

Roni Ahola

# Sisävalaistuksen energiatehokkuuden arviointi- kriteerit

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

15.5.2013

Tekijä Otsikko	Roni Ahola Sisävalaistuksen energiatehokkuuden arviointikriteerit
Sivumäärä Aika	56 sivua + 5 liitettä 15.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	rakennusten sähkö- ja tietotekniikka
Ohjaajat	yliopettaja Torsti Viilo johtaja, markkinointi ja tuotehallinta Jarmo Tomperi
<p>Insinööriyön tavoitteena on kehittää sisävalaistuksen elinkaarikustannusten vertailut mahdollistava taulukkolaskenta työn tilaajan käyttöön. Tässä insinööriyössä on pyritty tarkastelemaan sisävalaistuksen elinkaarikustannuksia taloudellista näkökulmasta ottaen huomioon valaistukselle asetetut vaatimukset eri käyttötilanteissa. Insinööriyön sisävalaistuksen elinkaarikustannusten tarkastelu on rajattu yleisvalaistukseen; työssä ei oteta kantaa turva- ja merkkivalaistuksen elinkaarikustannuksiin. Valonlähteiden osalta työ on rajattu koskemaan loisteputkivalaisimia, purkauslamppuvalaisimia, led-valaisimia ja korvaavia led-lamppuja loiste- ja purkauslamppuille. Ohjaus- ja säätöjärjestelmien osalta työ rajautuu tilaajan tuotteissaan käyttämiin ohjaus- ja säätölaitteisiin. Insinööriyössä on pyritty selvittämään, mitkä kaikki osa-alueet vaikuttavat valaistuksen elinkaarikustannuksiin, ja esittämään osa-alueet lyhyesti.</p> <p>Elinkaarikustannusten laskentaohjelman toteutukselle vaadittavien osa-alueiden huomiointi sekä yleiset valaistusvaatimukset onnistuttiin kokoamaan insinööriyöhön ja niiden pohjalta pystyttiin toteuttamaan elinkaarikustannusten taulukkolaskentaohjelma tilaajan käyttöön. Elinkaarikustannusten laskentaohjelma toteutettiin siten, että se perustuu standardiin SFS EN 15193 ilmoittamiin päivänvalo- ja läsnäolokertoimiin ja valaistuksen pitoaikoihin sekä E-luvun laskentaan vaikuttavat kertoimet rakentamismääräyskokoelman D3 mukaisesti. SFS-EN 15193:n ilmoittamat kertoimet ovat huomattavasti pienempiä kuin ohjaus- ja säätöjärjestelmien komponenttien valmistajien ilmoittamat energiasäästöodotukset. Tästä johtuen ohjaus- ja säästöjärjestelmän saavutettava energiasäästö elinkaarikustannuksissa taulukkolaskentaohjelmassa on pienempi kuin yleisen käsityksen mukaan saavutettava energiansäästö käytettäessä säätö- ja ohjausjärjestelmiä valaistusasennuksessa.</p> <p>Elinkaarikustannusten taulukkolaskentaohjelmalla ja DIALux-valaistuslaskentaohjelmalla toteutettiin kolmen eri kohteen valaistuksen elinkaarikustannusten laskenta. Esimerkkikohteina olleiden valaistusratkaisuiden elinkaarilaskelmien tulokset osoittivat sen, että toteutettu valaistus oli elinkaarikustannuksiltaan kustannustehokkain ratkaisu kohteeseen.</p>	
Avainsanat	sisävalaistus, elinkaari, energiatehokkuus

Author Title	Roni Ahola Evaluation criteria for indoor lighting energy efficiency
Number of Pages Date	56 pages + 5 appendices 15 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Torsti Viilo, Principal lecture Jarmo Tomperi, Director of Marketing and Product Management
<p>The purpose of this final year project was to determine which aspects affect indoor lighting energy efficiency and develop a life-cycle cost calculation program.</p> <p>The final year project attempted to examine the indoor lighting life cycle costs from the economic point of view, taking into account the lighting requirements in different situations. The indoor lighting life cycle cost analysis was limited to general lighting</p> <p>The indoor lighting requirements of standard EN 12464-1 and other indoor lighting energy efficiency factors were brought together in the project. Some examples on how to observe the requirements were presented. The indoor lighting energy consumption was calculated according to the quick calculation method in the standard EN 15193 in the project. The quick calculation method takes into account the areas presented in the final year project.</p> <p>The final year project managed to take all the standards and the requirements for light into account when creating a spreadsheet programme for calculating the life cycle costs. The results of the life cycle cost calculations showed that the selected indoor lighting solution was the most energy efficient in every building studied in the project.</p> <p>In conclusion, the indoor lighting life cycle cost spreadsheet programme was completed and released. The life-cycle cost spreadsheet program can be used for future projects to determine the most energy efficient lighting solution.</p>	
Keywords	indoor lighting, life cycle, energy effective

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistusvaatimukset	2
2.1	Luminanssijakauma	3
2.2	Valaistusvoimakkuus	3
2.3	Häikäisy	4
2.4	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus	4
2.5	Värintoistoindeksi	4
2.6	Väriämpötila	5
2.7	Hyötypolttoikä	5
2.8	Välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö	5
2.9	Sijoitus ja lukumäärä	6
2.10	Näkötehtäviin suunnattu valaistus	6
2.11	Ympäristövaikutukset	6
3	Valaistuksen investoinnin kokonaishinta	7
3.1	Valaistussuunnitelmat	7
3.2	Valaisimet	8
3.3	Liitäntälaitteet	9
3.3.1	Magneettinen kuristin	9
3.3.2	Elektroninen liitäntälaitte	10
3.3.3	Led-virtalähde	10
3.4	Valaistuksensäätö- ja ohjausjärjestelmät	10
3.4.1	Analoginen 1–10 V -ohjaus	12

3.4.2	DSI (Digital Serial Interface)	12
3.4.3	Suora painikeohjaus	12
3.4.4	DALI (Digital Addressable Lighting Interface)	13
3.4.5	Tutkaohjaus	13
3.4.6	Tutkaohjaus + Corridor Function	14
3.4.7	iDim-ohjausjärjestelmä	14
3.4.8	Vakiovalo-ohjaus	14
3.4.9	Läsnä- ja poissaolo-ohjaus	15
3.4.10	Tilanneohjaus	15
3.4.11	Hämäräkytkinohjaus	15
3.4.12	Kellokytkinohjaus	16
3.5	Valonlähteet	16
3.5.1	Loistelamppu F	16
3.5.2	Elohopealamppu Q	17
3.5.3	Suurpainenatriumlamppu S	17
3.5.4	Monimetallilamppu M	18
3.5.5	Led-lamppu	19
3.6	EuP-direktiivin vaikutukset	19
3.6.1	Loistelamppu	19
3.6.2	Elohopealamppu	19
3.6.3	Suurpainenatriumlamppu	19
3.6.4	Monimetallilamppu	20
3.6.5	Led-lamppu	20
3.7	Valonlähteiden valinta	20
3.8	Led-valaisimet	22
3.8.1	Käyttökohteet ja elinikä	22
3.8.2	Ominaisuudet	23
3.8.3	Elinkaari	24
4	Valaistusvaatimuksien todentaminen	24
4.1	Hyötysuhdemenetelmä	24
4.2	Vaatimuksien toteaminen, DIALux	25
5	Käyttökustannukset	26
5.1	Valaistuksen huolto- ja alenemakerroin	27

5.2	Rakennuksen kokonaisenergiatehokkuuden E-luku	29
5.3	Valaistuksen energiankulutus	30
5.3.1	Käyttökulutus	30
5.3.2	Lepokulutus	31
5.4	LENI (Lighting Energy Numeric Indicator)	31
6	Valaistuksen elinkaarikustannusten laskentamenetelmät	31
6.1	Investointikustannukset	31
6.1.1	Valaisimien investointikustannukset	31
6.1.2	Valonlähteiden investointikustannukset	32
6.1.3	Kaapeloinnin investointikustannukset	32
6.1.4	Asennusten investointikustannukset	32
6.2	Energiakustannukset	32
6.3	LENI	34
6.4	E-luku	35
6.5	Huoltokustannukset	36
6.6	Kokonaiskustannusten nykyarvomenetelmä	38
7	Elinkaarikustannusten taulukkolaskentaohjelma	39
8	Elinkaarikustannusten laskenta	40
8.1	Kauppakeskus Karisma	40
8.1.1	Elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot	41
8.1.2	Elinkaarikustannuslaskennan tulokset ja yhteenveto	45
8.2	K-citymarket Länsikeskus, pysäköintihalli	49
8.3	Kiinteistö Oy Tampereen Ratinankaari	51
9	Yhteenveto	52
	Lähteet	54

## Liitteet

Liite 1. DIALux-valaistuslaskelma, varastohalli

Liite 2. DIALux-valaistuslaskelma, varastohallin tilan likaisuus

Liite 3. Kauppakeskus Karisma

Liite 4. K-citymarket Länsikeskus, pysäköintihalli

Liite 5. Kiinteistö Oy Tampereen Ratinankaari

## Lyhenteet

E	Valaistusvoimakkuus, lx. Tietylle pinta-alalle tuleva valovirran suhde pinta-alaan.
I	Valovoima, cd. Kuvaa valonlähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimaa, intensiteettiä.
K	Väriämpötila, Kelvin. Väriämpötila on suure, joka ilmaisee valkoiseksi käsitetyn valon sävyn. Väriämpötila on mustan kappaleen lämpötila, jonka säteilemä valo vastaa tarkasteltavaa valoa. Pienempi väriämpötila tarkoittaa lämpimämpää keltaisempaa valon väriä. Suurempi väriämpötila vastaavasti tarkoittaa kylmempää sinisempää valoa.
L	Luminanssi, cd/m <sup>2</sup> . Kuvaa valonlähteen, valaisimen tai valaistuspinnan valovoiman suuruutta tarkastelusuunnassa pinta-alaa kohti.
lx	Luksi, lm/m <sup>2</sup> . Valovirran määrä pinta-alaa kohti.
R <sub>a</sub>	Värintoistoindeksi, CRI. Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksien tasapuolista määrittämistä varten kehitetty yleinen värintoistoindeksi, joka ilmoittaa valonlähteen kyvyn toistaa tiettyjä testivärejä suhteessa annettuun vertailuvalonlähteeseen, jonka suurin arvo on 100.
UGR <sub>L</sub>	Häikäisy. Vääränlainen luminanssijakauma tai - taso aiheuttaa kiusaus- tai estohäikäisyä.
U <sub>o</sub>	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus, lx. Tila- ja tehtäväkohtaisen valaistusvoimakkuuden keskiarvon suhde minimivalaistusvoimakkuuteen.
ϕ	Valovirta, lm. Silmän spektriherkkyydelle painotettu yksittäisen valonlähteen näkyvän valon alueen säteilyteho.

## 1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on luoda sisävalaistuksen elinkaarilaskentatyökalu Alppilux Oy:n käyttöön. Alppilux Oy on yksityinen suomalaisomisteinen valaisinvalmistaja. Yhtiön tehtaot sijaitsevat Lohjalla ja Paidessa Virossa. Alppilux Oy -konsernin liikevaihto vuonna 2012 oli 13,7 MEUR. Konsernissa työskentelee 65 henkilöä. Alppilux Oy suunnittelee ja kehittää Suomen markkinoilla suunnattuja valaisimia. Valaisimien tuotekehityksen lähtökohtina on energiatehokkuus, asennusystävällisyys ja korkeatasoinen valotekniikka. Valaisimien pääasiallisena jakelukanavana toimivat suomalaiset sähkö- ja teletarvikkeiden tukkuliikkeet. Tuotevalikoima sisältää ratkaisut sisä- ja ulkotilojen valaistukseen asuin- ja julkisiin tiloihin. Valaisimien kokoonpanossa käytetään korkealaatuisia, alan johtavia komponenttivalmistajien tuotteita. Suurin osa Alppilux Oy:n tuotevalikoimassa olevista valaisimista voidaan räätälöidä asennuskohteen mukaisesti. Alppilux Oy -konserniin kuuluu myös EULI, joka on kuluttajakanaan suunnattu myyntiyhtiö. Alppilux Oy edustaa myös Thorn-valaisimia Suomen markkinoilla. [1]

Tässä työssä pyritään tarkastelemaan valaistuksen elinkaarikustannuksia taloudellista näkökulmasta ottaen huomioon valaistukselle asetetut vaatimukset eri käyttötilanteissa. Insinööriyön valaistuksen elinkaarikustannusten arviointi on rajattu yleisvalaistukseen, työssä ei oteta kantaa turva- ja merkkivalaistuksen elinkaarikustannuksiin. Valonlähteiden osalta työ on rajattu koskemaan loisteputkivalaisimia, purkauslamppuvalaisimia, led-valaisimia ja korvaavia led-lamppuja loiste- ja purkauslamppuille. Ohjaus- ja säätöjärjestelmien osalta työ rajautuu Alppilux Oy:n tuotteissaan käyttämiin ohjaus- ja säätölaitteisiin. Insinööriyössä pyritään huomioimaan, mitkä kaikki eri osa-alueet vaikuttavat valaistuksen elinkaarikustannusten tarkasteluun.

Valaistuksen energiatehokkuuden parantamiseen on asetettu paineita kasvavien energiansäästöohjelmien myötä. Valaistuksen oikeanlaisella suunnittelulla, toteutuksella ja käytöllä voidaan aikaa saada säätöjä valaistuksen elinkaarikustannuksiin ja näin ollen pienentää sähkönkulutusta Suomessa ja maailmalla.

Suomessa vuonna 2011 sähkönkulutus oli 84,4 TWh, eli 3,8 % vähemmän edellisvuoteen verrattuna [2]. Vuoden 2013 sähkönkulutuksen ennuste on noin 94 TWh [3]. Valaistuksen osuus Suomen energiankulutuksesta on noin 12 % ja liikerakennuksissa käytetystä energiasta valaistukseen kuluu noin 40–50 % [4, s. 4]. EU-jäsenmaiden yh-

teinen tavoite on laskea primäärienergiankulutusta 20 % vuoteen 2020 mennessä [5]. Valaistuksella energiatehokkuutta parantamalla voidaan parantaa mahdollisuuksia päästä asetettuihin tavoitteisiin. Tavoitteeseen saavuttamiseksi on tehty jo säästöjä valonlähteiden osalta EuP-direktiivin (Energy-using Products) toimesta, ja sen vaikutukset näkyvät jo joka osa-alueella valaistuksessa. EuP-direktiivin myötä markkinoilta on poistunut osa energiatehottomista valonlähteistä ja asteittain tulee poistumaan lisää valonlähteitä. Tämän myötä valaistuksen suuntaus tulee muuttumaan vuosien 2013–2017 välisenä aikana asteittain voimaan tulevien määräyksien myötä. [6]

Tahdon kiittää ajankohtaisesta ja mielenkiintoisesta insinööritoiminnasta sekä hyvästä ja tavoitteen mukaisesta ohjauksesta Alppilux Oy:n Jarmo Tomperia, Toni Anttilaa ja Jorma Martikaista.

