Edellä mainittu DSI vaatii jokaiselle laitteelle erillisen johdon ohjauslaitteelta, eli laitteita ei voi ketjuttaa, päinvastoin kuin osoitteellisissa KNX:ssä ja DALI:ssa. KNX puolestaan voidaan rakennusautomaatiojärjestelmänä valjastaa ohjaamaan valaistuksen lisäksi esimerkiksi ilmanvaihtoa, kulunvalvontaa ja lämmitystä, integroiden näin koko rakennusautomaation yhteen järjestelmään.

Pelkkänä valaistusohtausjärjestelmänä käytettäessä KNX:n toiminnallisuus on kuitenkin melko rajallinen, sillä se ei ole yhtä monipuolinen kuin pelkästään valaistukseen keskittynyt DALI ja vaatii erikseen heikkovirtajohtojen kanssa putkitettavan signaalikaapelin, hankaloittaen näin johdotusta. [2.]

2.3.1 DALI-standardi

DALI on maailmanlaajuinen, standardisoitu valaistusohtausväylä. ZVEI:n eli Saksan sähköteknisen teollisuuden yhdistyksen alaisen, johtavien valaistusalan yritysten vuonna 2000 perustaman DALI-työryhmän päämääränä oli luoda yhtenäinen valaistusohtausstandardi. Järjestön työn pohjalta luotiin DALI-standardi, joka sisältyy digitaalisia valaistusohtausjärjestelmiä koskevaan IEC 62386 -standardiin. Standardi takaa eri valmistajien laitteiden yhteensopivuuden ja mahdollistaa näin järjestelmien yhtenäisyyden.

DALI on suunniteltu ensisijaisesti valaistusohtausjärjestelmäksi, minkä vuoksi se soveltuu etenkin suuriin kohteisiin, kuten koulut, toimistot tai kaupat, joissa on erilliset järjestelmät esimerkiksi kiinteistöautomaatiolle ja turvalaitteistoille ja joissa näitä toimintoja ei tarvitse yhdistää valaistuksen ohjaukseen. DALI-väylää käyttävä järjestelmä koostuu verkoista, joiden väyliin voi kuhunkin liittyä 64 laitetta, esimerkiksi valaisinta, kytkintä tai sensoria. Järjestelmän laitteiden määrää voidaan kasvattaa lisäämällä aliverkkoja reitittimien avulla, mikä mahdollistaa järjestelmän skaalautuvuuden kaikenkokoisiin kohteisiin. Järjestelmissä voidaan käyttää myöskin ohjausta Ethernet-verkon kautta; systeemiä voidaan siis käyttää käyttöpaikalla olevien kytkimien lisäksi myös esimerkiksi keskiteytystä käyttöpaneelista tai internetin välityksellä selainliittymän avulla.

Perinteisistä vaiheohjauksella toimivista kytkennöistä poiketen DALI-järjestelmän asentaminen vaatii erillisen ohjauskaapeloinnin. Sen ohjaus toimii ohjauskaapelilla lähetettävällä ohjaussignaalilla. Väylän ohjaussignaali muodostuu jännitteen vaihtelusta; 0 V:n (+-4,5 V) jännite tarkoittaa nollaa ja 16 V (+- 6,5 V) tarkoittaa ykköstä. Koska useimmat

valmistajat suosittelevat signaalin olevan 16:n ja 22,5:n voltin välillä toimiakseen luotettavasti, on kaapelin maksimipituus ilman toistinta rajattu 300 metriin. KNX:stä poiketen DALI johdotetaan useimmiten MMJ:llä, joka voidaan putkittaa yhteiseen putkeen vahvavirtakaapeloinnin kanssa. [3.]

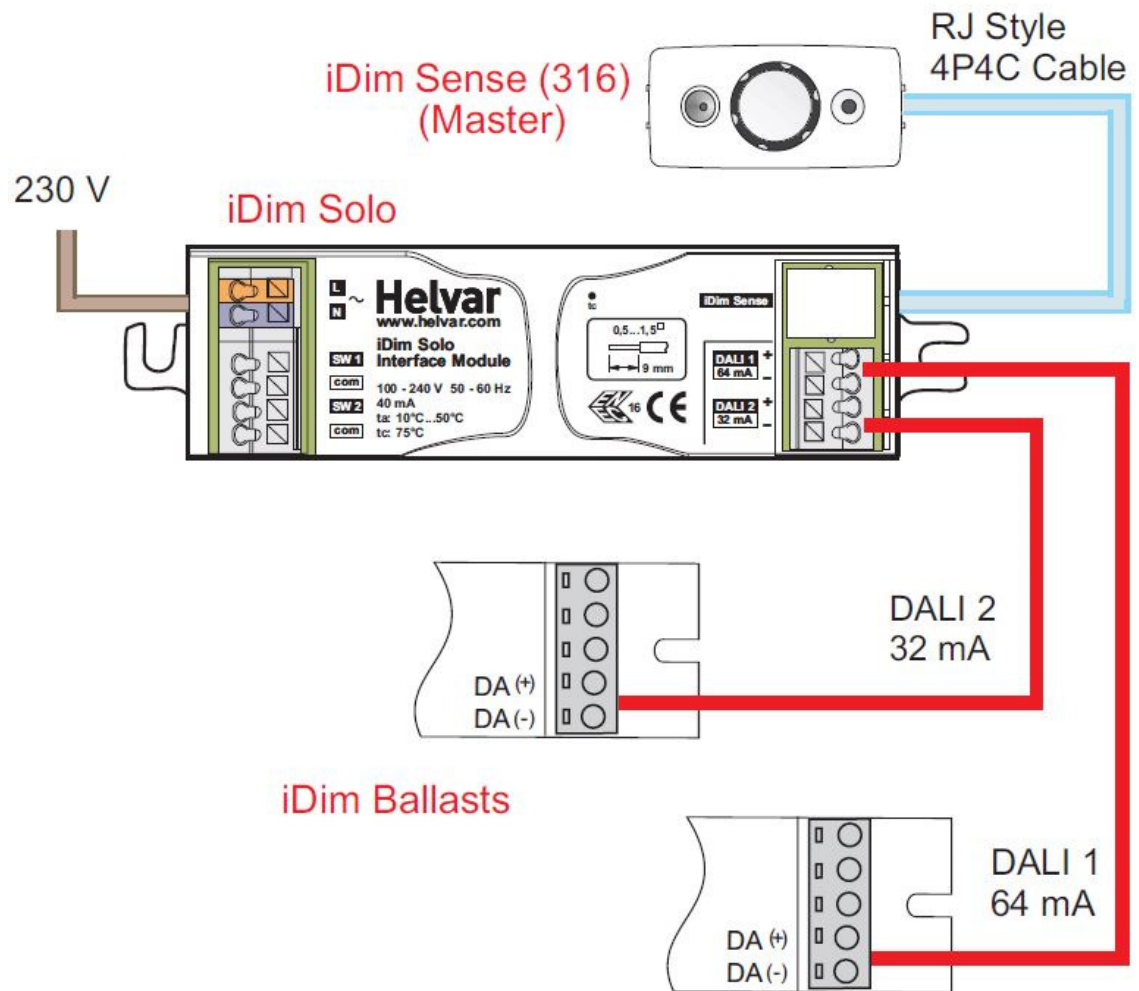
2.3.2 DALI-valmistajat

Vuonna 2015 DALI-standardin oli ottanut käyttöön 120 valaistusalan yritystä, joista tunnetuimpina mainittakoon Osram, Philips ja Siemens. Suomalaisista yrityksistä ainoastaan Helvar valmistaa DALI-yhteensopivia valaisinkomponentteja.

Helvar on ollut mukana DALI-standardin kehityksessä jo vuodesta 1999, jolloin Helvar toi markkinoille oman DIGIDIM-tuotesarjansa. Näin yritys on ollut mukana DALI-standardin kehityskaareissa alusta saakka, ja tällä hetkellä Helvar valmistaa kaikkia DALI-järjestelmän osia järjestelmälaitteista käyttölaitteisiin ja valaisinkomponentteihin. [4, 5.]

2.3.3 Helvar iDim ja iDim Active






Helvar iDim -valaistusratkaisu on suunniteltu erityisesti energiatehokkuutta ja helppokäyttöisyyttä silmällä pitäen. Se koostuu elektronisesta liitäntälaitteesta, iDim Solo -teholähteestä ja iDim Sense -sensorista, ja sen kaikki toiminnot ovat käytettävissä joko suoraan sensorissa sijaitsevalla valitsimella ilman ulkoista DALI-ohjausta tai olemassa olevaan DALI-järjestelmään liitettynä (ks. kuva 1). Näin iDim voidaan asentaa sekä uusiin että jo olemassa oleviin valaisimiin käyttäen jo olemassa olevia johdotuksia ja kytkimiä ilman erillistä ohjauskaapelointia. [6.]