Tahdon kiittää esimerkkikohteina olleiden rakennuksien lähtötietojen toimituksesta Granlund Lahti Oy:n Timo Soinia ja Heli Lehtoa, Sähköinsinööritoimisto Pasi Sainio Oy:n Juha Tammea ja AIRIX talotekniikka Oy:n Juhani Eerilää.

## **2 Valaistusvaatimukset**

Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12461-1 määrittelee valaistusratkaisujen määrälliset ja laadulliset tarpeet. Standardi ei esitä ratkaisuja valaistuksen suunnitteluun eikä millään tavoin rajoita valaistussuunnittelijoiden innovaatioisuutta tai eri tekniikoiden käyttöä valaistusratkaisuissa. Standardi antaa reunaehdot valaistuksen toteutukselle sekä suosituksia hyvistä valaistuskäytännöistä. [7, s. 10.]

Sisävalaistuksen suunnittelu tulisi toteuttaa siten, että valaistusvoimakkuuksien vaatimukset tyydytetään siinä määrin, että se mahdollistaa näkemisen ja tilassa tehtävät työt ja tehtävät.

Valaistusvaatimukset määritellään kolmen perustarpeen täyttymisen mukaisesti, jotka ovat näkömukavuus, näkötehokkuus ja turvallisuus. Sisävalaistusstandardista SFS-EN 12461-1 valaistusvaatimuksien taulukoista saadaan tavoitearvot, joilla taataan näiden kolmen perustarpeen täytyminen. Taulukoissa on annettu valaistusvaatimukset, joiden tulee tyydyttyä valaistavassa tilanteessa. Valaistusvaatimukset on annettu ylläpidettävälle keskimääräiselle minimivalaistusvoimakkuudelle tarkastelutasolla, UGR-

häikäisyindeksin maksiarvolle, minimivalaistusvoimakkuuden tasaisuudelle ja pienemmälle mahdolliselle värintoistoindeksille. Hyvässä energiatehokkaassa valaistuksessa valaistusvaatimuksien lisäksi tulisi valaistuksen tyydyttää myös laadulliset ja määrälliset tarpeet. [7, s. 14.]

## 2.1 Luminanssijakauma

Luminanssi kuvastaa valonlähteen, valaisimen tai valaistun pinnan pinnalta lähtevää valon voimakkuutta eli pinnankirkkautta. Luminanssi on valovoiman säteilyä tarkastelusunnassa pinta-alaa kohti. Silmien sopeutumistason kohteen näkyvyyteen näkökentässä määrittää luminanssijakauma. Tasapainoinen sopeutumisluminanssi on tarpeenmukainen silloin kun se parantaa näöntarkkuutta, kontrastiherkkyttä sekä näköaistin toimintojen tehokkuutta. Näkökentässä liian suuret luminanssierot voivat aiheuttaa häikäisyä, liian suurista luminanssikontrasteista aiheutuu näköväsymystä ja liian matalat luminanssit ja kontrastit muodostavat näköympäristön mielenkiinnostomaksi. [7, s. 14; 8, s. 9.]

## 2.2 Valaistusvoimakkuus

Valaistuvoimakkuus kuvaa tietylle pinta-alalle tulevan valovirran määrää yksiköllä luksi. Tila- ja tehtäväkohtaisina valaistusvoimakkuuden minimiarvot on esitetty sisävalaistusstandardin SFS-EN 12464-1 loppuosion taulukoissa. Standardin vaatimuksia pienemmäksi valaistuksen taso ei saa laskea valaistuksen eliniän aikana. Arvosta käytetään myös nimitystä valaistusvoimakkuuden huoltoarvo. Valaistussuunnittelijoiden tulisi osata arvioida kunkin tilan valaistuvoimakkuuden alenema valaistukselle. Valaistusvoimakkuuksien alenemalla on olemassa erilaisia huoltokertoimia, joilla valaistuslaskelmissa voidaan ottaa huomioon valaistustason alenema. [7, s. 16, 18; 9, s. 5.]

Standardissa taulukoidut arvot eivät koske koko tilan valaistusvoimakkuutta, vaan ne on määritelty tehtävän toiminnan tai työtehtävän mukaan. Valaistusvoimakkuuden tasovaatimuksen määrittäminen työalueelle on valaistuksen energiakulutuksen kannalta järjestelmällistä, koska valo voidaan keskittää työalueille, joissa vaaditaan tarkkaa näkemistä, ja valaista pienemmällä valaistuvoimakkuudella tilat, joissa tarkalle näkemiselle ei ole tarvetta. Standardeissa on annettu vaatimukset työalueen valaistusvoimakkuuden ta-

saisuudelle  $U_0$  tiloissa ja erilaisten pintojen valaistusvoimakkuuksille. [7, s. 16, 18, 20, 22; 9, s. 5; 10, s. 31.]

### 2.3 Häikäisy

Valaistustilanteessa tapahtuvalla liiallisella häikäisyllä vaikeutetaan kohteen näkemistä. Häikäisyä syntyy kirkkaista pinnoista, väärin sijoitetuista ja suunnatuista valaisimista. Standardeissa häikäisyindeksi esitetään  $UGR_L$ -lukuarvoina. Häikäisyindeksin lukuarvoa ei saa ylittää tilassa, jos tilan häikäisyindeksin lukuarvot nousevat standardin asettamia vaatimuksia korkeammaksi, tulee suunnitelmissa antaa ohjeet työpisteiden sijoituspaikoista, jotta vältetään kiiltokuvastamishäikäisyltä. [7, s. 24, 26; 9, s. 5–7.]

### 2.4 Valaistusvoimakkuuden tasaisuus

Valaistusvoimakkuuden tasaisuudella tarkoitetaan tila- ja tehtäväkohtaisen valaistusvoimakkuuden keskiarvonsuhdetta minimivalaistusvoimakkuuteen. Valaistusvoimakkuuden tasaisuuden taulukointiarvoa pienempää valaistusvoimakkuutta ei saa olla työalueella. Standardit myös määrittelevät työalueen välittömän lähiympäristön ja tausta-alueen valaistusvoimakkuuden ja tasaisuuden. Välitön lähiympäristö on 0,5 metrin alue työalueen ympärillä, jossa valaistusvoimakkuuden tasaisuus tulee olla vähintään työalueen  $U_0 > 0,40$ . Tausta-alue käsittää kolmen metrin alueen työalueen ympärillä, jossa valaistusvoimakkuudentasaisuuden tulee olla  $U_0 > 0,10$ . Valaistusvoimakkuuden vaatimuksen ollessa työalueelle alle 200 lx tulee välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuden olla sama kuin työtilan ja tasaisuuden  $U_0 > 0,50$ . [7, s. 22.]

### 2.5 Värintoistoindeksi

Värintoistoindeksille on annettu minimivaatimukset standardeissa eri tiloille ja tehtäville. Värintoistoindeksi ei määritä valaisimen valonlähteenä käytettävän valonlähteen väriämpötilaa vaan kuinka värit toistetaan tilassa. Nykyisien vaatimuksien myötä valonlähteitä värintoistoindeksiltään  $R_a < 80$ , ei tule käyttää tiloissa, jotka ovat tarkoitettu pitempi aikaiseen työskentelyyn tai oleskeluun. Vanhoihin vaatimusluokkiin verrattaessa nykyiset vaatimukset tiukentavat tiettyjen tilojen ja työtehtävien värintoistovaatimuksia. Taulukossa 1 on esitetty värintoistoluokat. [7, s. 30; 9, s. 7–8.]

Taulukko 1. Värintoistoindeksit

1A	R <sub>a</sub> 90–100	Erittäin hyvä
1B	R <sub>a</sub> 80–90	Erittäin hyvä
2A	R <sub>a</sub> 70–80	Hyvä

Sisävalaistuksessa tulee käyttää 1A- tai 1B-luokan valonlähteitä [6, s, 2].

## 2.6 Värilämpötila

Värilämpötila on suure, joka ilmaisee valkoiseksi käsitetyn valon sävyn. Pienempi värilämpötila tarkoittaa lämpimämpää keltaisempaa valon väriä. Suurempi värilämpötila vastaavasti tarkoittaa kylmempää sinisempää valoa. Insinööriyön tarkastelussa käytettyjen valonlähteiden värilämpötila vaihtelee 2 100 K – 6 500 K. Värilämpötilaltaan 2 100 K – 3 500 K:n valonlähteet aistitaan lämpiminä, 3 500 K – 5 300 K:n neutraaleina ja 5 300 K – 6 500 K:n kylminä. [7, s. 28.]

## 2.7 Hyötypolttoikä

Hyötypolttoikä on termi, jolla voidaan määrittää valaistusasennuksessa käytettyjen valonlähteiden teoreettinen valovirran alenema ja valonlähteiden kuolleisuus. Valonlähteiden saavuttaessa hyötypolttoikänsä polttotuntimäärän, on valaistusasennuksessa tapahtunut 30 %:n valovirran alenema. [6, s, 2.]

## 2.8 Välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö

Välkyntää ja stroboskooppi-ilmiötä ei saisi esiintyä valaistussovelluksissa. Valaisimien välkyntä voi laukaista ihmisellä migreenikohtauksen tai aiheuttaa päänsärkyä sekä muita fysiologisia oireita. Stroboskooppi-ilmiö voi saada pyörivän tai edestakaisen liikkeen näyttämään hitaammalta tai kokonaan pysähtyneeltä. [8, s. 30.]

## 2.9 Sijoitus ja lukumäärä

Valaisimien sijoituksen ja lukumäärän ratkaisee yleisesti sähkösuunnittelija, mutta arkitehdeille ja sisustussuunnittelijoilla voi olla toiveita valaisimien estetiikasta ja sijoittelusta, mikä voi vaikeuttaa optimaalisimman valaistusratkaisun käyttöä. Suunnittelijan tulisi suunnitella tilan valaisimien sijoitus ja valaisinvalinnat siten, että standardien valaistusteknilliset vaatimukset tyydytetään. Tilan valaistus voidaan toteuttaa monella eri tavalla siten, että standardien valaistustekniset vaatimukset tyydyttävät. Suunnittelijan tulisi kuitenkin löytää optimaalinen sijoitus valaisimille siten, että valaistuksen valoteknilliset vaatimukset ovat standardien tyydyttämiä ja lukumäärällisesti valaisimia on tilassa tarpeen mukainen määrä. Valaisinsuunnitelmissa on hyvä ottaa huomioon valaistuksen muunneltavuus valaisimien sijoituksessa. [7, s. 14.]

## 2.10 Näkötehtäviin suunnattu valaistus

Näkötehtäviin suunnattu valaistus tulisi suunnitella tuomaan esiin yksityiskohtia näkötehtävässä parantaen näkyvyyttä ja tehtävän työn suoritusta sekä ihmisten piirteiden erottumista ja korostaen kohteita, joita on tarkoituksen mukaista tuoda esiin [7, s. 28].

## 2.11 Ympäristövaikutukset

Ympäristöolosuhteet antavat myös valaistukselle, valaisimille ja valonlähteille erilaisia vaatimuksia. Sisävalaistuksessa ympäristöolosuhteiden vaateita voi olla monenlaisia. Valaistuksen tulee olla esteettisesti soveltuva valaistavaan tilaan, normaalista sisäilmastosta poikkeavat ympäristönlämpötilat tai kosteuden esiintyminen asettavat valaistuksen koteloinnille, liitäntälaitteille tai kuristimille sekä valonlähteille omat vaatimuksensa, valaistuksen muunneltavuus käyttövaiheessa, mahdollisen päivänvalon hyödyntämien, rakenteet, tilanpintamateriaalit sekä huonekalut ja monet muut tekijät vaikuttavat valaistussuunnitteluun ja toteutukseen. [7, s. 16, 18, 30, 34.]

### 3 Valaistuksen investoinnin kokonaishinta

Valaistusinvestoinnin kustannuksiin voidaan katsoa kuuluvan

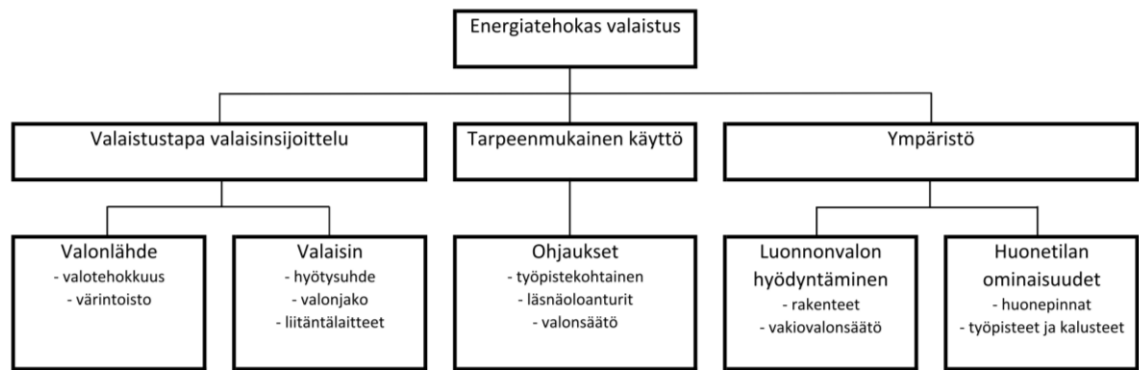
- sähkösuunnittelu
- valaisimen ja valonlähteiden hankinta sekä asennuskustannukset
- valaistuksen ja ohjausjärjestelmän kaapelointikustannukset
- valaistukseen liittyvät muut komponentit
- asennuksesta aiheutuvat muut kustannukset
- vanhan asennuksen purkukustannukset [12, s. 16–17].

Tässä luvussa on pyritty esittämään ja erittelemään eritekiäjiä, jotka vaikuttavat valaistusinvestoinnin kokonaishintaan valaisimien ja valonlähteiden sekä esittelemään ohjaus- ja säätöjärjestelmät, jotka ovat saatavilla Alppilux Oy:n sisävalaisimiin.

#### 3.1 Valaistussuunnitelmat

Sähkö- ja valaistussuunnitelmien tekeminen aloitetaan yleisesti rakennussuunnittelun loppuvaiheessa, joka rajoittaa sähkösuunnittelijan vapautta toteuttaa rakennusteknisesti, rakennuksenenergiatehokkuudelle ja elinkaarikustannuksiltaan optimaalisimman sähkösuunnitelman ja valaistusratkaisun. Rakennuksen valaistus tulisi toteuttaa siten, että se tukee rakennuksen loppukäyttäjää parhaimmalla tavalla. Valaistussuunnittelijan tekemät valaistusvalinnat vaikuttavat olennaisesti valaistuksen elinkaarikustannuksiin. Rakennuksen lopullisen käyttötarkoituksen tietämys, hyvän suunnittelun ja eri järjestelmien suunnittelijoiden kommunikoinnin kautta voidaan parantaa valaistussuunnitelmien toimivuutta ja näin saada koko valaistuksen elinkaarelle toimivin ja kustannustehokkain ratkaisu. [13, s. 7.]

Kuvassa 1 on esitetty valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä, joita valaistussuunnitelmien tekijän tulisi huomioida suunnitelmissaan.



Kuva 1. Energiatehokas valaistus [9, s. 24.]

Kuvan 1 mukaiset energiatehokkaan valaistuksen lähtökohdat on koottu insinööriyöhön siinä määrin kuin on katsottu työn laajuuden mukaan tarpeelliseksi. Lisäksi on insinööriyössä otettu huomioon sisävalaistusstandardin SFS-EN 12464-1 valaistusvaatimukset.

### 3.2 Valaisimet

Insinööriyössä käsitellään sisävalaisimia, joiden valontuottotapana on loistelamppu, purkauslamppu tai led-tekniikka.

Valaisimen hyötysuhde on valaisimesta mitatun valovirran suhde valonlähteiden yhteenlaskettuun valovirtaan. Valaisimien hyötysuhde ei ole täysin vertailukelpoinen valaisimien väliseen vertailuun. Valaisimen valintaan oleellisesti vaikuttaa myös käyttökohde. Valaisimien hankintakustannukset perustuvat pitkälti käyttökohteeseen. Käyttökohde määrittelee valaisimen, kotelointiluokan, rungon, liitäntälaitteen ja optiikan. Valaisimien hankinnassa tulisi myös huomioida valaisimien asennettavuus ja käytön aikainen toiminnallisuus. Insinööriyössä on pyritty erittelemään erilaisia kriteerejä, joita tulisi huomioida valaisimien valinnassa. Työssä ei esitetä ratkaisuja eri käyttökohteisiin vaan, miten valinnoilla voidaan vaikuttaa valaistuksen elinkaarikustannuksiin. [14, s. 37.]

Sisävalaisimien rungon rakenteessa voidaan käyttää erilaisia metalleja kuten alumiini tai valmistaa eri muovien seosaineista kuten polykarbonaatista. Valaisimen optiikkaan vaikuttavat häikäisysoja, heijastin ja kupu. Optiikan rakennemateriaaleina käytetään yleisesti käsiteltyä alumiinia tai muoviseoksia. [14, s. 37.]

### 3.3 Liitäntälaitteet

Valaisimet joita insinööriyössä käsitellään tarvitsevat kaikki toimiakseen virtaa rajoittavan liitäntälaitteen. Liitäntälaitteiden tehohäviöt riippuvat käytetystä liitäntälaitteesta, valonlähteiden tehosta ja lukumäärästä. Loistevalaisimien liitäntälaitteet on jaoteltu energiatehokkuusluokkiin taulukon 2 mukaisesti. [4, s. 48; 10, s. 55.]

Taulukko 2. Liitäntälaitteiden luokittelu [9, s. 55]

Luokka	Liitäntälaitte
A1	ohjattavat elektroniset liitäntälaitteet
A2	vähähäviöiset elektroniset liitäntälaitteet
A3	elektroniset vakioliitäntälaitteet
B1	erittäin vähähäviöiset magneettiset liitäntälaitteet
B2	vähähäviöiset liitäntälaitteet

Energiansäästötoimet koskevat myös liitäntälaitteita. Vuoteen 2017 mennessä luokan A3, B1, ja B2 liitäntälaitteet ovat poistuneet markkinoilta. Liitäntälaitteiden luokitteluun on tullut uusia luokkia kaksi kappaletta A1 BAT ja A2 BAT. Liitäntälaitteiden luokittelu perustuu CELMA:n (Federation of National Manufactures Association for Luminaires in the Europe) määrittelemään mittaumenetelmään, jossa määritellään tehorajat eri valonlähde- ja kuristinyhdistelmille. Menetelmän johdosta on syntynyt direktiivi 2000/55/EC. Direktiivi määrittelee eri liitäntälaitteiden ja kuristimien energialuokituksen tehorajat. [4, s. 48; 10, s. 55.]

#### 3.3.1 Magneettinen kuristin

Magneettisessa kuristimessa tapahtuu tehohäviötä sen rakenteesta johtuen. Magneettinen kuristin koostuu kelarungolle käämistystä kuparilangasta, joka on päällystetty hart-silla ja lakalla. Tehohäviöt syntyvät kääminlangan resistanssista, käämin rautasydämen hystereesi- ja pyörrevirtahäviöistä. Magneettisten kuristumien tehohäviöt ovat suurempia pienitehoisilla liitäntälaitteilla. Magneettisten kuristimien tehohäviöt vaihtelevat asennuksesta riippuen 10–40 % valaistuksen ottamasta tehosta. Magneettisten kuristimien käytössä syntyy elektronisiin liitäntälaitteisiin verrattuna enemmän lämpöhäviöi-

tä, ja niiden käytössä yleisimmin voidaan huomata välkynnästä johtuvia fysiologisia oireita. [10, s. 53.]

### 3.3.2 Elektroninen liitäntälaitte

Elektronisen liitäntälaitte nostaa valonlähteen toimintataajuuden noin 20–50 kHz:iin. Toimintaperiaatteesta johtuen asennuksissa ei esiinny välkyntää. Elektroniset liitäntälaitteet käyttävät energiaa tehokkaammin verrattaessa magneettisiin kuristimiin. Valaisimien ottoteho on tällöin pienempi ja lämpöhäviöitä syntyy asennuksessa vähemmän. Magneettisiin kuristimiin verrattaessa elektronisella liitäntälaitteella voidaan säästää energiaa noin 25 %, ja valonlähteiden elinikä voi kasvaa peräti 30 %. Huolto- ja valonlähteidenkustannukset pienentyvät valonlähteiden käyttöiän pidentyessä ja vaihdon yhteydessä ei tarvitse uusia sytytintä. [10, s. 53–54.]

### 3.3.3 Led-virtalähde

Ledit toimivat tasajännitteellä ja tästä johtuen ne tarvitsevat virtalähteen toimiakseen. Led-virtalähde muuttaa verkkovirran ledeille sopivaksi tasajännitteeksi. Yksinkertaisimmillaan muuntimena voi toimia vastus, joka rajoittaa virtaa ledeille sopivaksi. Led-valaisimen virtalähteinä on yleisesti käytetty hakkuritekniikalla toimivaa virtalähde ratkaisua. Hakkuritekniikalla toteutetun muuntimien etuina ovat pienemmät fyysiset mitat ja hyvä hyötysuhde. Ledien säätö on pääsääntöisesti toteutettu kahdella eri tavalla jatkuvan virran säädöllä, eli CC-säädöllä (Continuous Current Reduction) tai pulssin leveys modulaatiolla, eli PWM-säädöllä (Pulse Width Modulation). CC-säädöllä ledin yli kulkevaa virtaa rajoitetaan ja PWM-säädössä ledien syöttö pulssitetaan korkealla taajuudella, joka on noin 10–20 kertaa verkkovirran taajuus. [15, s. 5–7; 16, s. 37.]

## 3.4 Valaistuksensäätö- ja ohjausjärjestelmät

Valaistuksenohjauksella voidaan aikaan saada säästöjä valaistuksenelinkaarikustannuksiin huomioimalla tilan käyttötarkoituksen ja päivänvalo oikein. Yleisemmät Alpilux Oy:n myynnissä olevista valaisimista voidaan liittää seuraaviin ohjaus- ja säätöjärjestelmiin; tutkaohjaus, corridor function, 1–10 V -ohjaus, DSI, suorapainikeohjaus ja DALI.

Taulukkoon 3 on koottu ohjaus- ja säätöjärjestelmät, jotka ovat saatavilla Alppilux Oy:n yleisempiin sisävalaisimiin.

Taulukko 3. Ohjaus- ja säätöjärjestelmät

Ominaisuudet	Tutkaohjaus	Tutkaohjaus + CF	1–10 V	DSI	Suora painikeohjaus	DALI
Johtimia valaisimeen	3–5	3–5	5	5	4–5	5
Ohjauskaapelin maksimipituus	*1	*2	300 m	250 m	< 300 m	300 m
Ohjausvirtapiirin polariteetti	-	-	sidottu	vapaa	-	vapaa
Sammutetaan ohjausvirtapiiristä	-	-	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Osoitteellinen	-	-	Ei	Ei	Ei	64 osoitetta
Ryhmäosoitteita	-	-	-	-	-	16 ryhmää
Logaritminen säätö	-	-	Valmistaja-kohtainen	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Monikanavaisuus vaatii keskusyksikön	-	-	Kyllä	Kyllä	Yksikanavainen	Ei
*1 kuorma rajoittaa, *2 käytännön toteutuksessa rajoitukset eivät tule vastaan						

Valittavaan valaistuksen säätö- ja ohjausjärjestelmän vaikuttaa tilan käyttötarkoitukseen mukautuvin järjestelmä. Valaistuksenohjaus voidaan toteuttaa erilaisilla ohjausjärjestelmillä, joita ovat vakiovalo-, läsnäolo-, poissaolo-, tilanne-, hämärä- ja kellokytkinohjaus. Valonsäätö- ja ohjaus voidaan toteuttaa tilaan yksittäisillä ohjausjärjestelmillä tai niiden yhdistelmillä.

Säätö- ja ohjausjärjestelmän valinnassa tulee valaistuksensuunnittelijan myös huomioida valaisimen ja valonlähteen soveltuvuus valittuun järjestelmään. Eri ohjausjärjestelmillä tai yhdistelmillä on mahdollista toteuttaa mitä monimuotoisimman rakennuksen valaistuksenohjaus. Nykyiset valaistuksen ohjausjärjestelmät voidaan toteuttaa siten, että ne eivät ole käyttäjä riippuvaisia vaan ne pystyvät toimimaan itsenäisesti ja ohjaamaan tilakohtaisesti valaisimia ja sopeutumaan kuhunkin valitsevaan valaistustilanteeseen.

### 3.4.1 Analoginen 1–10 V -ohjaus

Analoginen 1–10 V -ohjausjärjestelmä on standardin EN 60929 mukainen ohjausjärjestelmä. 1–10 V -ohjausjärjestelmässä kaapeloidaan valaisimelle vaiheen, nollan ja suojamaan lisäksi kaksi ohjausvirtapiiriin johdinta. Ohjausvirtapiiri voidaan toteuttaa samalla kaapelilla kuin valaistuksen syötön kaapelointi. Ohjausjännitteellä ohjataan valaisimen valaistustasoa, ohjausjännitteellä ei voida sammuttaa valaisimia. Valaistusryhmän vaihejohdin tulee johdottaa säätimen tai erillisen kytkimen kautta, jotta tilan valaisimet saadaan kokonaisuudessa kytkettyä pois päältä. Liitäntälaitte mittaa navoistaan valaisimelle tulevan ohjausvirtapiiriin jännitettä ja säätää valaisimen haluttuun valaistustasoon. Suuremmissa valaistusjärjestelmissä ohjausjännitteen jännitteen alenema aiheuttaa kirkkaus eroja valaisimien välillä. Ohjausvirtapiiriin kytkennässä tulee huomioida oikea napaisuus. [10, s. 48; 17, s. 484–485.]

### 3.4.2 DSI (Digital Serial Interface)

DSI (Digital Serial Interface) on Tridonicin valmistamia liitäntälaitteita valaistuksenohjaukseen. DSI-valaistusohjausjärjestelmässä kaapeloidaan valaisimelle vaiheen, nollan ja suojamaan lisäksi kaksi johdinta ohjausvirtapiirille. Ohjausvirtapiirissä kulkee noin 12 V:n ohjaussignaali, jonka kytkennässä ei tarvitse huomioida ohjausvirtapiiriin napaisuutta. Kaapelointi voidaan tehdä samalla kaapelilla, jolla valaistuksen syöttö on toteutettu. Ohjausjärjestelmän valonsäätö tapahtuu osoitteettomalla digitaalisignaalilla, joka välitetään valaisimen liitäntälaitteelle. Digitaalisignaalilla sammutetaan, sytytetään ja ohjataan valaisinta tämän ansiosta valaisimen ja ohjaimen välinen etäisyys ei vaikuta valaistustasoon vaikka ohjaimen ja valaisimen etäisyys vaihtelee. [17, s. 478–479; 19, s. 6-7.]

### 3.4.3 Suora painikeohjaus

Suora painikeohjaus (SwitchDim, SwitchControl, TouchDim) tarvitsee toimiakseen tietyn tyyppisen elektronisen liitäntälaitteen. Ohjausjärjestelmässä valaisimen elektroniselle liitäntälaitteelle kaapeloidaan nolla, suojamaa, katkeamaton vaihe sekä verkkojänniteimpulssi palautuvalta painonapilta. Valaistuksenohjaus tapahtuu painonapeilla, joilla annetaan valaisimen elektroniselle liitäntälaitteelle ohjausimpulssi. Valmistaja riippuvaisesti ohjausimpulssi voidaan toteuttaa vaihe- tai nollajohtimen verkkojänniteimpulssina. Suora painikeohjausjärjestelmässä painikkeen ja valaisimen välistä etäisyyttä

ei ole yleensä rajoitettu, koska ohjaus tapahtuu verkkojännitteellä. Ohjausjärjestelmää käytettäessä tulee huomioida valmistajakohtaiset järjestelmien väliset eroavaisuudet. [17, s. 480; 18, s 24–25; 19, s. 6–7]

#### 3.4.4 DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on standardisoitu digitaalinen osoitteellinen ohjausjärjestelmä elektronisille liitäntälaitteille. DALI-valaistusohjausjärjestelmässä kaapeloidaan valaisimelle vaiheen, nollan ja suojamaan lisäksi kaksi johdinta DALI-väylälle. DALI-väylässä kulkee noin 16 V digitaalisignaali, joka on valaisimelle polariitteettivapaa. Kaapelointi voidaan suorittaa samalla kaapelilla, jolla toteutetaan valaistuksen syötönkaapelointi. DALI-väylä tarvitsee erillisen tehonlähteen, jolla syötetään ohjausväylään maksimissaan 250 milliampeerin ohjausvirralla. Ohjausjärjestelmässä valonsäätötiedot välitetään valaisimien liitäntälaitteelle osoitteellisella digitaalisignaalilla. Digitaalisignaalilla jokainen DALI-väylän valaisin säätyy samalla tavoin vaikka ohjaimen ja valaisimen etäisyys vaihtelee. DALI-järjestelmissä valaisimia voidaan säätää ryhmä- tai osoitekohtaisesti sekä saada tietoa valaisimen vioista, polttotunneista ja säätötasosta. [17, s. 474–477; 18, s 26–28; 19, s. 6–7.]

#### 3.4.5 Tutkaohjaus

Alppilux Oy:n tietyissä valaisinmalleissa on mahdollisuus, jolla valaisinta voidaan ohjata valaisimen sisään rakennetulla tutkalla. Valaisimeen on sijoitettu korkeataajuustutka, joka havaitsee liikettä, joka tapahtuu nopeudella 0,3–3 m/s. Tutkalla voidaan säätää tilanteeseen optimaalisen, hämäräkytkennäntaso, tutkan herkkyys ja viiveaika. Tutkan etuina PIR- ohjaukseen on ohuiden esteiden läpäisykyky, riippumattomuus liikkeen suunnasta ja kohteen lämpötilasta. Normaalisissa asennustilanteissa valaisimeen johdotetaan vaihe, nolla ja suojamaa. Vaihtoehtoisesti tutkalla voidaan toteuttaa master-orja-master -ohjauksia, jolloin valaisimella tuodaan vaihe, nolla ja suojamaa ja lähtävä vaihejohdin orjavalaisimille. [19, s. 6–7; 20.]