Kuva 1. iDimin kytkentäkaavio ilman ulkoista ohjausta. [7]

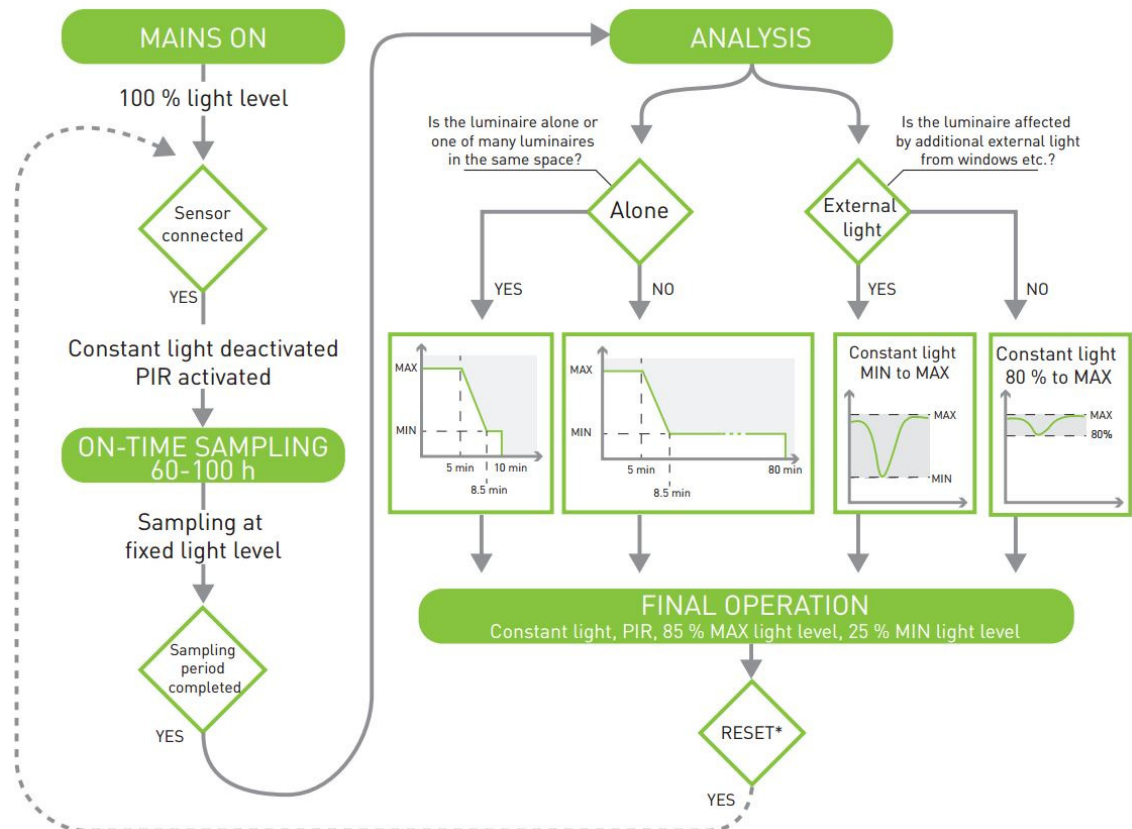
iDimin energiansäästö perustuu kolmeen toimintoon: liiketunnistukseen, vakiovalosäätöön sekä kiinteään valotason asetukseen. Viimeinen kolmesta säästää energiaa erityisesti juuri vaihdettujen lamppujen tapauksessa; samaan valotasoon tarvitaan huomattavasti vähemmän energiaa kuin vanhoja, kuluneita lamppeja käytettäessä, jolloin lamppeja voidaan käyttää pienemmällä teholla.

Taulukko 1. iDimin oletustilanteet. [7]

							
		CLASS-ROOM	SINGLE OFFICE	OPEN PLAN OFFICE	CORRIDOR LINK	CORRIDOR HOLD	MEETING ROOM
TIMING & LEVEL	Occupancy Timeout	15 min	15 min	15 min	5 min	15 min	15 min
	Transition Timeout (level)	1 min (20 %)	1 min (20 %)	60 min (20 %)	30 min (20 %)	1 min (20 %)	1 min (20 %)
BRIGHT OUT	When On	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	When Off	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PRESENCE	Enabled / Disabled	Disabled Manual On	Enabled Auto On	Enabled Auto On	Enabled Auto On	Enabled Auto On	Disabled Manual On
ABSENCE	Enabled / Disabled	Enabled Auto Off	Enabled Auto Off	Enabled Auto Off	Enabled Auto Off	Enabled Auto Off	Enabled Auto Off
iDim Controller Scene 1	DALI 1	CL ¹	CL ¹	CL ¹	FL (100 %) ¹	CL	CL
	DALI 2	Offset ¹	Offset ¹	Offset ¹	FL (100 %) ¹	Link to Corridor ²	See notes below ³
iDim Controller Scene 2	DALI 1	CL ¹	CL ¹	CL ¹	FL (70 %) ¹	CL	-
	DALI 2	Offset ¹	Offset ¹	Offset ¹	FL (70 %) ¹	Link to Corridor ²	FL (100 %)
iDim Controller Scene 3	DALI 1	FL (100 %) ¹	FL (100 %) ¹	FL (100 %) ¹	FL (40 %) ¹	FL (100 %) ¹	-
	DALI 2	FL (100 %) ¹	FL (100 %) ¹	FL (100 %) ¹	FL (40 %) ¹	Link to Corridor ²	FL (0 %)
iDim Controller Scene 4	DALI 1	FL (40 %) ¹	FL (40 %) ¹	FL (40 %) ¹	FL (10 %) ¹	FL (40 %) ¹	FL (40 %) ¹
	DALI 2	FL (40 %) ¹	FL (40 %) ¹	FL (40 %) ¹	FL (10 %) ¹	Link to Corridor ²	FL (20 %) ¹

Aiemmin mainittu toiminta ilman erillistä DALI-ohjausta perustuu sensorissa olevalla valintarullalla valittavissa oleviin oletusasetuksiin (ks. taulukko 1), jolla määritetään millaisessa ympäristössä valaisinta käytetään. Oletusasetuksia on olemassa kuusi: Luokkahuone, toimistohuone, avotoimisto, käytävä, huoneohjattu käytävä ja neuvotteluhuone. Oletusasetukset määräävät automaattisen sammutuksen ajan, PIR-sensorien toiminnan sekä vakiovalosäätimen toiminnan. Esimerkiksi käytävä-tilassa valot himmennetään nopeasti ja ne pysyvät puolen tunnin ajan himmennettynä ennen sammumista, kun taas luokkahuone-tilassa valojen himmennys tapahtuu viidentoista minuutin käyttämättömyyden jälkeen ja valot sammuvat minuutti himmennuksen jälkeen.

iDim Activen ero normaaliin iDim-järjestelmään on oppiva valaistus. Active asennetaan samalla tavalla itsenäisenä yksikkönä kuin iDim, mutta valittavien esiasetusten sijaan Active mittaa käyttöönoton jälkeisen ensimmäisen 60 - 100 tunnin oppimisjakson aikana, kuinka tilaa käytetään ja onko valaisimien lähellä muita valaisimia, jotka vaikuttavat sen toimintaan. Näin Active ei vaadi asennuksen jälkeen minkäänlaista ohjelmointia tai ohjausta, vaan tarjoaa DALI-ohjauksen etuja eli liiketunnistuksen ja vakiovalosäädön helpo-pona pakettiratkaisuna esimerkiksi saneerauskohteisiin.



Kuva 2. Activen itseohjelmoinnin periaatekuva. [7]

Activen oppimisjakson tarkoitus on tehdä valaisimen toiminnasta mahdollisimman energiatehokasta, kuitenkin niin ettei se häiritse loppukäyttäjää. Kuva 2:n sisältämä kaavio esittää kuinka Activen oppimisjakso toimii. Liiketunnistin/vakiovalotunnistin-yhdistelmäsensorin kytkemisen jälkeen valaisin toimii pelkällä liiketunnistimella 60 - 100 tunnin oppimisjakson ajan, jonka aikana iDim Active -tehoyksikkö tunnistaa sensorin avulla onko tilassa ulkopuolisia valonlähteitä, jotka vaikuttavat valon määrään ja onko valaisin yksin vai onko tilassa muita valaisimia. Jos tilaan tulee ulkopuolista valoa, vakiovalosäätö on toiminnassa eli valaisin voi himmentyä 25 - 85 %:n välillä ulkoa tulevan valon mukaan.