### 3.4.6 Tutkaohjaus + Corridor Function

Corridor Function-toiminta on mahdollista saada Tridonicin valmistamiin liitántäilaitteisiin. Tietyissä Alpilux Oy:n valaisimissa on Corridor Function-toiminta. Toiminto on yhtenevä tutkaohjauksen kanssa. Valaisimeen on säädetty perustaso, joka on 15 % valaisimen maksimi valovirrasta. Liiketunnistimen havaittua liikettä tilassa, valaisin nostattaa valaisimen valovirran 100 %:iin ja pitää sen siellä asetetun määräjän, jonka jälkeen valovirta asettuu jälleen perustasoon. [19, s. 6–7; 20.]

### 3.4.7 iDim-ohjausjärjestelmä

iDim on Helvarin Oy Ab kehittämä älykäs valaistuksen ohjausjärjestelmä. Ohjausjärjestelmä on yhteensopiva DALI-standardin kanssa. Järjestelmä sisältää iDim Sense -sensorin valaisimeen, iDim Solo -yksikön, EL-iDim-liitántäilaitteen sekä iDim Remote -kauko-ohjaimen. Järjestelmän sensorit on rakennettu siten, että ne vastaavat vakiovalo, läsnä- ja poissaolo- sekä tilanneohjauksen yhdistelmää. Järjestelmän sisään on rakennettu kuusi tilakohtaista ohjausta, jotka vastaavat ohjaukseltaan luokkahuonetta, toimistohuonetta, avotoimistoa, käytävää, huoneohjattu käytävä sekä neuvotteluhuonetta. iDim-valaistuksen ohjausjärjestelmässä jokainen valaisin voidaan vielä optimoida käyttäjäkohtaisesti. [21, s. 2–9.]

### 3.4.8 Vakiovalo-ohjaus

Vakiovalo-ohjaus perustuu saatavaan päivänvalon määrään. Järjestelmän vakiovaloanturit voidaan sijoittaa hajautetusti tilaan tai ne voivat olla valaisinkohtaisia. Ohjausjärjestelmä voidaan rakentaa master-orja-tyyppiseksi, jolloin tietyin valaisimen anturi ohjaa muita tilan valaisimia. Säätojärjestelmästä vakiovaloanturit pyrkivät ohjamaan päivänvalon avulla valaisimet esisäädettyyn valotasoon tilassa. Tilan päivänvalon vähentyessä vakiovaloanturi nostaa tilan valaisimien valovirtaa automaattisesti. Ohjausjärjestelmässä käytetään hyväksi ihmisen silmän epäherkkyyttä valaistusvoimakkuuden havaitsemiseen, mutta vakiovalo-ohjaus tulisi kuitenkin rakentaa siten, että ohjaus on riittävän hidaskäyttöinen ja epäherkkä, jotta välttyttäisiin turhilta ärsykkeiltä ihmisen silmissä. Ohjaustilanteiden kasvaessa järjestelmä vaatii DALI- tai DSI-järjestelmän kasvattamaan ohjaustilanteiden määrää. Vakiovalo-ohjausta voidaan käyttää itsenäisenä valaistuksenohjausjärjestelmänä sekä muiden ohjausjärjestelmien rinnalla. [22, s. 5.]

### 3.4.9 Läsä- ja poissaolo-ohjaus

Läsä- ja poissaolo-ohjaus perustuu liikkeen havaitsemiseen. Antureiden valinnan toiminnallisuus riippuu tilankäyttötarkoituksesta. Anturit voidaan sijoittaa hajautetusti tilaan tai ne voivat olla valaisinkohtaisia. Ohjausjärjestelmä voidaan rakentaa master-orja-tyyppiseksi, jolloin tietyissä valaisimissa on anturi, joka ohjaa muita tilan valaisimia. Ohjausjärjestelmän viiveajat tulisi suunnitella siten, että liialliselta valaisimien syttymiseltä ja sammuttamiselta vältyttäisiin. Todella lyhyet viiveajat kuluttavat valonlähteiden käyttöikää tietyillä valonlähteillä. Vastaavasti liian pitkät viiveajat pienentävät mahdollisuutta energiansäästöön. Läsä- ja poissaolo-ohjaus voidaan ottaa käyttöön jokaisessa ohjaustavassa, mutta ohjaustilanteiden kasvaessa järjestelmä vaatii DALI- tai DSI-järjestelmän kasvattamaan ohjaustilanteiden määrää. Läsä- ja poissaolo-ohjausta voidaan käyttää itsenäisenä valaistuksenohjausjärjestelmänä sekä muiden ohjausjärjestelmien rinnalla. [22, s. 5.]

### 3.4.10 Tilanneohjaus

Tilanneohjauksella voidaan ohjata tilannekohtaisesti tilan valaisimia esisäädettyihin arvoihin. Ohjausjärjestelmä vaatii rinnalleen säätöjärjestelmän, jolla on mahdollista säätää valaisimen valaistustasoa. Keskusyksiköllä toimivan tilanneohjauksen säätöjärjestelmänä käytetään DSI:tä tai 1–10 V:n, esisäädettyjen tilanteiden lukumäärä on keskusyksiköstä riippuvainen. Hajautettu ohjaus on mahdollista toteuttaa DALI-järjestelmän valaisimilla ja komponenteilla. Hajautetussa tilanneohjauksessa tilanvalaisimet voidaan jakaa useaan eri ryhmään, ja ryhmällä voi olla useita esisäädettyjä tilanteita. [14, s. 4–5.]

### 3.4.11 Hämäräkytkinohjaus

Hämräkytkinohjaus voi toimia itsenäisenä ohjausjärjestelmänä. Tilan valaistusvoimakkuuden laskiessa esisäädetyin arvon alapuolelle valaisimet kytkeytyvät päälle ja vastaavasti tilan valaistusvoimakkuuden noustessa asetusarvon yläpuolella valaisimet kytkeytyvät pois päältä. Ohjaus- ja säätöjärjestelmää voidaan käyttää useiden järjestelmien rinnalla.

### 3.4.12 Kellokytkinohjaus

Kellokytkinohjaus voi toimia itsenäisenä ohjausjärjestelmänä, jolloin se tietyn käyntiajan tai esisäädetyt ohjelman mukaan ohjaa valaistusryhmiä päälle tai pois päältä. Ohjaus- ja säätöjärjestelmää voidaan käyttää useiden järjestelmien rinnalla.

## 3.5 Valonlähteet

Insinöörityön valonlähteet on rajattu käsittelemään led-, loiste-, purkauslamppuväläisimpien valonlähteet. Valontuottotapoja ei ole insinöörityössä käsitellä kovinkaan perusteellisesti, vaan on keskitytty vertailemaan valontuottotapojen valoteknillisiä ominaisuuksia ja elinkaarikustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Yleisimmät ominaisuudet vertailulle ovat valonlähteen väriämpötila, värintoisto, käyttöikä ja valotehokkuus. Edellä mainittujen vertailuominaisuuksien lisäksi valonlähteiden vertailussa on otettu huomioon soveltuvuus himmennykseen.

Valonlähteiden jaottelu on tehty IEC:n julkaiseman lampputunnusjärjestelmän ILCOS:n mukaan. Jaottelusta on huomioitu tämän työn rajaukset. [5, s. 3–4.]

### 3.5.1 Loistelamppu F

Valonlähteet jaotellaan IEC:n julkaiseman lampputunnusjärjestelmän ILCOS:n mukaan seuraavasti [6, s. 3-4]:

- kaksikantainen, suora lamppu FD
- yksikantainen, loistelamppu (pienloistelamppu) FS
- yksikantainen, 2-sauvainen loistelamppu FSD
- yksikantainen, 4-sauvainen loistelamppu FSQ
- yksikantainen, 6-sauvainen loistelamppu FSM.

Loistelamppujen värintoistoindeksi on 85–95, väriämpötila 2 700 K – 6 500 K. ja valotehokkuus 60–90 lm/W. Loistelamppujen hyötypolttokä on 10 000 – 70 000 h. Loistelamppujen polttokään vaikuttavat ympäristötekijät. Loistelamppujen optimaalisiin valaistusympäristö on sisätilat, joissa lämpötila on 0–40 °C. Käyttökohteissa joissa ympäris-

tön lämpötila on alle 0 °C tai yli 40 °C ja esiintyy kosteutta, loistelamppujen käyttöä rajoittavat yleisemmät käytössä olevat elektroniset liitäntälaitteet. Loistelamppuja ja elektronisia liitäntälaitteita on myös saatavilla erikoisvalmisteisina, jolloin ne soveltuvat vaikeisiin olosuhteisiin. Loistelamppujen himmennyksessä, säädössä ja ohjauksen eri sovelluksissa tulee valaisin varustaa säädettävällä elektronisella liitäntälaitteella. Loistelamppua ei voida himmentää ilman elektronista liitäntälaitetta. Poikkeuksena ovat tietyt yksikantaiset loistelamput. [6, s. 5–7; 11, s. 416; 19.]

### 3.5.2 Elohopealamppu Q

Valonlähteet jaotellaan IEC:n julkaiseman lampputunnusjärjestelmän ILCOS:n mukaan seuraavasti [6, s. 3-4]:

- päällystetty ellipsoidikupu QE
- heijastinelohopealamppu QR.

Elohopealamppujen värintoistoindeksi on 50, värilämpötila 3 000 K – 4 000 K ja valotehokkuus 40–50 lm/w. Elohopealamppujen polttoikä on huomattavasti pidempi kuin niiden hyötypolttoikä 10 000–16 000 h. Hyötypolttoikänsä kuitenkin pidetään 10 000–16 000 tuntia, koska useimmiten elohopealamppun valaistusarvojen alenema kuluneiden käyttötuntien jälkeen on huomattava standardien vaatimuksiin. Elohopealamppuja käytetään vain ulkovalaistuksessa, ja niiden valonsäätö ei ole mahdollista. [6, s. 7–8; 11, s. 417; 23.]

### 3.5.3 Suurpainenatriumlamppu S

Valonlähteet jaotellaan IEC:n julkaiseman lampputunnusjärjestelmän ILCOS:n mukaan seuraavasti [6, s. 3–4]:

- kirkas putkilokupuinen lamppu ST
- kirkas putkilokupuinen värikorjattu STH
- päällystetty ellipsoidikupu SE
- suuren valomäärän lamppu S\_H
- elohopealamppun korvaava lamppu S\_Q.

Suurpainenatriumlamppujen värintoistoindeksi on värikorjatuilla valkoisilla matalan valotehon lamppuilla noin 85 ja korkeamman valotehokkuuden lamppuilla noin 50, väriämpötila 2 100 K – 2 500 K ja valotehokkuus 120 lm/W. Suurpainenatriumlamppujen hyötypolttoikä on noin 18 000 h. Suurpainenatriumlamput soveltuvat sisä- ja ulkokäyttöön. Värintoistoindeksin ja väriämpötilan rajallisuudesta johtuen niiden käyttö sisätiloissa ei ole kovinkaan yleistä tietynlaisia valaistus- ja lamppusovelluksia lukuun ottamatta. Sisätiloissa suurpainenatriumlamppujen käyttöä myös rajoittaa pitkä sytytys- ja jälleensyttymisaika. Suurpainenatriumlamput tarvitsevat toimiakseen, kuristimen ja sytyttimen tai elektronisen liitäntälaitteen. Suurpainenatriumlamppujen säätö on rajallista ja onnistuu vain tiettyjen raja-arvojen sisällä. [6, s. 8; 11, s. 417; 23.]

#### 3.5.4 Monimetallilamppu M

Valonlähteet jaotellaan IEC:n julkaiseman lampputunnusjärjestelmän ILCOS:n mukaan seuraavasti [6, s. 3-4]:

- kirkas sylinterikupuinen MT
- kirkaskupuinen, kaksikantainen MD
- päällystetty ellipsoidikupuinen ME
- heijastimella varustettu monimetallilamppu MR.

Monimetallilamppujen värintoistoindeksi on 70–90, hyötypolttoikä 7 500–12 000 h ja valotehokkuus 90–100 lm/W. Monimetallilamppujen toimintaperiaatteesta johtuen niiden syttymis- jälleensyttymisaika on suhteellisen pitkä. Huonosta syttymis- ja jälleensyttymisajasta sekä himmennuksen hallinnasta johtuen niiden käyttökohteet ovat rajallisia sisävalaistuksessa. Monimetallilamput soveltuvat myös ulkotiloihin, jolloin kyseisillä haittaominaisuuksilla ei ole niin suurta merkitystä valaistussovelluksissa. Monimetallilamput tarvitsevat toimiakseen kuristimen tai elektronisen liitäntälaitteen. Monimetallilampun himmennys ja säätö eivät ole mahdollisia ilman elektronista liitäntälaitetta. Monimetallilamppujen himmennyksessä niiden väriominaisuudet voivat poiketa valmistajan ilmoittamista arvoista. Himmennys voi vaikuttaa myös monimetallilampun hyötypolttoikään. [6, s. 9–10; 11, s. 416; 23.]

### 3.5.5 Led-lamppu

Led-lamppujen toimintaperiaate ja valotekniset ominaisuudet ovat verrattavissa led-valaisimien. Led-valaisimet on käsitelty tarkemmin kappaleessa 3.8. Led-lamppuja voidaan käyttää erilaisissa kohdevalaistuksensovelluksissa korvaavina valonlähteinä. Led-lamppua käytettäessä korvaavana valolähteenä valaistuksen valaistusominaisuudet voivat muuttua huomattavasti. Led-lampun korvatesa käytössä olleen valonlähteen tulee huomioida led-lampun ominaisuudet. Led-lamput käyttävät huomattavan vähän energiaa, mutta valaistusominaisuudet kuten, häikäisy, valaistusvoimakkuus, ja väriominaisuudet eivät välttämättä ole standardien vaatimissa arvoissa. Led-lampuilla voidaan parantaa käyttöikä. Led-lamppujen käyttöikä vaihtelee käyttöympäristön mukaan. Oikeassa käyttöympäristössä Led-lampuilla voidaan päästä 30 000 h:n hyötypolttoikään. [6, s. 10–11; 23.]

## 3.6 EuP-direktiivin vaikutukset

### 3.6.1 Loistelamppu

Vuonna 2017, loistelamppuvalaisimet, jotka toimivat ilman sisäistä virranrajoitinta, tulee suunnitella toimimaan sisäisen virranrajoittimen kanssa. Loisteputkille ja virranrajoittimille on annettu valo- ja energiatehokkuus vaatimuksia komission asetuksessa (EY) N:o 245/2009. [6, s. 6.]

### 3.6.2 Elohopealamppu

Vuoteen 2015 mennessä elohopealamput ovat poistuneet markkinoilta [5, s. 8].

### 3.6.3 Suurpainenatriumlamppu

Vuoteen 2015 mennessä markkinoilta poistuvat myös elohopealamppuja korvaavat suurpainenatriumlamput. Komission asetuksessa (EY) N:o 245/2009 on annettu virranrajoittimelle hyötysuhdevaatimuksia, jotka tulevat voimaan asetuksen kolmannessa vaiheessa. [6, s. 8.]

### 3.6.4 Monimetallilamppu

Vuonna 2017 monimetallilamppujen valikoimasta poistuvat kvartsilasista valmistetut kierrekantaiset lamput [6, s. 9].

### 3.6.5 Led-lamppu

Vuodesta 2014 alkaen led-lampuille tulee direktiivin 2009/125/EY mukaiset suorituskykyvaatimukset. Vaatimuksia ovat muun muassa alenemakerroin, värintoistoindeksi sekä rajoitukset värikoordinaattien vaihtelulle. [23].

## 3.7 Valonlähteiden valinta

Valonlähteiden valinnoilla voidaan vaikuttaa valaistuksen tasoon ja laatuun sekä valaistuksen energiatehokkuuteen huomattavasti. Valonlähteen valintakriteereissä tulisi huomioida seuraavat kriteerit valonlähteelle. Valaistustekniset ominaisuudet: valovirta, valotehokkuus, valokappaleen luminanssi, värintoisto ja värilämpötila. Sääto- ja ohjausominaisuudet ovat soveltuvuus himmennykseen, syttymis- ja jälleensyttymisaika. Muita valintakriteereitä ovat polttoikä, välkyntä, tehokerroin, ympäristö, määrä, hankinta- ja käyttökustannukset.

Taulukkoon 4 on koottu insinööriyössä käsiteltävien valonlähteiden vertailu edellisistä kappaleista sekä valonlähteiden hankintahinta tekstimuotoisena arviona [6, s. 13; 23].

Taulukko 4. Valonlähteiden vertailu

Lampputyyppi	Väri- lämpötila	Värintoisto- kyky	Valo- tehokkuus	Hyöty- polttoikä	Ohjaus ja himmennys	Hinta
	K	R <sub>a</sub>	lm/W	h		
Yksikanta loistelamppu, kierrekanta (energian säästölamppu)	2 700–6 500	85	60	6 000	x, vain tietyt mallit	Edullinen
Yksikanta loistelamppu + kuristin	2 700–6 500	85	60	5 000		Edullinen
Yksikanta loistelamppu + elektroninen liitäntälaite	2 700–6 500	85	65	7 000	x	Edullinen
T8 loistelamppu + kuristin	2 700–6 500	80–95	70	12 000		Edullinen
T8 loistelamppu + elektroninen liitäntälaite	2 700–6 500	80–95	90	17 000	x	Edullinen
T8 longlife	2 700–6 500	80–95	90	35 000	x	Edullinen
T5 loistelamppu	2 700–6 500	80–95	90	17 000	x	Edullinen
T5 loistelamppu longlife	2 700–6 500	80–95	90	48 000	x	Edullinen
Elohopealamppu	3 000–4 000	50	40	16 000		Edullinen
Suurpaine- natriumlamppu	2 100–2 500	30–80	120	18 000	x, vain tietyt mallit	Edullinen
Monimetalli + kuristin	3 000–6 000	70–90	90	7 500		Keskitaso
Monimetalli + elektroninen liitäntälaite	3 000–6 000	70–90	100	10 000	x, vain tietyt mallit	Keskitaso
Monimetalli keraaminen + kuristin	3 000–6 000	90	90	9 000		Keskitaso
Monimetalli keraaminen + elektroninen liitäntälaite	3 000–6 000	90	100	12 000	x, vain tietyt mallit	Keskitaso
LED-lamppu	2 700–6 000	80	80	60 000		Korkea

### 3.8 Led-valaisimet

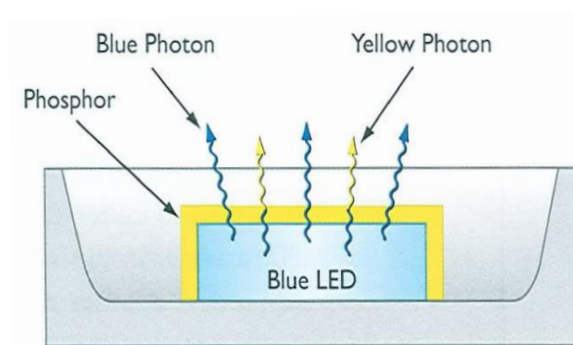
Sana led tulee englannin kielen ilmauksesta *light emitting diode*. Ledi on pieni puolijohdekomponentti, joka tuottaa pientä pistemäistä valoa. Valaisimen koosta, rakenteesta ja käyttötarkoituksesta riippuen voi led-valaisimessa olla yksi tai useita ledejä. Ledit eroavat muista valonlähteistä, tavallaan tuottaa valoa ja rakenteeltaan. Esimerkiksi loisteputket ovat ympärisäteileviä valonlähteitä ja ledit ei-ympärisäteileviä, joten suorassa valovirran vertailussa ledien ja purkausvalonlähteiden välillä ei saada välttämättä todellista totuutta, mutta sillä saadaan viitteellisiä tuloksia valonlähteiden vertailuun. Ledien ei-ympärisäteilevän pistemäisen valontuoton johdosta ledien vertailussa tulee korostumaan valaistusvoimakkuuden arvo luksiksi, joka kuvaa valovirran (lm) suhdetta pinta-alaan (m<sup>2</sup>). Led-valaisimien vertailussa tulee myös huomioida, ettei led-moduulin valovirta vastaa valaisimen valovirtaa. Led-valaisimen valovirta on aina pienempi kuin led-moduulin valovirta. Nykyiset led-valaisimet soveltuvat parhaiten kohdevalaistukseen, jossa on tarkoituksena saada rajatulle alueelle hyvä valotehokkuus. Tehokkaassa yleisvalaistuksessa led-valaisimet eivät ole vielä suuressa suosiossa, koska ledien pistemäisestä valosta johtuen valaistuksen häikäisyindeksi kasvaa tilassa huomattavasti. Led-valaisimet tarvitsevat aina toimiakseen virtalähteen. Virtalähteen toiminnallisuus määrittelee led-valaisimen ohjaus- ja säätöominaisuudet. Ledien virtalähteitä on käsitelty luvussa 3.3.3. [23; 24, s. 18–21.]

#### 3.8.1 Käyttökohteet ja elinikä

Led-valaisimien käyttökohteissa tulee huomioida ledin ominaisuudet. Led-valaisimet soveltuvat parhaiten viileisiin tiloihin, joissa ledin tai led-moduulin valontuotosta syntyvä lämpö pääsee johtumaan pois. Ledin valontuotossa syntyy lämpöä noin 70–80 % ledin ottamasta tehosta. Ledin tai led-moduulin lämpötilan noustessa valotehokkuus ja elinikä laskevat huomattavasti. Led-valaisimien kokoon ja rakenteeseen vaikuttaa käytettävän ledin teho. Suuri teho vaatii suuremman jäähdytys pinta-alan ledin jäähdytykseen. Lämpötilan hallinnalla on suuri vaikutus ledin elinkaareen. [23; 24, s. 18–21.]

### 3.8.2 Ominaisuudet

Ledin valontuottotapa on prosessi, jossa syntyy lähes monokromaattista valoa. Värillisen valon tuottaminen ledeillä on tehokkaampaa kuin valkoisen valon tuottaminen. Valaisimeen sijoitettaessa eri värisiä ledejä pystytään luomaan monenlaisia valaistustilanteita. Ledeillä tuotettaessa valkoista valoa, joudutaan yhdistämään kolmea eriväristä lediä tai asentamaan ledin pinnalle fosforikerros. Kolmella ledillä tuotettavan valkoisen valon tuottotapaa kutsutaan RGB-menetelmäksi. Menetelmässä sekoitetaan punaista, vihreää ja sinistä oikeassa suhteessa, jolloin pystytään tuottamaan kaikkia väriyhdistelmiä. RGB-menetelmän haasteena on alhainen värintoistoindeksi ja käyttökustannukset. Fosforia käytettäessä sinisen ledin pinnalle asennetaan fosforikerros, joka päästää fosforikerroksen läpi osan sinisistä fotoneista ja osan sinisistä fotoneista fosforikerros muuntaa keltaisiksi fotoneiksi. Kuva 2 selvittää fosforikerroksella päällystetyn ledin toimintaperiaatetta. [23; 24, s. 18–21.]



Kuva 2. Led ja fosforikerros [24, s. 18–21.]

Tuottotavalla saadaan tuotettua valkoista valoa hyvällä värintoistolla ja kustannustehokkaasti. Valontuottotavasta riippuen ledien värintoistoindeksi vaihtelee välillä 70–95 ja valon värilämpötila välillä 2 700 K – 6 000 K. Led-valaisimen käyttöikä on noin 50 000 h. [23; 24, s. 18–21.]

### 3.8.3 Elinkaari

Oikeanlaisilla valinnoilla voidaan saada säästöjä valaistuksen elinkaarikustannuksiin huomioidessa ledien tämän hetkiset ominaisuudet ja tulevaisuuden toiveet ledien tuotekehitysprosessissa. Led-valaisimien nykyisenä haasteena on ledien lämmönhallinta, ja todellista elinikää on tästä johtuen haastavaa arvioida. Oikeanlaisissa olosuhteissa ja hyvillä komponenteilla voidaan saada erittäin pitkät eliniät led-valaisimille ja näin ollen saada säästöjä valaistuksen elinkaarikustannuksiin. Led-valaisimet ovat tällä hetkellä huomattavasti kalliimpia kuin perinteiset valaistuksen tuottotavat, mutta ledien kehityksen myötä valaisimien hintaero arvioiden mukaan luultavammin tasoittuu. [23; 24, s 18–21.]

## 4 Valaistusvaatimusten todentaminen

Valaistusvaatimukset voidaan arvioida kynällä ja paperilla tai laskea tietokoneelle saatavilla valaistuskalkulaattoreilla suunnitteluvaiheessa. Tässä työssä käydään muutamia menetelmiä vertailulaskelmien tekemiseen ja valaistusvaatimusten toteamiseen.

### 4.1 Hyötysuhdemenetelmä

Hyötysuhdemenetelmällä voidaan nopeasti arvioida tilan valaistusvaatimuksia kaavalla 1 [25, s. 8].

$$E_m = \frac{N \times \eta \times \phi}{A} \quad (1)$$

$E_m$	on valaistuvoimakkuus (lx)
$N$	on valaisimien (lukumäärä)
$\eta$	on valaistushyötysuhde ( $\eta$ valaisin * $\eta$ tila)
$\phi$	on kokonaisvalovirta (lm)
$A$	on tilan pinta-ala (m <sup>2</sup> )

Varastotilaan tarvittavien valaisimien lukumäärän voidaan laskea hyötysuhdemenetelmällä seuraavasti Alppilux Oy:n AM235AK IP44 T5 2X35W C -valaisinta:

- tilatiedot pituus 20 m, leveys 30 ja korkeus 5 m
- SFS-EN 12464-1 valaistusvoimakkuuden vaatimus työtasolle 100 lx [6, s. 38]
- valaisimien kokonaisvalovirta 6600 lm
- valaistushyötysuhde 0,4 [25, s. 8]
- $100 \text{ lx} \times 600 \text{ m}^2 / 0,4 \times 6600 \text{ lm} = 22,72 \text{ kpl}$ , kaava (1).

Laskettuun varastotilan valaistukseen vaadittaisiin 23 kpl AM235AK IP44 T5 2X35W C -valaisinta. Laskenta ei ota huomioon tilan korkeutta, joten hyötysuhdemenetelmän käytössä laskijan tulee huomioida se laskelmissaan. Laskennan tulosta voidaan verrata DIALux-valaistuslaskentaohjelmalla saatuun tulokseen 20 kpl (liite 1) valaisimia varastotilassa. DIALux-laskelmassa voidaan ottaa enemmän asioita huomioon, joita hyötysuhdemenetelmä laskennalla ei voida ottaa huomioon. Hyötysuhdemenetelmällä voidaan nopeasti arvioida tilojen valaistusvaatimuksia.

#### 4.2 Vaatimuksien toteaminen, DIALux

Valaistusvoimakkuuden vaatimuksien toteaminen DIALux-valaistuslaskelmilla. Taulukossa 5 on esitetty kolmella eri valaisinvaihtoehdolla tehty varaston valaistusratkaisu. Vertailulaskelmassa on käytetty Alppilux Oy:n kolmea eri valaisinta. Vertailulaskelmassa on varastotilanvalaistus tehty kolmella suunnilleen saman ottotehon valaisimella, joissa jokaisessa on käytetty eri valonlähderatkaisuja. Vertailulaskelman vaatimukset ovat standardista SFS-12461-1, taulukko 5.4, viitenumerosta 5.4.1, varastotila [7, s. 38].

DIALux-laskelmassa on käytetty seuraavia lähtöarvoja:

- tilatiedot pituus 20 m, leveys 30 ja korkeus 5 m
- valaisimet on sijoitettu kattoon
- huoltokerroin SFS-EN 12464-1, 2 -vuoden välein
- heijastus; katto 70, seinät 50 ja lattia 20
- valaisimenhuolto 2 -vuoden välein
- käyttöaika 2,58 (5 -päivän yksittäisjakso, 258 päivää, 10 tuntia)
- valonlähteiden vaihto suoritetaan ryhmävaihtona 2 -vuoden välein.
- SFS-EN 12464-1:n vaatimukset: valaistusvoimakkuus  $E_m$  100,  $UGR_L$  25,  $U_o$  0,40.

Taulukko 5. DIALux-valaistuslaskelman yhteenveto (liite 1)

	Lukumäärä	Valaistusvoimakkuus	Häikäisyn maksimiarvo	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus	Valotehokkuus	Käytetty energia vuodessa
	kpl	$E_m$	$UGR_L$	$U_o$	lm / W	kWh / a
IG44158K-N IP44 T8 1X58W C (valonlähde, T8)	35	121	21	0,62	54	6050
AMLED4500A IP44 4500/740 AC C (valonlähde, led)	30	114	30	0,59	69	4257
AM235AK IP44 T5 2X35W C (valonlähde, T5)	20	114	25	0,55	90	3612

Taulukossa 5 on esitetty DIALux-valaistuslaskelmista saadut tulokset. Tuloksia vertailemalla standardin vaatimuksiin ja valaisintyyppejä keskenään voidaan havaita, että T5-valonlähteellä varustettu valaisin on sopivin ratkaisu tilan valaisimeksi.

## 5 Käyttökustannukset

Valaistuksen käyttökustannukset koostuvat valaistuksen huolto- ja energiakustannuksista. Investointivaiheessa tehdyt valinnat heijastuvat suoraan käyttökustannuksiin.