Jos taas ulkopuolista valoa ei ole, valaisin pysyy 80 %:n ja maksimivalotehon välillä. Sensorin havaitessa tilassa muita valaisimia, jää valaisin 25 %:n valotehoon 80 minuutin ajaksi sen jälkeen, kun liikettä ei enää havaita. Ellei tilassa ole muita valaisimia, valaisin sammuu jo 10 minuutin käyttämättömyyden jälkeen. Molemmissa tapauksissa 5 minuutin käyttämättömyys aiheuttaa valotason himmenemisen minimimäärään tasaisesti 2,5 minuutin aikana. [7.]

3 Tutkimusjärjestelyt

3.1 Koeympäristö

Testauspaikaksi Activelle valittiin Savonlinnan Taidelukio, johon Active-komponentit asennettiin kolmen eri luokkatilan valaisimiin. Kaikissa tutkimusluokissa tavoitteena oli energiansäästön ohella myös muuttaa valaistus sopivammaksi luokkatiloihin. Ennen koeasennusta kyseisissä luokissa oli ainoastaan yksi liiketunnistin luokkaa kohden, ja käyttäjien mielestä liiketunnistin koettiin toiminnaltaan epävarmaksi, sillä valot eivät aina kytkeytyneet päälle, kun tilassa liikuttiin normaalisti. Valot myös sammuivat kesken opituntien.

3.2 Tutkittavat valaisimet

Kaikissa luokissa on pulpettien yläpuolella Philips Office Nova 241 TPS 2 x 49W T5-loistelamppuvalaisimet (ks. kuva 3), opettajan pöydän yläpuolella vastaavat yksilamppuiset valaisimet ja taululla erilliset yksilamppuiset tauluvalaisimet. Opinnäytetyön toteutushetkellä Helvarin Active-tuoteperhe käsitti neljän eritehoisen LED-liitäntälaitteen lisäksi ainoastaan kolme erilaista elektronista liitäntälaitetta loistelamppuvalaisimille eli 2 x 14 - 35 W, 2 x 49 W ja 4 x 14 W mallit, jonka vuoksi Active voitiin asentaa ainoastaan pulpettien yläpuolella oleviin 2 x 49 W valaisimiin. Liiketunnistimella varustetun valaisimen asentaminen taululle ei olisi komponenttien saatavuudesta huolimatta ollut järkevää käytännön syistä, sillä taululla ei välttämättä olla jatkuvasti. Liitäntälaite olisi saatu yhteensopivaksi yksilamppuiseen valaisimeen tehovastuksen tai muun vastaavan kuorman avulla, mutta se ei olisi ollut mielekästä valaisimen kohonneen tehontarpeen ja sitä kautta suuremman energiankulutuksen vuoksi.



Kuva 3. Philips Office Nova 241 TPS

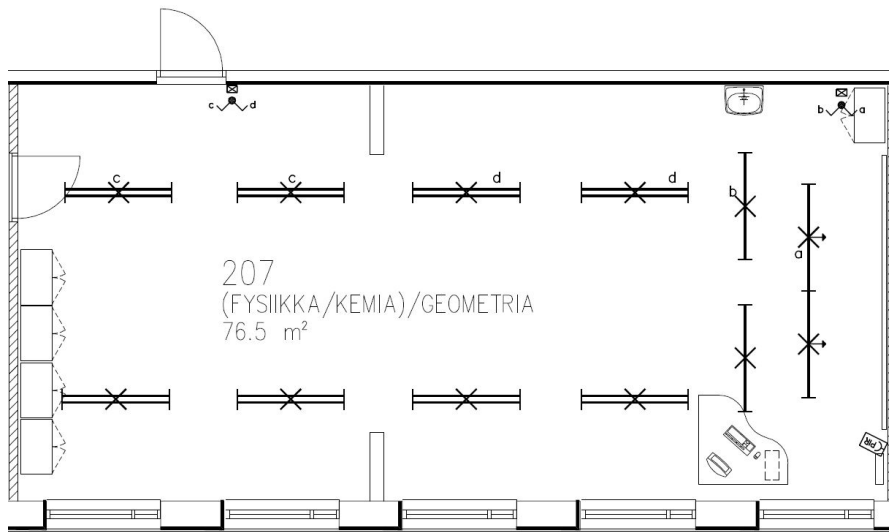
Koska valaisimien todettiin olevan rakenteeltaan yhteensopivat liitännälaitteen kanssa ja riittävän hyväkuntoiset testausta varten, voitiin uusien valaisimien sijaan hankkia ainoastaan Activen komponentit, joilla korvattiin valaisimien alkuperäiset elektroniset liitännälaitteet. Näin myös energiansäästöä saatiin tarkempaa tietoa, sillä vertaaminen referenssiluokkien energiankulutukseen ei olisi ollut mahdollista, jos valaisintyypit olisivat olleet erilaiset.

Entisten liitännälaitteiden ja referenssiluokissa tutkimuksen aikana olleiden valaisimen liitännälaitteena olleen EL 2x49s:n verkkoteho on 104 W ja lampputeho 2 x 49 W, josta hyötysuhteeksi saatiin noin 0,94. Uutena asennetun Active-liitännälaitte EL 2x49iDimin verkkoteho on 107 W ja lampputeho 2 x 49,3 W, josta hyötysuhteeksi saadaan noin 0,92. Lukemista huomataan, että uusi Active-valaisin vie lähtökohtaisesti hieman enemmän energiaa, jolloin tutkimuskohteiden mahdollinen energiansäästö ei johtuisi itse liitännälaitteen paremmasta energiatehokkuudesta vaan liiketunnistuksen ja vakiovalonsäädön toiminnasta. [8, 9.]

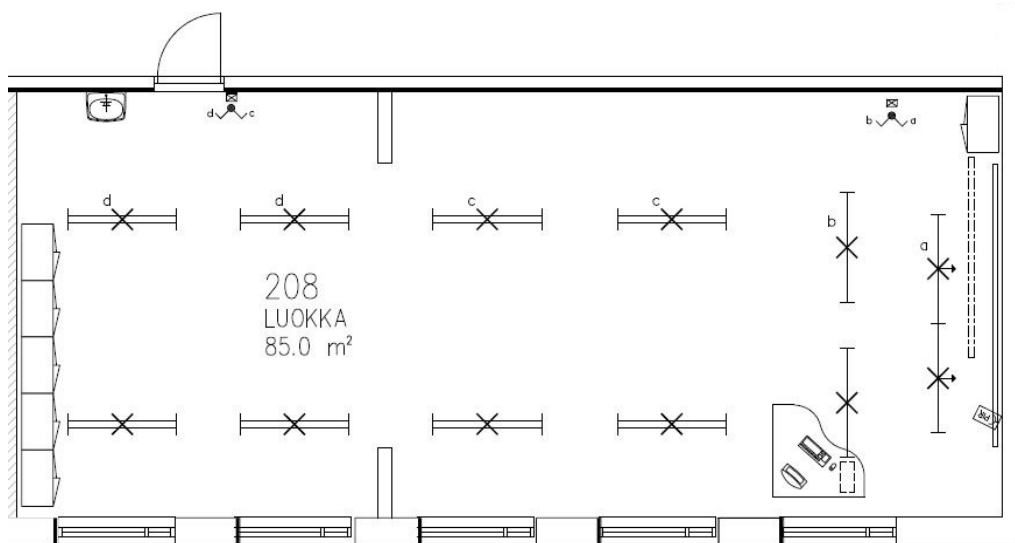
3.3 Luokkatilat

3.3.1 Teorialuokat 207 ja 208

Luokka 207 on 74,5 m²:n luokkatila (ks. kuva 4), joka on tarkoitettu pääasiassa fysiikan ja matematiikan opetukseen. Luokan referenssiluokkana energiankulutuksen suhteen toimii viereinen 85 m²:n luokkatila (ks. kuva 5), joka toimii historian ja yhteiskuntaopin opetustilana. Molemmissa luokissa on 8 tutkittavaa valaisinta ja luonnonvalon määrä on lähes sama, jolloin viereisen luokan käyttäminen vertailukohteena oli perusteltua.