## 5.1 Valaistuksen huolto- ja alenemakerroin

Tilan valovirta alenee tilassa koko valaistuksen elinkaareen ajan, jotta sisävalaistusstandardin tyydyttämässä valaistusvoimakkuudentasossa pysyttäisiin, tulee valaistusta huoltaa määrääjän välein. Valaistuksen valovirran alenemiseen vaikuttavat valaisimen-, valonlähteen-, tilanpintojen likaantuminen ja valonlähteiden loppuun palaminen. Valaistuksen alenemakertoimen määrittelyssä huomioon otettavien asioiden ohjeistus löytyy standardista CIE 97:2005. Standardissa on käsitelty yksityiskohtaisesti valovirran alenemaan vaikuttavat tekijät, joiden avulla voidaan määrittää valaistuksen alenemakerroin tarkasti. Standardi määrittelee tilan likaantumisen asteen neljään luokkaan erittäin puhdas (EP), puhdas (P), normaali (N) ja likainen (L). Standardissa on ohjeistusta erityyppisten valaisimien puhdistusvälistä riippuen tilan likaisuusluokasta. Taulukossa 6 on esitetty rungon ja tilan likaisuuden puhdistusvälin riippuvuus. [7, s. 32; 26, s. 31–32.]

Taulukko 6. Erityyppisten valaisimien rungon ja tilan likaisuuden puhdistusvälin riippuvuus [26, s. 33.]

	Ympäristö	EP / P	N	L	EP / P	N	L	EP / P	N	L
Valaisintyyppi	Puhdistusväli	3 vuotta			2 vuotta			1 vuotta		
Perusrunko		x				x				x
Ylhäältä avoin		x				x				x
Ylhäältä suljettu		x			(x)				x	
Ylhäältä ja edestä suljettu		x			(x)				x	
Pölytiivis IP 5X		x	x				x			
Epäsuora valaistus					x			(x)	x	
Ilmastointivalaistus		x	x				x			

Suunnitelmissa valaistussuunnittelijan tulisi osata määritellä tilan käyttötarkoituksen mukaan valaistukselle alenemakerroin ja ilmaista ne olettamukset, joilla kerroin on määritetty. Valaistuksen alenemakertoimen huomioiminen suunnitelmissa voidaan tehdä esimerkiksi DIALux-valaistuslaskentaohjelmalla. Ohjelmassa voidaan syöttää kerroin käsin tai käyttää ohjelman vakioarvoja. Taulukossa 7 on esitetty aikaisemmin insinööriyössä käytetyn tilan ja valaisimien valaistusvoimakkuuden miniarvot käytettäessä DIALux-valaistuslaskentaohjelman laajennettua huoltokaaviomenetelmää laskennassa. [7, s. 32; 26, s. 31–32.]

Taulukko 7. DIALux-valaistuslaskelma, varastohallin tilan likaisuus (liite 2)

	Lukumäärä	Erittäin puh- dastila	Puhdastila	Likainen tila	Erittäin li- kainen
	kpl	Em	Em	Em	Em
SFS-EN 12464-1		100	100	100	100
IG44158K-N IP44 T8 1X58W C	35	149	125	106	93
AMLED4500A IP44 4500/740 AC C	30	140	117	100	87
AM235AK IP44 T5 2X35W C	20	158	132	112	99

Taulukosta voidaan todeta se, että kyseisillä valaisinlukumäärillä ja sijoittelulla ei pystytä jokaisessa ympäristöolosuhteessa tyydyttämään standardin SFS-EN 12464-1 vaatimuksia. Valaistuksen valovirran alenemaan vaikuttaa likaantumisen lisäksi valonlähteen valovirran alenema käyttötuntien mukaisesti. Valonlähteiden saavuttaessa hyötypolttokänsä valaistuksen valovirran alenema on noin 30 %. Insinöörintyön luvussa valonlähteet 3.5 on kerrottu erilaisten valonlähteiden hyötypolttokänsä, joiden mukaisesti tulisi valaistuksen valonlähteiden vaihto suunnitella. Valaistussuunnittelijan tulisi osata määrittellä optimaalisin valaisintyyppi, valonlähde, käyttöympäristö ja valaistuksen alenemakerroin, joiden perusteella tehdään valaistussuunnitelma ja perusteellinen huoltosuunnitelma. Huoltosuunnitelmassa tulee esittää valonlähteiden ryhmävaihtoväliaikataulu sekä valaisimen ja ympäristön puhdistuksen suunnitelma. [7, s. 32; 26, s. 31–32]

Valaisimien valonlähteiden ryhmävaihdolla saadaan aikaan hyvä valaistuvoimakkuuden pysyvyys ja esteettisesti valaistus pysyy hyvänä. Ryhmävaihto on yksittäisvaihtoa kustannustehokkaampi ratkaisu, ja se ei myöskään aiheuta häiriötä tilassa työskenteleville henkilöille, jos valonlähteiden vaihto on suunniteltu esimerkiksi kesälomakaudelle. Valonlähteiden yksittäisvaihtoon ollaan pakotettuina silloin kuin tilan yhdenkin valonlähteen loppuun palaminen aiheuttaa merkittävän valaistusvoimakkuuden aleneman. Valonlähde voi olla myös hyvin kallis, jolloin asennuskustannuksissa ei voida säästää valonlähteiden ryhmävaihdossa. [27, s. 271–280.]

Valaisimien huoltokustannuksiin lasketaan valonlähteiden vaihdon lisäksi vikaantuneiden valaisimien korjaukset, valaisimienpuhdistus ja tilan huone- sekä ikkunapintojen puhdistus sekä tilanpintojen maalaus. Näille huolloille on vaikeahkoa määrittää ajankohtaa sekä kustannuksia. Ledien ja muiden pitkän hyötypoltoajan omaavien valaistusratkaisuiden yleistyessä kyseisten kustannusten arviointiin ja huollontoteutukseen tulisi huoltosuunnitelmassa panostaa enemmässä määrässä. [27, s. 271–280.]

## 5.2 Rakennuksen kokonaisenergiatehokkuuden E-luku

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti rakennukselle on laskettava E-luku, joka kuvastaa rakennuksen energiamuodonkertoimella painotettua ja osatoenergiakulutusten summaa lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa. Sähköä käytettäessä energiamuotona energiamuodonkerroin on 1,7. E-luku lasketaan järjestelmäkohtaisesti joko järjestelmän suunnittelijan tai pääsuunnittelijan toimesta. [28, s. 8.]

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden osalta tulee laskea vuotuinen lämpökuorma  $Q$  ( $\text{kWh/m}^2$ ) sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden energiankäyttö  $W$  ( $\text{kWh/m}^2$ ). Laskelmissa riittää toisen luvun laskenta, koska valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö katsotaan yhtä suureksi lämpökuorman kanssa. [28, s. 19, 25.]

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika <sup>d</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Ihmiset
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	$8^{b,c}$	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	$11^{b,c}$	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	$12^c$	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	$19^c$	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	$14^c$	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,6	$18^c$	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	$12^c$	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	$9^c$	9	8

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1  
c ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erillisselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

Kuva 3. Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti [28, s. 19.]

Kun rakennuksessa on tarpeenmukainen valaistuksenohjausjärjestelmä, lasketaan valaistuksen käyttötuntien määrä kuvan 3 mukaisilla käyttötuntien käyttötarkoitukseluokan käyttöajoilla, tällöin rakennuksen keskimääräiseen valaistustehonlaskentaan käytettävän mallin on oltava tilakohtainen, ja tilojen tulee tyydyttää standardin SFS-EN

12464-1:n tilakohtaiset valaistuksentasovaatimukset tai pysyä käyttötarkoituksen mukaisena tiloissa, joissa standardissa SFS-EN 12464-1 ei ole annettu vaatimuksia. Keskimääräinen valaistusteho voidaan laskea myös tilatyypikohtaisesti. Laskennassa lasketetaan tilatyypikohtaisesti keskimääräinen valaistusteho rakennukselle tyyppitilojen pinta-aloilla painotettuna keskiarvona. Kuvan 3 poikkeavia arvoja käytettäessä tulee siitä tehdä erilliselvitys valaistustason osalta energialaskennan lähtötietojen osana. [28, s. 19.]

### 5.3 Valaistuksen energiankulutus

Valaistuksen energiankulutus on valitun valaistusjärjestelmän käyttö- ja lepokustannuksien energiankulutuksen yhteenlaskettu summa. Standardissa SFS-EN 15193 on määritelty valaistuksen energiakulutukselle arviointi menetelmät. Valaistuksen energiankulutus voidaan laskea valaistuksen suunnitteluvaiheessa ja vastaavasti mitata rakennuksen käyttövaiheessa standardin mukaisesti. Laskennalle on kaksi menetelmää, nopea arviointimenetelmä, joka pohjautuu erityyppisten rakennuksien ominaisiin käyttö- ja kulustietoihin, sekä perusteellinen arviointimenetelmä, jossa laskettavalla rakennukselle arvioidaan tiedot, joilla laskenta suoritetaan. Valaistuksen energiakulutuksen mittaaminen on tulevaisuudessa helpompaa rakennuksesta järjestelmäkohtaisesti uusien rakentamismääräyksiä myötä. Tämä ei koske kaikkea uudisrakentamista, vaan tietyn käyttöluokan rakennuksia. Muiden kuin määräyksiä koskevien rakennuksien ja käytössä olevien rakennuksien kohdalla valaistuksen energiakulutuksen mittaaminen käyttövaiheessa on todella haastavaa ja aikaa vievää työtä. [9, s. 24–25; 28, s. 16–17.]

#### 5.3.1 Käyttökulutus

Valaistuksen käyttökulutus käsittää valaistuksen käytössä tapahtuvan energiankulutuksen, joka kostuu valonlähteiden ja liitäntälaitteiden kuluttamasta energiasta varsinaisessa valaistustilanteessa. Käyttökulutuksen arvioinnissa on otettava huomioon rakennukseen asennetun valaistuksen kokonaisteho sekä valaistuksen käyttöaika. Valaistuksen käyttöajoille on annettu ohjeelliset toimintatunnit standardissa SFS EN 15193. [9, s. 24–25; 30, s. 114.]

### 5.3.2 Lepokulutus

Lepokulutuksella tarkoitetaan varsinaisen valaistustilanteen ulkopuolella tapahtuvaa energiankulusta. Lepokulutukseksi lasketaan mahdollisen turvavalaistuksen paristojen lataukseen kuluttama energia, valaistuksen ohjausjärjestelmän kuluttama teho aikana, kun valaistus ei ole käytössä vuoden aikana. [9, s. 24–25]

### 5.4 LENI (Lighting Energy Numeric Indicator)

LENI-luku on tarkoitettu valaistuksen energiatehokkuuden vertailuarvoksi saman käyttötarkoituksen rakennuksissa. LENI-luvulla tapahtuva vertailun vertailumuotona käytetään valaistuksen kuluttama energia pinta-alaa kohden vuodessa ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ). Standardissa SFS-EN 15193 on annettu määritelmät laskentamenetelmille ja eri rakennustyyppien LENI-luvun laatuluokille. Laatuluokat on jaettu kolmeen osaan, jotka kaikki tyydyttävät SFS-EN 12461-1:n valaistuksenlaatuvaatimukset. Mentäessä korkeamman LENI-laatuluokan rakennustyyppeihin valaistuksen laadulta veloitetaan enemmän. [9, s. 25–29; 12, s. 17.]

## 6 Valaistuksen elinkaarikustannusten laskentamenetelmät

Insinööriyössä on pyritty selvittämään, mitkä eri osa-alueet vaikuttavat valaistuksen elinkaarikustannuksiin. Seuraavissa luvuissa on esitetty laskentamenetelmät, joissa otetaan huomioon insinööriyössä aikaisemmin esitetyt osa-alueet.

### 6.1 Investointikustannukset

Insinööriyössä valaistuksen investointikustannukset on jaoteltu seuraavien lukujen mukaisesti.

#### 6.1.1 Valaisimien investointikustannukset

Valaisimien investointikustannukset perustuvat suomalaisten sähkö- ja teletarvikkeiden tukkuliikkeiden ilmoittamiin arvolisäverottomiin hintoihin.

### 6.1.2 Valonlähteiden investointikustannukset

Valonlähteiden investointikustannukset perustuvat suomalaisten sähkö- ja teletarvikkeiden tukkuliikkeiden ilmoittamiin arvolisäverottomiin hintoihin.

### 6.1.3 Kaapeloinnin investointikustannukset

Kaapeloinnin investointikustannukset perustuvat suomalaisten sähkö- ja teletarvikkeiden tukkuliikkeiden ilmoittamiin arvolisäverottomiin hintoihin.

### 6.1.4 Asennusten investointikustannukset

Asennusten investointikustannukset perustuvat sähköistysalan työehtosopimuksen 2012–2014 urakkalaskentaesimerkkeihin [29].

## 6.2 Energiakustannukset

Energiakustannukset lasketaan seuraavien kaavojen mukaisesti. Energiakäytön laskennan arvioinnissa on käytetty standardin SFS-EN 15193 laskentamenetelmiä ja ohjeellisia arvoja eri rakennustyyppien käyttötunneille ja ohjausjärjestelmien kertoimille. Energiakustannusten kaavoissa on huomioitu insinööriyön rajaukset. Kokonaisenergiankulutus lasketaan kaavalla 2 [30, s. 16].

$$W_E = W_L + W_P \quad (2)$$

$W_E$  on valaistuksen kokonaisenergiakulutus (kWh/a)

$W_L$  on valaistuksen varsinainen kokonaisenergiakulutus (kWh/a)

$W_P$  on valaistuksen lepokulutus (kWh/a)

Varsinaisen valaistuksen kokonaisenergiankulutus lasketaan kaavalla 3 [30, s. 16].

$$W_L = \sum \frac{\{P_n \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)]\}}{1000} \quad (3)$$

- $W_L$  on valaistuksen varsinainen kokonaisenergiakulutus (kWh/a)  
 $P_n$  on valaistukseen asennettu kokonaisteho (W)  
 $F_D$  on kerroin vakiovalonsäätö (taulukko 8), joka määräytyy rakennuskohteen mukaan potentialisen päivänvalon saatavuuden mukaisesti. Valaistuksessa käytetty vakiovalonsäätö pienentää valaistuksen keinovalon osuutta suhteessa saatavaan päivänvaloon valaistustilanteessa. Vakiovalonsäätöä on käsitelty luvussa 3.4.8  
 $F_o$  on kerroin läsnäolo-ohjaukselle (taulukko 8), joka määräytyy rakennuskohteessa tilan käyttöasteen mukaisesti. Läsnäolo-ohjausta on käsitelty luvussa 3.4.9  
 $t_D$  on käyttöaika (taulukko 8), jolloin päivänvaloa on saatavilla (h)  
 $t_N$  on käyttöaika (taulukko 8), jolloin käyttö tapahtuu pimeällä (h)  
 1000 on muunnoskerroin

Taulukko 8. Vuosittaiset käyttötunnit ja ohjausjärjestelmien kertoimet [30, s. 114–116]

Rakennustyyppi	Vuosittaiset käyttötuntien ohjeelliset arvot		Ohjausjärjestelmän kerroin		
	$t_D$	$t_N$	$F_D$		$F_o$
			Manuaalinen	Vakiovalo	Läsnäolo
Toimisto	2250	250	1,0	0,9	1,0
Oppilaitos	1800	200	1,0	0,8	0,9
Sairaala	3000	2000	1,0	0,8	0,8
Hotelli	3000	2000	1,0	1,0	0,7
Ravintola	1250	1250	1,0	0,9	1,0
Urheilutila	2000	2000	1,0	1,0	1,0
Tukku- ja vähittäiskauppa (liiketilä)	3000	2000	1,0	0,9	1,0
Tuotantolaitos	2500	1500	1,0	1,0	1,0

Valaistuksen lepokulutus lasketaan kaavalla 4 [30, s. 16].

$$W_p = \sum \frac{(P_{pc} \times t_y)}{1000} \quad (4)$$

$W_p$  on valaistuksen lepokulutuksen kokonaisenergiakulutus (kWh/a). Lepokulutuksella tarkoitetaan varsinaisen valaistustilanteen ulkopuolella tapahtuvaa energiankulusta

$P_{pc}$  on valaistusohjausjärjestelmään kuluva teho silloin kun valaistus ei ole käytössä (W)

$t_y$  on aika, jolloin valaistus ei ole käytössä (h).  $t_y$  on  $8760 - (t_D + t_N)$

1000 on muunnoskerroin

### 6.3 LENI

LENI-luku voidaan laskea, kun tiedetään valaistuksen käyttämä energia pinta-alaa kohden kaavalla 5 [30, s. 16]. LENI-lukua on käsitelty luvussa 5.4.

$$LENI = \frac{W_E}{A} \quad (5)$$

$LENI$  on valaistuksen energiankulutus pinta-alaa kohden (kWh/m<sup>2</sup>a)

$W_E$  on valaistuksen varsinainen kokonaisenergiakulutus (kWh/a)

$A$  on tarkasteltava pinta-ala

## 6.4 E-luku

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen lämpökuorma  $Q$  (kWh/m<sup>2</sup>) sekä energiankäyttö  $W$  (kWh/m<sup>2</sup>) lasketaan kaavalla 6. E-lukua on käsitelty luvussa 5.2.

$$W = \frac{[k \times (\frac{P_n}{A}) \times (t_D + t_N)]}{1000} \quad (6)$$

- $W$  on valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen energiankäyttö (kWh/m<sup>2</sup>)  
 $k$  on käyttöaste, joka määräytyy rakennuskohteen mukaan kuvan 3 mukaisesti  
 $P_n$  on valaistukseen asennettu kokonaisteho (W)  
 $A$  on tarkasteltava pinta-ala (m<sup>2</sup>)  
 $t_D$  on käyttöaika (h), jolloin päivänvalo on saatavilla (taulukko 8)  
 $t_N$  on käyttöaika (h), jolloin käyttö tapahtuu pimeällä (taulukko 8)  
 $1000$  on muunnoskerroin

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden energiankulutuksen prosentuaalinen osuus koko rakennuksen suurimmasta sallitusta energiankulutuksesta lasketaan kaavalla 7.

$$E_{\text{luku}} \% = 100 \times \frac{(W \times K_{\text{kerroin}})}{E_{\text{max}}} \quad (7)$$

- $E_{\text{luku}} \%$  on valaistuksen ja kuluttajalaitteiden energiankulutuksen prosentuaalinen osuus koko rakennuksen suurimmasta sallitusta energiankulutuksesta  
 $W$  on energiankulutus kWh/m<sup>2</sup> a  
 $K_{\text{kerroin}}$  on energiamuodonkerroin. Sähköllä energiamuodonkerroin on 1,7 [28, s. 8]  
 $E_{\text{max}}$  on uudisrakennuksen E-luvun maksimiarvo kWh/m<sup>2</sup> a, määräytyy taulukon 9 mukaisesti

Taulukko 9. Uudisrakennusten E-luvun maksimiarvo [28, s. 8.]

Käyttötarkoitukseluokka	kWh/m <sup>2</sup> vuodessa
Pientalo < 120 m <sup>2</sup>	204
Pientalo 120 m <sup>2</sup> ≤ A <sub>netto</sub> ≤ 150 m <sup>2</sup>	373 - 1,4 x A <sub>netto</sub>
Pientalo 150 m <sup>2</sup> ≤ A <sub>netto</sub> ≤ 600 m <sup>2</sup>	173 - 0,7 x A <sub>netto</sub>
Pientalo > 600 m <sup>2</sup>	130
Hirsitalo < 120 m <sup>2</sup>	229
Hirsitalo 120 m <sup>2</sup> ≤ A <sub>netto</sub> ≤ 150 m <sup>2</sup>	397 - 1,4 x A <sub>netto</sub>
Hirsitalo 150 m <sup>2</sup> ≤ A <sub>netto</sub> ≤ 600 m <sup>2</sup>	198 - 0,7 x A <sub>netto</sub>
Hirsitalo > 600 m <sup>2</sup>	155
Rivi- ja ketjutalo	150
Asuinkerrostalo	130
Toimistorakennus	170
Liikerakennus	240
Majoitusliikerakennus	240
Opetusrakennus ja päiväkot	170
Liikuntahalli, pois lukien uima- ja jäähalli	170
Sairaala	450

## 6.5 Huoltokustannukset

Suunnittelijan tulee huoltosuunnitelmissa tehdä suunnitelma valaistuksen valonlähteiden vaihtovälille sekä valaisimien ja tilan puhdistusväleille. Vuotuisena polttoaikana käytetään standardin SFS-EN 15193 valaistuksen pitoaikoja ja hyötypolttokinä valonlähteiden valaisimien valmistajien ilmoittamia tuntimääriä sekä standardin SFS-EN 15193 valaistuksen pitoaikoja ja led-valaisimien valmistajien ilmoittamia elinikien tuntimääriä. Huoltokustannuksien kaavoissa on huomioitu insinööriyön rajaukset.

Valaistukselle voidaan määrittää keskimääräinen pitoaika kaavalla 8 [27, s. 278].

$$t_p = \frac{T}{t_k} \quad (8)$$

$t_p$  on valonlähteiden pitoaika (h)

$T$  on valonlähteiden hyötypolttokä tai led-valaisimen elinikä (h)

$t_k$  on valonlähteiden vuotuinen polttoaika (h/a), joka on ( $t_D + t_N$ ).

Valonlähteiden vaihdossa aiheutuvat kustannukset yksittäisvaihdossa lasketaan kaavalla (9) [27, s. 279].

$$K_1 = \frac{n_1 \times (h_1 + h_v)}{t_p} + L_k \quad (9)$$

- $K_1$  on vuotuiset valonlähteiden vaihdosta aiheutuvat kustannukset yksittäisvaihdossa (€/a)
- $n_1$  on valonlähteiden lukumäärä (kpl)
- $h_1$  on valonlähteen hinta (€/kpl)
- $h_v$  on valonlähteen vaihdosta aiheutuvat kustannukset (€/kpl)
- $t_p$  on valonlähteiden pitoaika (a)
- $L_k$  on valonlähteiden vaihdossa aiheutuvat laitekustannukset (€/a)

Ryhmävaihtojen vuotuiset kustannukset lasketaan kaavalla (10), yhtälössä ei huomioida valonlähteiden yksittäisvaihtoja ennen ryhmävaihtoa [27, s. 279].

$$K_{rl} = \frac{n_1 \times (h_1 + h_{rv})}{t_p} + L_k \quad (10)$$

- $K_{rl}$  on vuotuiset valonlähteiden vaihdoista aiheutuvat kustannukset ryhmävaihdossa (€/a)
- $n_1$  on valonlähteiden lukumäärä (kpl)
- $h_1$  on valonlähteen hinta (€/kpl)
- $h_{rv}$  on valonlähteen vaihdosta aiheutuvat kustannukset ryhmävaihdossa (€/kpl)
- $t_p$  on valonlähteiden pitoaika (a)
- $L_k$  on valonlähteiden vaihdossa aiheutuvat laitekustannukset (€/a)

## 6.6 Kokonaiskustannusten nykyarvomenetelmä

Vuosikustannusmenettelyssä hankintakustannukset sekä laitteiston nykyarvoon muutetut uusimiskustannukset muutetaan annuiteettikertoimella vuosikustannuksiksi sekä lisäämällä siihen vuotuiset käyttökustannukset. Vuosikustannukset lasketaan kaavalla (11).

$$V = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times H + W_e \quad (11)$$

- $V$  on laskennallinen vuosikustannus (€)
- $i$  on laskentakorko (%)
- $n$  on rakennuksen käyttöikä (a)
- $H$  on investointikustannukset + huoltotöistä aiheutuvien kustannusten nykyarvo (€)
- $W_e$  on vuotuiset käyttökustannukset (€/a)

Vuotuiset energiakustannukset lasketaan kaavalla (12).

$$W_e = W_E \times Q_\epsilon + Q_{\epsilon kk} \times kk \quad (12)$$

- $W_e$  on rakennuksen vuotuiset käyttökustannukset (€/a)
- $W_E$  on kokonaisenergiakulutus (kWh/a)
- $Q_\epsilon$  on sähkön hinta (c/kWh)
- $Q_{\epsilon kk}$  on sähkön siirtomaksu (€/kk)
- $kk$  on 12 kk

Valaistuksen huoltotöistä aiheutuvien kustannusten muunto nykyarvoon lasketaan kaavalla (13).

$$k = \frac{1}{(1+i)^n} \times K_{rl} \quad (13)$$

- $k$  on huoltotöistä aiheutuvien kustannusten nykyarvo (€)
- $i$  on laskentakorko (%)
- $n$  on maksun ajankohta vuosina (a), jos valonlähteen hyötypolttoikä, liitäntälaitteen tai virtalähteen elinikä on lyhyempi kuin rakennuksen käyttöikä
- $K_{rl}$  on valonlähteiden vaihdoista aiheutuvat kustannukset ryhmävaihdossa (€/a)

Nykyarvomenetelmässä diskontataan tulevien vuosien menot nykyhetkeen. Tulevina vuosina keskenään samansuuruisien vuosittaisten maksujen nykyarvo lasketaan kaavalla (14).

$$K = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \times q \quad (14)$$

- $K$  on vuosittaisten maksujen arvo (€)
- $i$  on laskentakorko (%)
- $n$  on rakennuksen käyttöikä (a)
- $q$  on vuosittainen maksu (€), joka on vuotuiset huoltokustannukset  $K_{ri}$  € / a + vuotuiset energiakustannukset  $W_e$  € / a

Kun vuosikustannusten nykyarvoon lisätään investointikustannukset ja korjauskustannusten nykyarvo, saadaan järjestelmän nykyarvo kaavalla (15).

$$N = K + I + k \quad (15)$$

- $N$  on nykyarvo laskenta ajanjakson jälkeen (€)
- $K$  on vuosittaisten maksujen nykyarvo (€)
- $I$  on investointikustannukset (€)
- $k$  on huoltotöistä aiheutuvien kustannusten nykyarvo (€)

## 7 Elinkaarikustannusten taulukkolaskentaohjelma

Insinööriyössä toteutettiin valaistuksen elinkaarikustannusten laskentamenetelmä. Laskentamenetelmä toteutettiin excel-tilukkolaskentaohjelmistolla. Laskentamenetelmässä on huomioitu insinööriyössä esitetyt elinkaarikustannuksiin vaikuttavat tekijät. Valaistuksen elinkaarikustannusten laskentamenetelmä toteutettiin siten, että taulukkolaskentaohjelmassa on 23 eri lähtöarvoa laskennalle, joista osaan käyttäjän tulee syöttää jokin arvo laskennan onnistumiselle. Laskentaohjelman käyttäjän ei tule määrittää jokaista lähtöarvoa, vaan ne jotka hän katsoo tarpeen mukaiseksi arvioidessa valaistuksen elinkaarikustannuksia. Taulukkolaskelmaohjelma laskee käyttäjälle elinkaarikustannuksiin vaikuttavat tekijät ja esittää ne numeerisesti sekä graafisesti. Taulukkolaskentaohjelmasta toteutettiin viisi eri versiota, joilla voidaan toteuttaa tilojen elinkaarikustannusten laskenta:

- vähittäiskauppa ja liiketila
- toimisto
- tuotantolaitos
- oppilaitos
- AlppiluxE.

Taulukkolaskentakohteet päätettiin Alppilux Oy:n valaisinvalikoiman suuntauksen mukaisesti. Vähittäiskauppa ja liiketila, toimisto, tuotantolaitos sekä oppilaitoksen taulukkolaskentaohjelmaan on syötetty tiedot valmiiksi valaistuksen pitoajoista, päivänvalo- ja läsnäolokertoimista standardin SFS-EN 15193 mukaisesti sekä E-luvun laskentaan vaikuttavat kertoimet rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti. AlppiluxE-taulukkolaskentaohjelmassa käyttäjä voi valita kertoimet omavalinnaisesti.

## **8 Elinkaarikustannusten laskenta**

Elinkaarikustannusten laskenta toteutettiin kolmeen eri kohteeseen, joista kaksi on valmistunut ja yksi rakenteilla. Kohteista toteutettiin valittuun tilaan valaistuslaskelma DIALux-valaistuslaskentaohjelmalla. Valaisimien sijoittelu valaistuslaskelmassa tehtiin sähkösuunnitelmien mukaisesti toteutetuilla valaisimilla. Elinkaarikustannuslaskelmissa tehtiin myös eri valaisimien välistä elinkaarikustannusvertailua. Vertailuvalaisimia verrattiin toteutettuun valaistusratkaisuun DIALux-valaistuslaskentaohjelmalla. Valaisimien välinen vertailu suoritettiin keskimääräisen valaistusvoimakkuuden mukaisesti. Vertailuvalaisimien lukumäärä optimoitiin vastaamaan toteutetun valaistusratkaisun valaistusvoimakkuutta. Investointi- ja elinkaarikustannukset on laskettu insinööriyössä esitettyjen kaavojen ja tapojen mukaisesti. (Liitteet 3, 4 ja 5.)