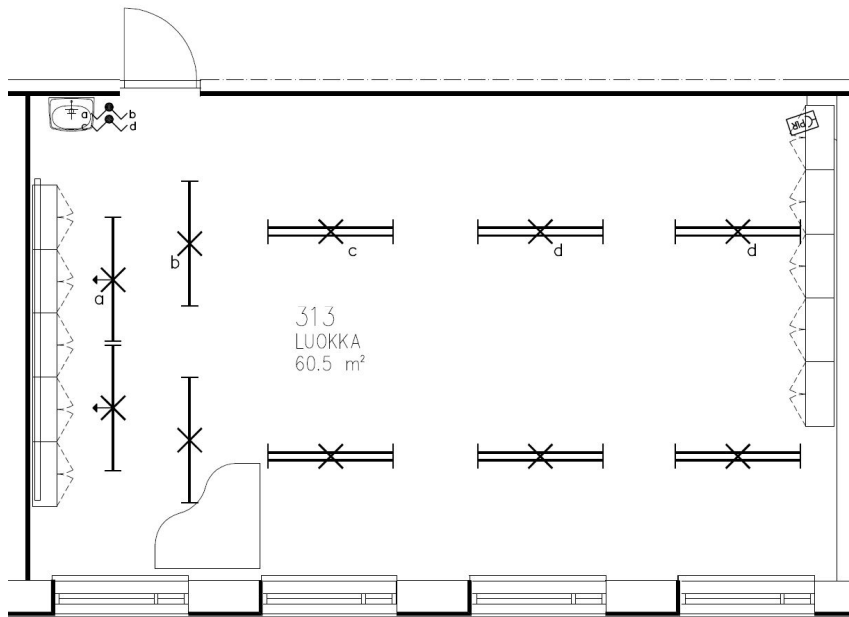
Kuva 4. Luokan 207 pohjapiirros; huomaa valaisinryhmät.



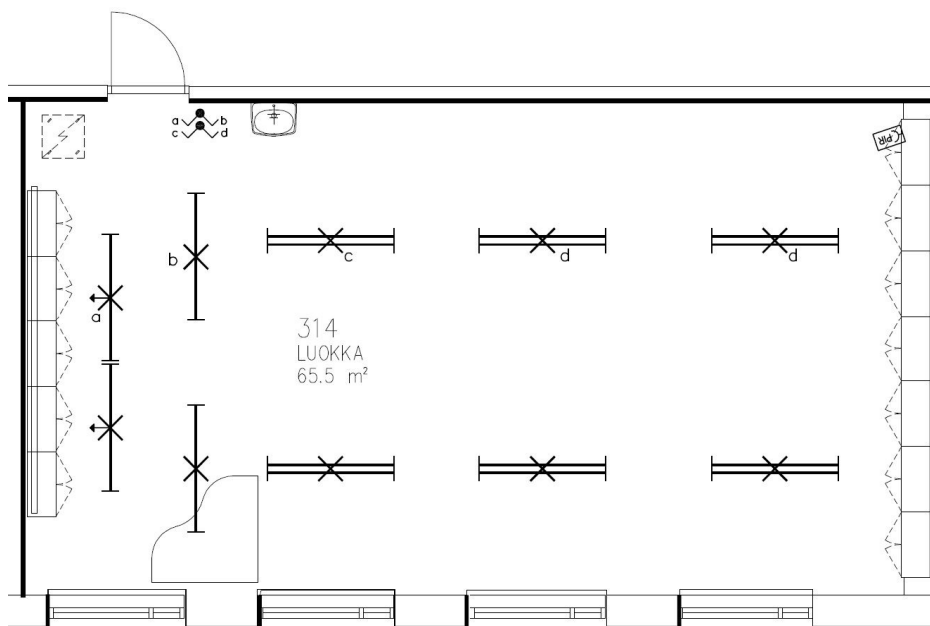
Kuva 5. Luokan 208 pohjapiirros.

3.3.2 Teorialuokat 313 ja 314

Luokka 313 on 60,5 m²:n luokkatila (ks. kuva 6), joka keskittyy pääasiassa ruotsin opetukseen, ja sen referenssiluokka oli viereinen 65,5 m² kokoinen englannin luokka 314 (ks. kuva 7). Nämäkin luokat olivat valaisinmääriltään vastaavia; molemmissa oli 6 tutkittavaa valaisinta.



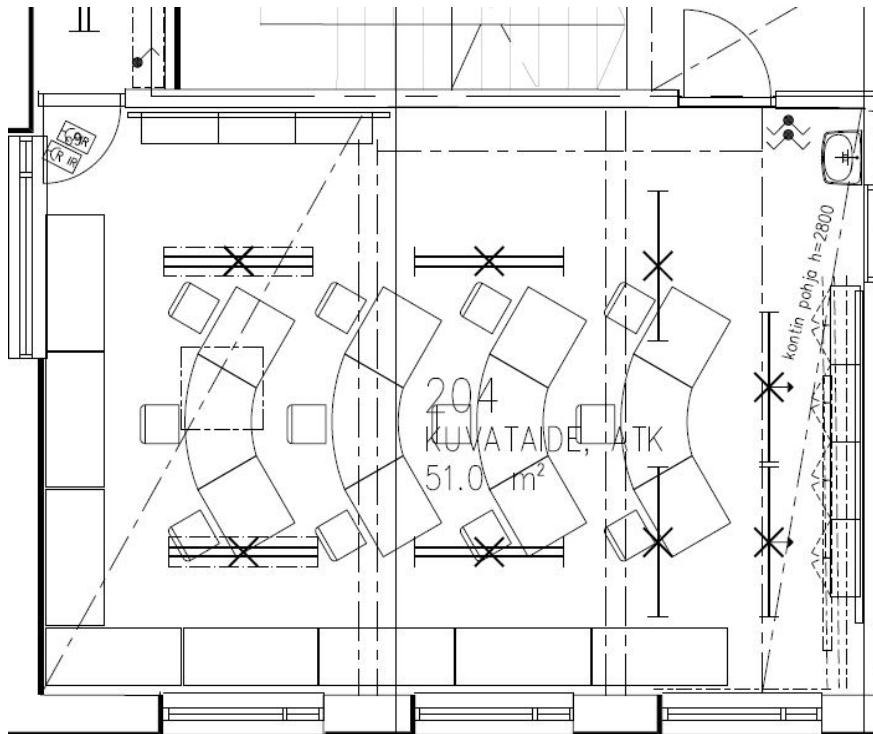
Kuva 6. Luokan 313 pohjapiirros



Kuva 7. Luokan 314 pohjapiirros

3.3.3 Medialuokka 204

Luokka 204 on mediailmalaisuuden opetuksen luokkatila, jonka pääasiallinen käyttötarkoitus on tietokoneella työskentely esimerkiksi kuvankäsittelyn muodossa. Luokalle ei ollut referenssiluokkaa energiankulutuksen suhteen; sen sijaan luokassa haluttiin testata yleisesti Activen toimintaa tietokonetyöskentelyyn painottuvassa tilassa ja selvittää käyttäjökokemusten avulla järjestelmän toimivuutta.



Kuva 8. Luokan 204 pohjapiirros. Piirroksista poiketen istumapaikat olivat asetettuna ringiksi.

3.4 Koejärjestelyt

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää uusien valaisimien energiankulutusta ja käyttäjämukavuutta. Ensimmäistä tutkittiin yksinkertaisesti energiamittauksella ja jälkimmäistä taas kyselytutkimuksella sekä haastatteluin.

Valaisimien sähkönkulutuksen selvittämiseksi jakokeskukseen oli asennettava kilowattituntimittarit, joilla pystyttäisiin näkemään sekä koeluokan että referenssiluokan energiankulutus. Alun perin tarkoituksena oli asentaa keskuksiin etäluettavat mittarit, mutta ajatuksesta jouduttiin luopumaan liian kalliina vaihtoehtona, ja keskuksiin asennettiin sen

sijaan tavalliset digitaalimittarit. Luokkakohtaisen kulutuksen laskemiseksi tarvittiin myös luokkien lukujärjestykset, josta saatiin selville luokkien käyttötunnit.

Luokkatilojen tasopiirustuksista selvisi, että luokkahuoneiden valaistus oli asennettu luokkakohtaisesti omaan ryhmäänsä, minkä lisäksi tutkittavat loistelamppuvalaisimet oli asennettu oman kytkimen taakse. Energianmittaus onnistui siis suoraan jakokeskuksella lisäämällä kilowattituntimittari virtakiskon ja ryhmälähdön väliin ilman ylimääräisiä johdotusten tai ryhmitysten muutoksia.

Käyttäjäkokemusten tutkiminen

Pääasiallinen tutkimuskohde sekä opettajilta että oppilailta saaduissa vastauksissa oli se, kuinka vakiovalosäätö ja yksittäisten valaisimien liiketunnistus toimivat opetuskäytössä, eli tuntuuko yksittäisten valaisimien himmeneminen tai sammuminen häiritsevältä oppituntien aikana. Aiempien kommenttien perusteella vanhojen liiketunnistimien toiminta oli epävarmaa, jonka vuoksi tutkimuksessa tuli tutkia myös Activea käyttävien valaisimien luotettavuutta.

Oppilaille suoritettu kysely toteutettiin kaksiosaisena kyselynä (ks. liite 2). Ensimmäisessä osiossa arvioitiin luokkien viihtyvyyttä, työskentelyergonomiaa, sisäilman laatua ja valaistusta. Osiossa kysyttiin myös, kuinka tärkeänä vastaaja näitä asioita piti. Ensimmäisen osion tarkoituksena oli siis selvittää yleisesti, kuinka paljon oppilaat yleensä kiinnittävät huomiota valaistukseen, ja sen lisäksi saada jonkinlainen mielikuva siitä, millaisena luokkien valaistusta pidetään. Toisessa osiossa taas kysyttiin tarkemmin valaistuksesta, valojen sammumisesta tai himmenemisestä kesken oppituntien, sekä häiritsikö yksittäisten valaisimien sammuminen.

Opettajille pidetyissä haastatteluissa käytiin myös läpi toimiiko liiketunnistin aiempaa luotettavammin ja tuntuuko vakiovalonsäädön tai liiketunnistuksen aiheuttama yksittäisten valaisimien himmeneminen tai sammuminen häiritsevältä oppituntien aikana. Haastatteluissa annettiin myös sijaa vapaalle kommentoinnille.

4 Toteutusvaihe

4.1 Valaisinkomponenttien asennus

Ennen luokkien valaisinkomponenttien tilaamista Helvarilta saatiin yksi Active-paketti koeasennusta varten. Valaisinta purettaessa liitântälaitteen vaihtoa varten huomattiin, että valaisimen sisällä oli jo alun perinkin Helvarin elektroninen liitântälaite (malli EL-s), joka helpotti asennusta samankaltaisen kiinnityksen ja Helvarin standardikokojen vuoksi. Liitântälaitteiden kokoero näkyy kuvassa 10. Liitântälaitteen lisäksi valaisimen sisälle asennettiin myös iDim Solo -tehoyksikkö, ja valaisimen heijastimeen asennettiin iDim Sense -sensori (ks. kuva 11).



Kuva 9. Uudet komponentit asennettuna valaisimeen. Valaisimen ulkopuolella vertailun vuoksi vanha liitântälaite.

Asennuksesta on hyvä mainita liitântälaitteen pituuden muuttuminen entisestä 360 millimetristä 430 millimetriin, jonka lisäksi pituutta lisää myös edellä mainittu 121 millimetrin mittainen iDim Solo (ks. kuva 9). Asennuksen jälkeen huomattiin riippuvalaisimen olevan hieman kallellaan lisääntyneen painon vuoksi; vanhan liitântälaitteen paino on 260 grammaa, kun taas uusi liitântälaite painaa 330 grammaa ja iDim Solo 40 grammaa. Lisäpainoa tuli siis yhteensä 110 grammaa, jonka vuoksi valaisimeen asennettiin vastaavan suuruinen paino toiselle puolelle. Toinen vaihtoehto olisi ollut iDim Solon asentaminen

toiselle puolelle valaisinta, mikä taas olisi aiheuttanut ylimääräistä työtä johdotuksen kanssa. On myös otettava huomioon, ettei tällaista ongelmaa ole pintaan tai uppoon asennettavien valaisimien kanssa, kuten ei myöskään valaisimissa joissa valaisimien asentoa voi säätää.



Kuva 10. Elektroniset liitäntälaitteet; yläpuolella uusi EL 2x49 iDim Active, alapuolella EL 2x49s.

Sensorin asennuksessa haasteita tuotti sen kiinnittäminen valaisimen heijastimeen. Alun perin sensorit oli tarkoitus asentaa valaisimiin niille tehdyillä kiinnikkeillä (ks. kuva 11), mutta koska kiinnikkeitä ei asennushetkellä ollut sarjatuotannossa ja räätälöityjen kiinnikkeiden teettäminen osoittautui suurten kustannusten vuoksi mahdottomaksi, päädyttiin sensorit kiinnittämään valaisimien ritilöihin nippusiteillä.



Kuva 11. iDim Sense -sensori asennettuna valaisimeen.

4.2 Käyttjäohjeistus

Valaisimien asennusvaiheessa luokkien opettajille pidettiin lyhyt tiedotustilaisuus siitä, millaiset valaisimet luokkiin tulee, ja kuinka niiden kanssa tulisi toimia tutkimuksen ajan. Valaisimia ei enää koesyistä sammutettaisi kytkimestä, vaan annettaisi liiketunnistimen sammuttaa valot, kuten se tekisi myös tilanteessa, jossa luokasta poistuttaessa unohdetaan valot päälle. Oppilaille ei pidetty erillistä infoa, koska oppilaiden ei haluttu kiinnittävän erityistä huomiota vaihtuneisiin valaisimiin, vaan järjestelmä tuli ottaa käyttöön mahdollisimman huomaamattomasti. Tällä tavalla oppilailta saatiin kyselytutkimuksessa selville se, onko valaisimien toiminta riittävän huomaamatonta opiskeluun vai häiritseekö valaisimien himmeneminen tai sammuminen oppituntien aikana.

Valojen päällä pitämisen varmistamiseksi valokytkimet teipattiin ”päälle”-asentoon ja kytkimien viereen asetettiin ohjeistus, ettei valoja saa sammuttaa. Kytkintä ei kuitenkaan poistettu opettajien toiveesta kokonaan käytöstä, koska esimerkiksi projektoria käytettäessä luokka tuli edelleen saada pimeäksi.

4.3 Koeaika

Valaisimet oli tarkoitus asentaa luokkiin viimeistään tammikuussa 2015, jolloin koeajaksi olisi saatu kolme kuukautta, mutta asennuksen viivästymisen vuoksi valaisimet päästiin asentamaan vasta helmikuun alussa ja koeaika päästiin aloittamaan mittarien asennuksen jälkeen 16. helmikuuta. Viimeiset energiankulutuslukemat otettiin 20.4., eli koeajaksi saatiin hieman yli kaksi kuukautta. Koeajalta hankittiin lukujärjestykset, joista selvitettiin luokkien käyttötunnit, ja energialukemien verrannollisuuden vuoksi kulutuslukemat jaettiin käyttötunneilla.

5 Tulokset

5.1 Energiamittaus

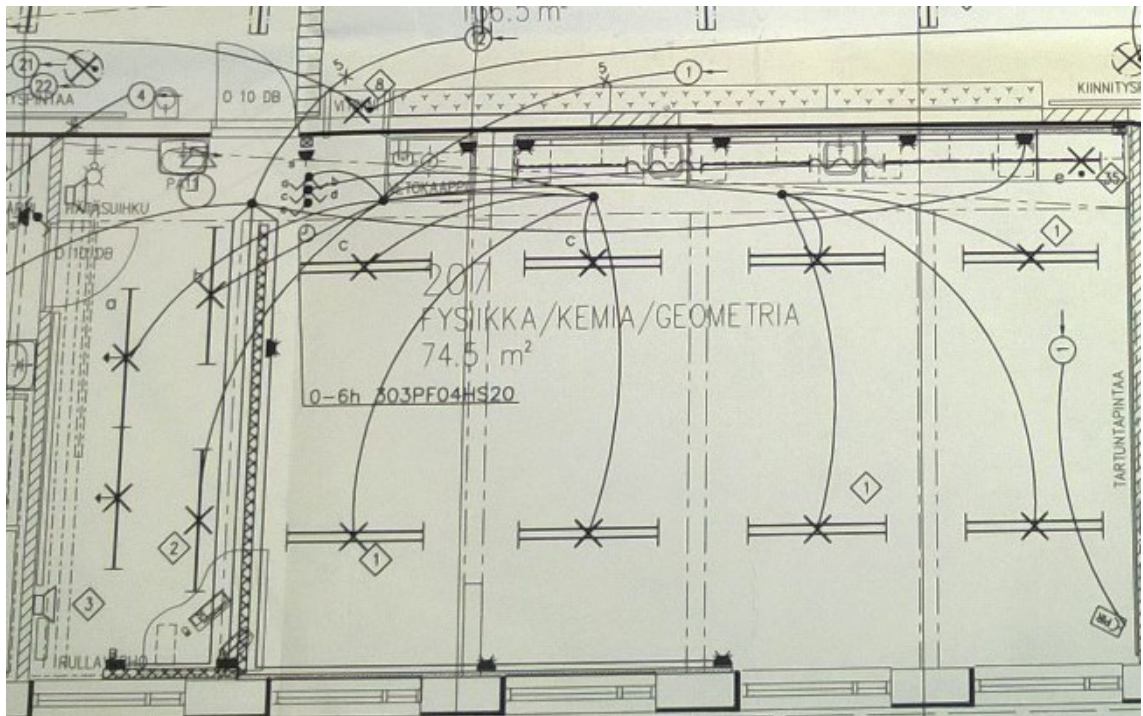
Koeaikana luokan 207 valaisimiin oli tullut sähköverkosta johtunut toimintahäiriö; liiketunnistin lakkasi toimimasta ja valaisimet jäivät päälle. Koska vika ilmeni vasta juuri ennen pääsiäislomaa, olivat luokan valaisimet päällä koko nelipäiväisen loman ajan. Toimintahäiriön syy ei selvinnyt ennen opinnäytetyön valmistumista, mutta syyksi epäiltiin verkon jännitteenvaihtelusta johtunutta häiriötä. Tulosten vääristymisen välttämiseksi pääsiäisloman kesto otettiin huomioon tulosten laskemisessa.

Tulosten analysointivaiheessa huomattiin, että lukemat vaihtelivat todella paljon. Laskennalliset kulutukset eivät olleet edes lähelle samansuuruisia eri luokissa, vaan erot olivat merkittävän suuria, arvot taulukossa 2. Muutaman tarkastuslaskennan jälkeen todettiin, ettei vika ole laskentavaiheessa, vaan virheen on tultava jostain muualta.

Taulukko 2. Energiakulutuslukemat. Viimeisessä sarakkeessa luokakohtaisen valaistuksen teho. Luokan 207 arvossa kompensoitu 96h eli pääsiäisloman pituus.

Luokka	kWh	Käyttöt.	kW
207	120	89,25	0,648
208	140,1	143,25	0,978
313	88,9	164,25	0,541
314	80,1	132	0,607

Tulosten oltua vertailukelvottomia ongelman syytä alettiin selvittää. Virhe energialukemissa olisi joko viallisten mittareiden aiheuttama, tai valaisimien sulakkeen takana olisi piirustuksista poiketen muutakin kuormaa. Koululta saatujen tasopiirustusten perusteella valaisimet olivat omana ryhmänään ilman muuta kuormaa, mutta loppupiirustuksista pyydettiin varmuuden vuoksi vielä kopio Savonlinnan toimitilapalveluilta. Molempien piirustusten perusteella valaisimet olivat omassa ryhmässään, eikä keskuslähtöön ollut suunniteltu pistorasioita eikä muita laitteita.



Kuva 12. Tasopiirustus johdotuksineen. Keskuslähtö 1 on valaistuksen keskuslähtö, ja taso 12 pistorasiointin lähtö, johon kuuluu myös projektorin kattorasiasia.

Ongelman selvittämiseksi otettiin yhteyttä Savonlinnan Taidelukioon ja pyydettiin kokeilemaan, mitkä sähkölaitteet sammuvat, kun automaattisulake kytketään 0-asentoon. Näin saatiin selville, oliko ryhmässä muita sähkölaitteita kuin valaisimet. Kokeilemalla sulakkeen pois kytkemistä selvisi, että ryhmässä oli piirustuksista poiketen myös luokan kattoon asennettu projektori. Projektorin pistorasia näkyy tasopiirustuksessa (ks. kuva 12), jonka mukaan sen piti olla keskuslähdössä 12 muiden pistorasioiden kanssa.

Projektorin kuuluminen valaistusmittaukseen aiheutti tulosten vertailukelvottomuuden, sillä projektorin käyttö on epäsäännöllistä ja sen kulutusta on näin mahdoton arvioida.

5.2 Kyselyt ja haastattelut

Kyselyyn (ks. liite 2) vastasi yhteensä 91 oppilasta. Luokkakohtaiset erot olivat todella pieniä, joten varsinkaan vastauksia yleisiin kysymyksiin (ks. taulukko 3) ei voida pitää kovinkaan hyödyllisinä tutkimuksen kannalta. Sitä vastoin valaisimien sammuminen kesken tuntien sekä yksittäisten valaisimien sammuminen oli tärkeämpiä kysymyksiä (taulukko 4).

Taulukko 3. Kyselyyn vastanneiden määrät ja vastausten keskiarvot luokkakohtaisesti.

Luokka	Vastaaaja	Tyytyväinen valaistukseen	Hyvä valaistus on tärkeä
207	16	4,0	4,4
208	34	4,0	4,5
313	26	4,3	4,4
314	15	4,3	4,2

Taulukko 4. Myöntävien vastausten osuudet kaikista vastauksista prosentteina.

Luokka	Luokassa on riittävästi valoa	Väriämpötila hyvä	Kaikki valot sammuneet	Yksittäiset valot sammuneet	Sammumisen häirinnyt
207	93,8	93,8		62,5	10
208	100,0	90,0	5,0		
313	100,0	96,2	11,1		
314	100,0	100,0		30	0

Taulukossa 4 kysytyt kaikkien valojen sammuminen ja yksittäisten valojen sammuminen kertoo, kuinka moni on kiinnittänyt huomiota valaisimien sammumiseen. Referenssiluokkien 208 ja 313 kyllä/ei-vastauksien lisäksi kommenttiosioon useimmat olivat kirjoittaneet, että valaisimet sammuvat vain, kun luokassa on vähän oppilaita, ja erityisesti kokeiden aikana. Näistä vastauksista yhdessä luki kommenttina, että ”olisi kiva, jos valot pysyisivät päällä, kun sammuminen häiritsee keskittymistä”. Tutkimusluokissa 207 ja 314 valaisimien sammuminen oli huomattu selvästi useammin yksittäisten valaisimien sammumisen vuoksi, mutta ainoastaan yksi kyselyyn vastanneista koki tämän toiminnallisuuden häiritseväksi. Kahteen luokkien 207 ja 314 kyselyistä oli lisäksi kirjoitettu ylimääräisiä kommentteja; toisessa keuhuttiin valojen himmenemistä, kun aurinko paistaa luokkaan, ja toinen vastaaja oli kokenut hauskaksi ominaisuudeksi sen, että luokka on hämärämpi, kun paikalla on vain muutama opiskelija.

Medialuokassa tehdyt haastattelut (liite 3) ajoituivat sen suhteen huonoon aikaan, että koko opetusjakso oli suurimmaksi osaksi omatoimista projektityöskentelyä, minkä vuoksi kyselyjä ei saatu pidettyä kootusti. Medialuokasta saatiin ainoastaan 6 vastausta kyselyihin, joista viidessä kerrottiin, ettei valoja pidetä päällä ollenkaan. Valaistus koettiin neljän vastaajan mielestä riittäväksi ja kahden mielestä liialliseksi, ja valaisimien itsenäiseen sammumiseen tai himmenemiseen ei ollut kiinnitetty huomiota ollenkaan.

Luokkien opettajien haastattelut

Tutkimusluokkien 207 ja 314 opettajista haastateltiin kolmea opettajaa, jotka opettivat pääasiassa kyseisissä luokissa. Kaikki kolme olivat erittäin tyytyväisiä valaistuksen toimintaan ja kokivat turhien valojen sammumisen hyödylliseksi. Luokat olivat heidän mukaansa harvoin täynnä, ja tällöin kahdesta neljään valaisinta oli normaalisti turhaan päällä. Yksittäisten valaisimien liiketunnistimien myös koettiin toimivan huomattavasti luotettavammin kuin aiemman yhden liiketunnistimen varassa olleen valaistuksen. Valot eivät sammuneet, kun niitä tarvittiin, vaan valot pysyivät päällä luotettavasti.

Medialuokassa 314 projektityöskentelylähtöisen opiskelun vuoksi myöskään luokan pääasialliselta opettajalta ei saatu muita kommentteja, kuin että valoissa ei ole huomattu merkittävää eroa päätetyöskentelyssä ja että valoja pidetään todella harvoin päällä tuntien aikana.

Kaikilta haastatelluilta opettajilta saatiin lisäksi tietää, että kielloista huolimatta opiskelijat olivat useimmiten laittaneet valot pois päältä tuntien päätyttyä, ja valoja sammuteltiin myös sen jälkeen, kun yksi opettajista oli omatoimisesti teipannut katkaisijan piiloon.

5.3 Kustannusvertailu

Kustannusten arviointi tehtiin Helvarin valaistusohjausosaston myyntipäällikkö Jukka Riikkulalta saatujen tietojen pohjalta. Tarkoituksena oli vertailla, kuinka Activen hinta poikkeaa täydellisestä DALI-valaistusohjausjärjestelmästä.

Active-valaisimia asennettiin luokkiin yhteensä 18 kappaletta, ja yhden valaisimen komponentit maksoivat yhteensä 41 euroa. Hinnaksi kolmen luokan komponenteille saatiin siis 738 euroa. Komponenttien asennus olemassa oleviin valaisimiin vei sähköasentajan

mukaan noin puoli tuntia valaisinta kohden, ja jos Active olisi ollut jo sisäänrakennettuna valaisimiin, ei asennukseen olisi mennyt enempää aikaa kuin tavallisen valaisimen asennukseen.

Kokonaisen DALI-valaistusohjausjärjestelmän rakentamiseen tarvittaisiin yhteensopivien liitäntälaitteiden lisäksi myös luokkakohtainen virtalähde, yhdistetty vakiovalo/läsnäolosensori ja luotettavan toiminnan takaamiseksi toinen erillinen läsnäolosensori. Myös olemassa olevat valokytkimet täytyisi vaihtaa DALI-käyttöpaneeliin. Yhteensä tässä tutkimuksessa toteutettu kolmen luokan DALI-järjestelmä maksaisi tällöin 638 euroa, ja lisäksi järjestelmä vaatisi 135 euron hintaisen ohjelmoinnin. Täyden ohjausjärjestelmän hintaan täytyy laskea lisäksi DALI-yhteensopivat liitäntälaitteet, ohjauskaapelointi sekä lisätyöt kaapeloinnissa ja järjestelmälaitteiden asennuksessa. Tässä vaihtoehdossa on tietenkin huomioitava, että Activen tarjoaman liiketunnistuksen ja vakiovalonsäädön lisäksi luokkiin saataisi myös esiasetettujen tilanteiden (kuten piirtoheitintila, opetustila jne.) toiminnot sekä portaaton valotason säätö.

Tarkastelukohtana mainittakoon vielä, että jos kiinteistöön rakennettaisi täysi DALI-järjestelmä, ei sitä olisi järkevää jättää pelkästään kolmen luokkahuoneen asennukseksi. Kohtuullisen pienellä lisäinvestoinnilla laitteiston kattavuutta pystyttäisiin lisäämään huomattavasti, eli vaihtamalla luokkakohtaiset virtalähteet keskukseseen asennettavaan reititimeen saisi ohjausjärjestelmän ohjelmoitua helposti muun muuassa reaaliaikaisen kulusseurannan, vikaraporttien, etäohjauksen ja keskitetyn ohjauksen (esimerkiksi kaikki koulun valot pois päältä yhdellä napilla) mahdollistamiseksi. Reitittimen avulla myös lisäluokkien lisääminen DALI-ohjauksen piiriin tulisi suhteessa halvemmaksi, kun järjestelmälaitteet olisivat yksittäisten kenttälaitteiden sijaan keskuksessa, joiden lisäksi luokkiin tarvittaisi vain sensorit ja käyttöpaneelit. Reititinpohjainen järjestelmä voitaisi toteuttaa kahdella erikokoisella reitittimellä; Helvar Digidim 905 -reititin kattaisi kahden luokan tarpeen ja järjestelmälle tulisi hintaa 855 euroa ohjelmointineen, ja isompaan järjestelmään käytettävä viiden luokan valaistukseen tarvittava Digidim 910 -reititin maksaisi ohjelmointineen 1460 euroa. Näissä vaihtoehdoissa olisi kuitenkin järkevintä vaihtaa valaisimet kokonaan uusiin DALI-yhteensopiviin valaisimiin, sillä suuremmissa asennuksissa valaisimien purkaminen ja liitäntälaitteiden vaihto voi tulla jopa kalliimmiksi kuin olemassa olevien valaisimien vaihtaminen uusiin.

6 Yhteenveto ja pohdintaa

Taidelukiolle tehty koeasennus oli vertailukelvottomista mittaustuloksista huolimatta monella tapaa hyödyllinen. Käyttäjiltä saatujen kommenttien perusteella Active on toimiva ratkaisu myös kouluympäristössä. Alkuun ongelmaksi epäilty yksittäisten valaisimien sammuminen kesken oppituntien ei haastatteluiden perusteella ollutkaan ongelma, vaan tämä toiminnallisuus koettiin vain hyväksi. Erityisen hyvänä pidettiin vakiovalosäätöä aurinkoisempina päivinä, ja samoin kehuja sai varmatoimisuus verrattuna entiseen yhden liiketunnistimen varassa olleeseen valaistukseen.

Oppilailta kyselyillä saadut mielipiteet käyttömukavuudesta ja valaisimien käytännöllisyydestä olivat tärkeä osa tutkimusta, mutta tuloksia ei voida lähtökohtaisesti pitää tarkkoina suhteellisen pienen luokkakohtaisen tutkimusotoksen ja kyselytutkimukselle ominaisen suuren virhemarginaalin vuoksi. Kyselytutkimukseen vaikuttaa niin moni ulkoinen tekijä ettei käyttäjäkokemuksia voi tutkia objektiivisesti, vaan lähinnä suuntaa-antavina mielipiteinä, mikä olikin selkeästi nähtävillä vastauksista. Opettajilta haastatteluissa saadut mielipiteet taas olivat hyödyllisempiä, sillä opettajien kanssa pystyttiin keskustelemaan huomattavasti kattavammin valaistuksen toimivuudesta.

Tutkimuksen suppeneminen mittauslaitteistojen osalta kostautui tutkimustulosten menetyksenä. Jotta valaisimien energiankulutusta olisi pystytty seuraamaan tarkasti, olisi mitausten täytynyt tapahtua reaaliaikaisesti esimerkiksi etäluettavilla mittareilla, kuten tutkimusta suunniteltaessa oli ajatus. Tällöin myös oudot mittauslukemat olisi huomattu ajoissa ja johtoryhmittelyä olisi pystynyt vielä muuttamaan, mikä ei ollut mahdollista kun tulokset saatiin analysoitavaksi vasta työn loppuvaiheessa. Uusi energiankulutusta mitaava tutkimus toteutettaneen vielä insinööriyön jälkeen.

Tässä työssä tehty muutostyö oli sen suhteen tavanomaisesta saneerauksesta poikkeava, että valaisimia ei vaihdettu kokonaan uusiin, vaan koeasennukseen käytettiin vanhoja valaisimia uusilla komponenteilla. Vastuukysymyksiä pohtiessa täytyy ottaa huomioon, että jos valaisimet olisi tilattu valmiiksi Active-komponenteilla, olisi valaisinvalmistajan virhevastuu voimassa normaalisti. Tällainen vastuu siirtyy valaisinvalmistajalta tilanteesta riippuen urakoitsijalle tai asiakkaalle, kun valaisimen rakennetta tai komponentteja muutetaan.

Tutkimuksesta olisi saatu isommalla budjetilla huomattavasti kattavampi. Lisäämällä tutkimuksen piiriin useampi luokka, joissa valoja olisi käytetty eri tavoin, olisi saatu tarkkaa tietoa siitä, kuinka valot kuluttavat energiaa erilaisissa tilanteissa. Silloin olisi siis katettu myös tilanne, jossa valoja käytetään kuten normaaleita valaisimia. Valaistuksen laatua ja käyttömukavuutta olisi pystytty tutkimaan laajemmin vaihtamalla osasta luokista valaisimet alkuperäisistä kylmän sävyisistä loistelampuista lämpimän sävyisiin, ja teettämällä useampi kysely luokissa pitkin vuotta. Tällaisesta tutkimuksesta olisi saatu myös tietoa siitä, millainen valaistus yleensä koetaan parhaaksi luokkatiloissa. Tutkimusta olisi voitu laajentaa myös pelkästään koeajan osalta: esimerkiksi vuoden mittaisen koeajan aikana oltaisi jo voitu selvittää, kuinka valojen käyttö, energiansäästö vakiovalosäädöllä ja käyttäjien mielipiteet Active-valaisimien toiminnasta vaihtelevat eri vuodenaikoina.

Lähteet

- 1 Simpson, Robert S. 2003. Lighting control – technology and applications. Focal Press.
- 2 Lighting Controls. 2008. Verkkodokumentti. Thorlux Lighting. <http://www.noack.no/Produkter/thorluxsmart/Dali%20and%20DSI.pdf>. Päivitetty 28.2.2008. Luettu 11.4.2015.
- 3 DALI Help and Troubleshooting. 2013. Verkkodokumentti. Helvar Oy. http://www.helvar.com/sites/default/files/attachment_files/Helvar_DALI_Help_And_Troubleshooting.pdf. Päivitetty 26.6.2013. Luettu 28.2.2015.
- 4 Helvarin historia. 2015. Verkkodokumentti. Helvar Oy. <http://www.helvar.fi/corporate/company/helvar-legacy/Electronic-ballast-and-DALI>. Luettu 28.2.2015.
- 5 DALI-tuotteet. 2015. Verkkokatalogi. Helvar Oy. <http://www.helvar.fi/products/DALI>. Luettu 8.3.2015.
- 6 iDim – Vaivatonta energiansäästöä. 2011. Verkkodokumentti. Helvar Oy. http://www.helvar.fi/sites/default/files/iDim_FI_ver3_web.pdf. Päivitetty 28.4.2011. Luettu 9.3.2015.
- 7 iDim User Manual. 2014. Verkkodokumentti. Helvar Oy. http://www.helvar.com/sites/default/files/product_user_guides/304_316_403_iDim_Sense_Solo_user_guide_iss06_0.pdf. Päivitetty 12.6.2014. Luettu 29.2.2015.
- 8 EL-iDim Datasheet. 2011. Verkkodokumentti. Helvar Oy. http://www.helvar.com/sites/default/files/product_datasheets/EL-iDim_datasheet_EN.pdf. Päivitetty 7.3.2011. Luettu 29.2.2015.
- 9 EL-s Datasheet. 2012. Verkkodokumentti. http://www.helvar.com/sites/default/files/product_datasheets/EL-s_EL-su_T5_datasheet_EN.pdf Päivitetty 12.3.2015. Luettu 29.2.2015.

Kyselylomake

OSA 1: LUOKKATILA

Luokka jossa kysely suoritettiin (ympyröi): 207 208 304 313 314

Vastaa kysymyksiin rastittamalla. 1= huonoin, 5 = paras.

Kuinka tyytyväinen olet **tämän luokan...**

	1	2	3	4	5
Viihtyvyyteen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sisäilman laatuun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Valaistukseen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Pöytiin/tuoleihin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Kuinka tärkeänä pidät **yleisesti** seuraavia:

	1	2	3	4	5
Luokkien viihtyvyys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hyvä sisäilma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Hyvä valaistus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
----------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Työskentelyergonomia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
----------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

OSA 2: LUOKAN VALAISTUS

Ympyröi sopiva vaihtoehto.

Onko luokassa mielestäsi riittävästi valoa? kyllä / ei

Onko valaisimien väriämpötila (kylmä/lämmin) sopiva koulutyöskentelyyn? kyllä / ei

Valaistus toimii liiketunnistimin. Ovatko valot sammuneet kesken oppituntin? kyllä / ei

Seuraavat kysymykset koskevat ainoastaan luokkia 207 ja 314.

Oletko huomannut yksittäisten valaisimien sammuvan tai himmenevän kesken oppituntien? kyllä / ei

Jos kyllä, oletko kokenut sen häiritseväksi? kyllä / ei

Kiitos ajastasi!

Medialuokan kyselylomake

OSA 2: LUOKAN VALAISTUS

Ympyröi sopiva vaihtoehto.

Onko valaistus tuntien aikana... liian vähäinen / riittävä / liiallinen

Pidätkö valot päällä työskennellessäsi median luokassa oppituntien ulkopuolella? kyllä / ei

Onko valaisimien värilämpötila (kylmä/lämmin) sopiva työskentelyyn? kyllä / ei

Valaistus toimii liiketunnistimin. Oletko huomannut yksittäisten valaisimien sammuvan tai himmenevän kesken oppituntien tai itsenäisen työskentelyn? kyllä / ei

Jos kyllä, oletko kokenut sen häiritseväksi? kyllä / ei

Sammutatko valot yleensä kytkimestä? kyllä / ei

Kiitos ajastasi!

Seinätaulu

Savonlinnan Taidelukio
5.jakso 02.03. - 15.04.2015

StarSoft Kurre 7.19d
12.03.2015 09:52

² Ryhmällä myöhäisempi alkamisaika

Maanantai						
	207	208	313	314		
08:00			ENA06.1	rhän TL13a	AI05.2	TL12b/TL13b/TL13c kkoop
08:55			ENA06.1	rhän TL13a	AI05.2	TL12b/TL13b/TL13c kkoop
09:55		BI01.2	ENA05.2	TL12b/TL12c/TL13b rhän	RUB02.1	TL12a/TL14a/TL14a ukar
11:10		BI01.2	ENA05.2 ²	TL12b/TL12c/TL13b rhän	RUB02.1 ²	TL12a/TL14a/TL14a ukar
12:10	MAA03.1	ntuo TL14b/TL14c	HI03.2	ava	KE03.1	TL11b/TL12b/TL13b/TL13c/TL14c vnoi
13:05	MAA03.1	ntuo TL14b/TL14c	HI03.2	ava	KE03.1	TL11b/TL12b/TL13b/TL13c/TL14c vnoi
14:05	MAA07.1	TL13b/TL13c/TL14c ntuo	HI04.2	shar TL12b/TL14b	ENA03.3	rhän TL14c
15:00	MAA07.1	TL13b/TL13c/TL14c ntuo	HI04.2	shar TL12b/TL14b	ENA03.3	rhän TL14c
15:45						
16:30						
17:15						
18:00						
18:45						
19:30						

Tiistai						
	207	208	313	314		
08:00	MAA07.1	TL13b/TL13c/TL14c ntuo	HI04.2	shar TL12b/TL14b	ENA03.3	rhän TL14c
08:55	MAA07.1	TL13b/TL13c/TL14c ntuo	HI04.2	shar TL12b/TL14b	ENA03.3	rhän TL14c
09:55			HI03.2	ava	KE03.1	TL11b/TL12b/TL13b/TL13c/TL14c vnoi
11:10			HI03.2	ava	KE03.1	TL11b/TL12b/TL13b/TL13c/TL14c vnoi
12:10					KU01.1	TL13a/TL13b/TL13c mesk
13:05					KU01.1	TL13a/TL13b/TL13c mesk
14:05					RUB02.1	TL12a/TL14a/TL14a ukar
15:00					RUB02.2	ukar TL12c/TL14b
15:45					RUB02.2	ukar TL12c/TL14b
16:30						
17:15						
18:00						
18:45						
19:30						

Keskiviikko						
	207	208	313	314		
08:00			ENA03.3	rhän TL14c	RUB02.2	ukar TL12c/TL14b
08:55			ENA03.3	rhän TL14c	RUB02.2	ukar TL12c/TL14b
09:55	MAA03.1	ntuo TL14b/TL14c				
11:10		HI04.2	shar TL12b/TL14b	ENA06.1 ²	rhän TL13a	RUB02.1
12:10		HI04.2	shar TL12b/TL14b	ENA06.1	rhän TL13a	RUB02.1
13:05		YH01.3	rhär TL12c/TL13c	ENA05.2	TL12b/TL12c/TL13b rhän	
14:05		YH01.3	rhär TL12c/TL13c	ENA05.2	TL12b/TL12c/TL13b rhän	
15:00						
15:45						
16:30						
17:15						
18:00						
18:45						
19:30						

Torstai						
	207	208	313	314		
08:00	MAA07.1	TL13b/TL13c/TL14c ntuo			HAB306.1	ihäk TL12a/TL13a
08:55	MAA07.1	TL13b/TL13c/TL14c ntuo			HAB306.1	ihäk TL12a/TL13a
09:55			HI03.2	ava	KE03.1	TL11b/TL12b/TL13b/TL13c/TL14c vnoi
11:10			HI03.2	ava	KE03.1	TL11b/TL12b/TL13b/TL13c/TL14c vnoi
12:10	MAA03.1 ²	ntuo TL14b/TL14c			ENA06.1	rhän TL13a
13:05	YH01.3	rhär TL12c/TL13c	BI01.2	TL13c/TL14b/TL14b mkar	AI05.2	TL12b/TL13b/TL13c kkoop
14:05	YH01.3	rhär TL12c/TL13c	BI01.2	TL13c/TL14b/TL14b mkar	AI05.2	TL12b/TL13b/TL13c kkoop
15:00						
15:45						
16:30						
17:15						
18:00						
18:45						
19:30						

Perjantai						
	207	208	313	314		
08:00		BI01.2	TL13c/TL14b/TL14b mkar	ENA05.2	TL12b/TL12c/TL13b rhän	
08:55		BI01.2	TL13c/TL14b/TL14b mkar			AI05.2
09:55	MAA03.1	ntuo TL14b/TL14c	GE01.1	TL14a/TL14a/TL14a mhyv	ENA06.1	rhän TL13a
11:10			GE01.1	TL14a/TL14a/TL14a mhyv		RUB02.2 ²
12:10						RUB02.2
13:05						ukar TL12c/TL14b
14:05						
15:00						
15:45						
16:30						
17:15						
18:00						
18:45						
19:30						