### **8.1 Kauppakeskus Karisma**

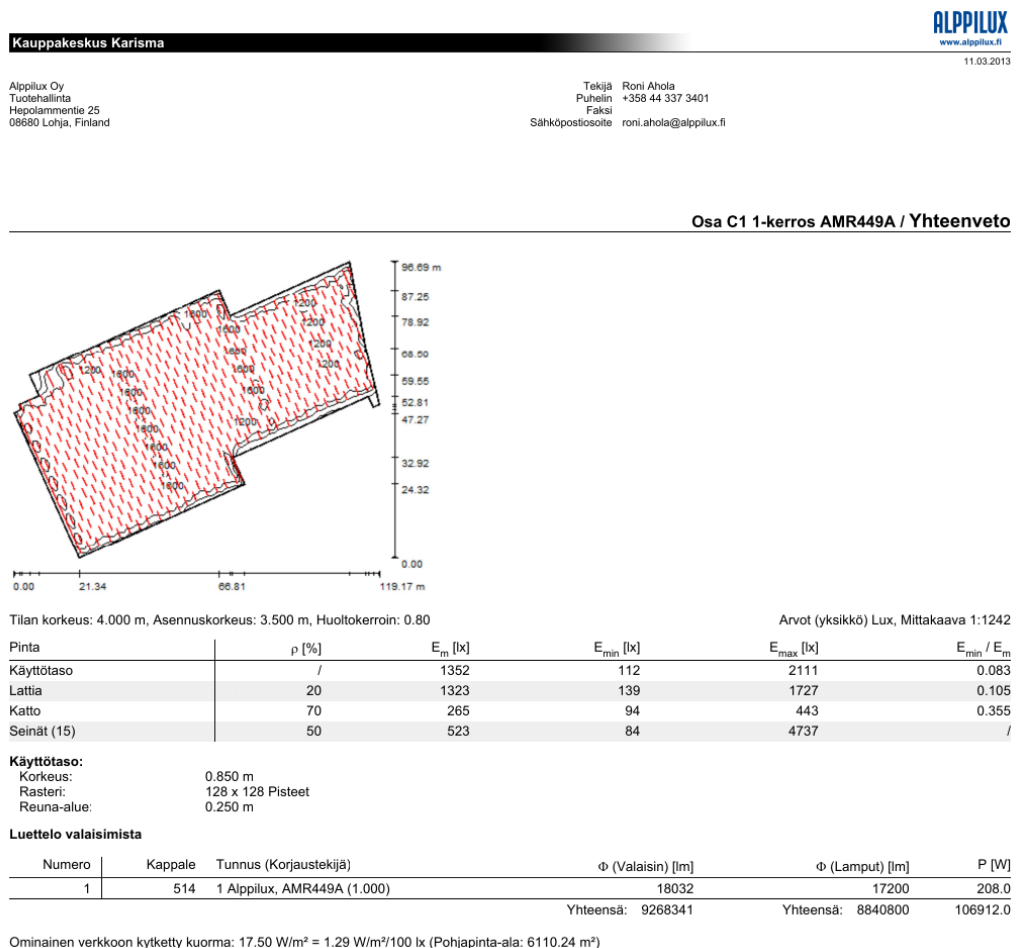
Kauppakeskus Karisma sijaitsee Lahdessa. Ostoskeskus avasi ovensa kuluttajille marraskuussa 2011. Kauppakeskuksessa on yli 70 erilaista liiketilaa. [30]

Kohteen sähkösuunnitelmista vastasi Granlund Lahti Oy. Kohteen elinkaarikustannuslaskelmat toteutettiin 1-kerroksen osan C1-liiketilalle. Liiketilassa on käytetty Alppilux Oy:n AMR449A-ramppivalaisinta, joita on tilassa yhteensä 514 kpl.

### 8.1.1 Elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot

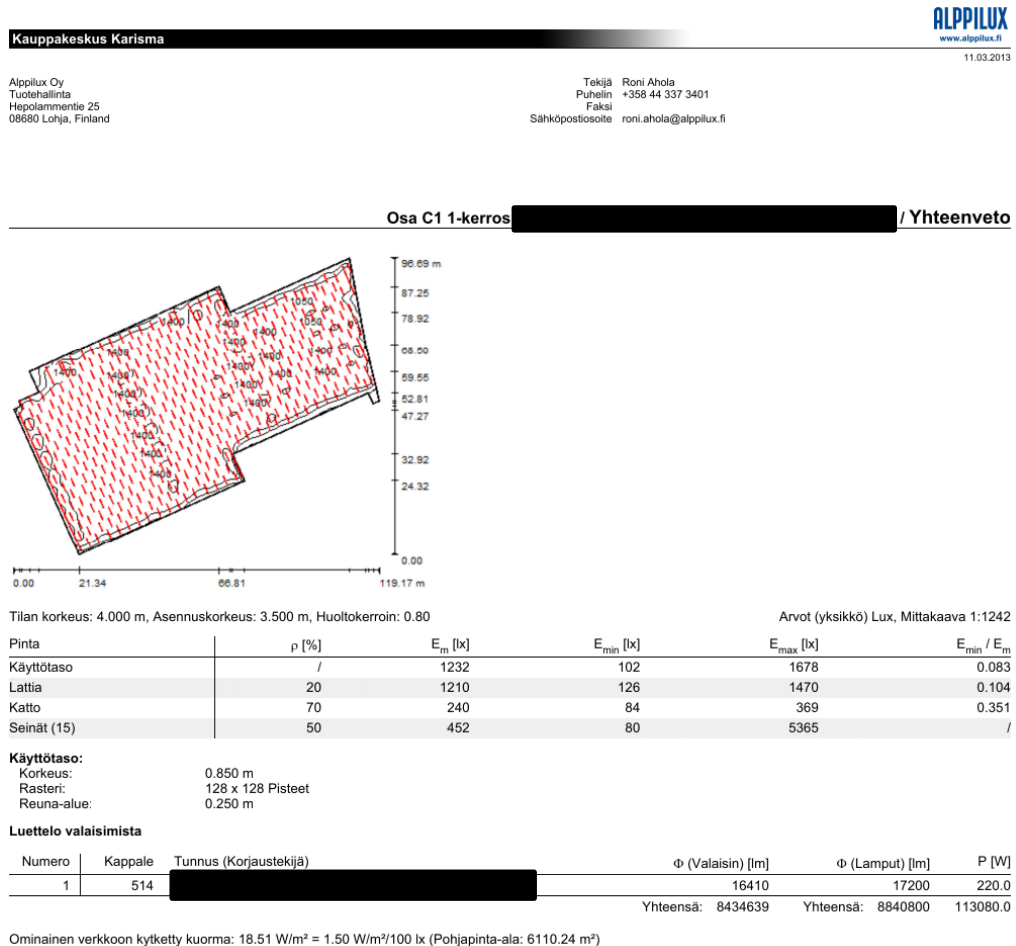
Insinööriyön elinkaarikustannusten laskennassa on käytetty samaa menetelmää jokaisessa esimerkkikohteessa. Kauppakeskus Karisman osalta esitetään elinkaarikustannustenlaskentamenetelmä yksityiskohtaisesti.

Laskettavaksi alueeksi määriteltiin 1. kerroksen osan C1-liiketila, jonka sähkösuunnitelman pohjalta sijoiteltiin valaisimet DIALux-valaistuslaskentaohjelmaan vastaamaan sähkösuunnitelmia kuvien 4 ja 5 mukaisesti (liite 3).



Kuva 4. DIALux-valaistuslaskenta Kauppakeskus, Karisma, Alppilux Oy AMR449A T5

Liiketilän valaistus on toteutettu Alppilux Oy:n AMR449A T5 ramppivalaisimilla (kuva 4). Elinkaarikustannusta vertailun toteuttamiseksi tuli insinööryöhön löytää Suomen markkinoilta kilpailevan valaisinvalmistajan ramppivalaisin T5-valonlähteellä, jotta voitaisiin tehdä valaistuksen elinkaarikustannusten vertailua. Kilpailijan 1 T5 DIALux-valaistuslaskelmat on esitetty kuvassa 5 (liite 3).



Kuva 5. DIALux-valaistuslaskenta, Kauppa-keskus, Karisma Kilpailija 1 T5

Valaisimien sijoittelua ja lukumäärää ei muutettu kilpailevan valaisimen osalta. Taulukossa 10 on esitetty valaisimien välinen vertailu.

Taulukko 10. Kauppakeskus Karisma, DIALux-valaistuslaskenta, vertailu

Valaisin	Valonlähde	Lukumäärä (kpl)	$E_m$ (lx)	$E_m$ (lx) suhde	Lukumäärän vastaavuus (kpl)
AMR449A	4 x 49 W	514	1352	1,00	514
Kilpailija 1 T5	4 x 49 W	514	1232	1,10	564

Taulukossa 10 on esitetty toteutetun valaistuksen ja kilpailijan valaisimen välinen vertailu. Taulukossa 10 on optimoitu kilpailijan DIALux-valaistuslaskenta vastaamaan lukumäärällisesti toteutetun valaistusratkaisun keskimääräistä valaistusvoimakkuutta  $E_m$ .

Kuvassa 6 on esitetty Kauppakeskus Karisman valaistuksen elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot.

Rakennuksen käyttöiän oletettiin olevan 12 vuotta, mikä perustuu valaistuksen osalta oletettuun liiketilan käyttöikänsä. Liiketilän vuokraajan vuokrasuhteen päättyessä valaistus voidaan uusida tai se voi pysyä nykyisellään. Oletetussa käyttöiässä voi tapahtua virhettä, jos käyttöikä lasketaan rakennuksen käyttöiän mukaan, koska se on yleisesti ottaen moninkertainen valaistuksen oletettuun käyttöikänsä. Valaistuksen oletetun käyttöiän tulisi olla alle 10 vuotta, koska tällöin virhemarginaali laskennassa pienenee. Elinkaarikustannusten vertailussa käytettiin 12 vuotta, koska haluttiin osoittaa laskelmissa valaistuksen huollon vaikutus elinkaarikustannuksiin.

Rakennuksen pinta-ala saadaan DIALux-valaistuslaskelmien yhteenvedoista, jotka on esitetty kuvissa 4 ja 5.

Laskentakorkona käytettiin 4 %:a, joka on kauppalehden ilmoittama sijoitetulle pääomalle välttävä korkoprosentti [32]. Korkoprosentin tarkempi määrittely tulee enimmässä määrässä esille, kun lasketaan olemassa olevalla valaistuksella mahdollisia uusimiskustannuksia ja takaisinmaksuaikaa. Tämänkaltaisessa laskennassa laskentakorkona tulisi käyttää > 3 % heikkoa, 4–6 % välttävää, 6–10 % tyydyttävää ja 10–15 % hyvää tuotto prosenttia [32]. Laskelman tekijän tehtäväksi jää pohtia kannattavuus ja tuotto prosentti kyseiselle valaistukseninvestoinnille. Yleisesti investoinnin kannattavuuden takaisinmaksuaikana pidetään viittä vuotta [33]. Uuden valaistuksen investoinnin ja nykyisen valaistuksen välisessä elinkaarikustannusten vertailussa on huomioitava tarve investoinnille, nykyisen valaistuksen toimivuuden ja oletetun eliniän osalta. Esimerkilaskel-

missa on laskelmat laskettu uusina investointeina ja niitä ei ole verrattu olemassa olevaan valaistukseen.

Elinkaarikustannusten laskennan kohde on kauppakeskus, joten päivänvalon ja läsnäolo-ohjauksen hyödyntäminen valaistuksessa on käytännössä mahdotonta, ja siten niitä ei ole huomioitu laskelmissa. LENI-luvun laskennassa on huomioitu pikalaskentamenetelmän valaistuksen lepokulutuksen ja turvavalaisituksen vuotuinen energiankulutus 6 kWh/m<sup>2</sup> [30, s. 34].

Tekijä	Roni Ahola		
Nimitys	Karisma kauppakeskus Osa C1 1. kerros		
Päivämäärä	6.4.2013		
Rakennustyyppi:	Tukku- ja vähittäiskauppa (liiketila)		

Valaistusratkaisun tekninen elinikäodotus	a	12	Ohjeistus
Rakennuksen pinta-ala	m <sup>2</sup>	6110	
Laskentakorko	%	4	
Sähköhinta	c	12	
Sähkösäätömaksu	€/kk	0	
<b>Valaisimet, valonlähteet ja ohjaus</b>			
Valaisimen nimitys		Alpikus Oy AMM49	Käpälä 1 TS
Valaisimen lisätiedot (Snro, kuvaus, tms.)			
Päivänvalo hyväksi käytävä kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E
Läsnäolo-ohjaus kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E
LENI-luvussa turvavalaisituksen 6 kWh/m <sup>2</sup> mukana	K / E	K	K
Valaisimien lukumäärä	kpl	514	564
Valaisimien yksikköhinta	€/kpl	310,50 €	236,00 €
Valaisimen ottoteho	W	210	220
Valaisimen valonlähde (perinteinen, LED, LED putki)		Perinteinen	Perinteinen
Valaisimen yksikköhinta sisältää valonlähteet kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E
Valonlähteen tarkemmat tiedot (Snro, tyyppi, tms.)			
Valonlähteiden lukumäärä / valaisin	kpl	4	4
Valonlähteiden lukumäärä / yhteensä	kpl	2056	2256
Valonlähteen yksikköhinta	€/kpl	10,50 €	10,50 €
Valonlähteen hyötysuhde tai led-valaisimen elinikä	h	19000	19000
<b>Valaisimien ja valonlähteiden huoltotarve</b>			
Valaisimen / valonlähteen laskennallinen vaihtokustannus	EUR	10,50 €	10,50 €
Valitse ryhmävaihdossa [R] tai yksittäisvaihdossa [Y]	R / Y	R	R
Muut valaisimien / valonlähteiden vaihdosta aiheutuvat kustannukset	EUR	0 €	0 €
<b>Asennus</b>			
Arvio kustannuksesta per valaisin	€	20,0 €	20,0 €
TAI			
Arvio kokonaiskustannuksista	€		
Muut investointikustannukset	€	0 €	0 €

Kuva 6. Kauppakeskus Karisman elinkaarikustannuslaskennan lähtötiedot (liite 3)

Valaisimien lukumäärät saadaan taulukosta 10. Yhdessä valaisimessa on valonlähteitä neljä kappaletta (AMR449A,  $514 \times 4 = 2056$  valonlähdettä) ja (Kilpailija 1 T5,  $564 \times 4 = 2256$  valonlähdettä). Yhden valonlähteen teho on 49 W, tämä ei ole kuitenkaan valaisimen ottoteho. Valaisimen liitäntälaitteessa tapahtuu tehohäviöitä, mikä tulee huomioida laskennassa. Alppilux Oy:n AMR449A-valaisimen ottoteho saadaan kuvasta 4 ja vastaavasti Kilpailija 1 T5:n ottoteho kuvasta 5. Valaisimien ja valonlähteiden hinnat on suomalaisten sähkö- ja teletarvikkeiden tukkuliikkeiden ilmoittamia arvoisäverottomia hintoja. Valonlähteenä on käytetty laskennassa kummankin valaisimen osalta T5-loistelamppua 49W/830, ja valonlähteen hyötypolttoikä on valonlähteen valmistajan ilmoittama. Valonlähteiden vaihto suoritetaan ryhmävaihtona liiketilan ollessa kiinni.

Alppilux Oy:n AMR449A-valaisimien välinen kaapelointi saadaan DIALux-valaistuslaskelmasta mitattua ja Kilpailija 1 T5 -valaisimien välinen kaapelointi on  $(514/564) \times 4 = 3,6$  m. Valaisimien kytkennät on arvioitu urakkalaskentaesimerkkien 2012 mukaisesti. Kytkennässä on huomioitu valaisimen paino, asennuskorkeus ja ryhmäjohtojen jatkaminen [29]. Laskennassa on käytetty kaapelina MMJ 5 x 2,5 S, ja kaapelin hinta on suomalaisten sähkö- ja teletarvikkeiden tukkuliikkeiden ilmoittama arvoisäveroton hinta.

### 8.1.2 Elinkaarikustannuslaskennan tulokset ja yhteenveto

Kuvissa 7, 8 ja 9 on esitetty kauppakeskus Karisman valaistuksen elinkaarikustannuslaskennan tulokset toteutetun valaistuksen ja vertailuvalaistuksen osalta (liite 3).

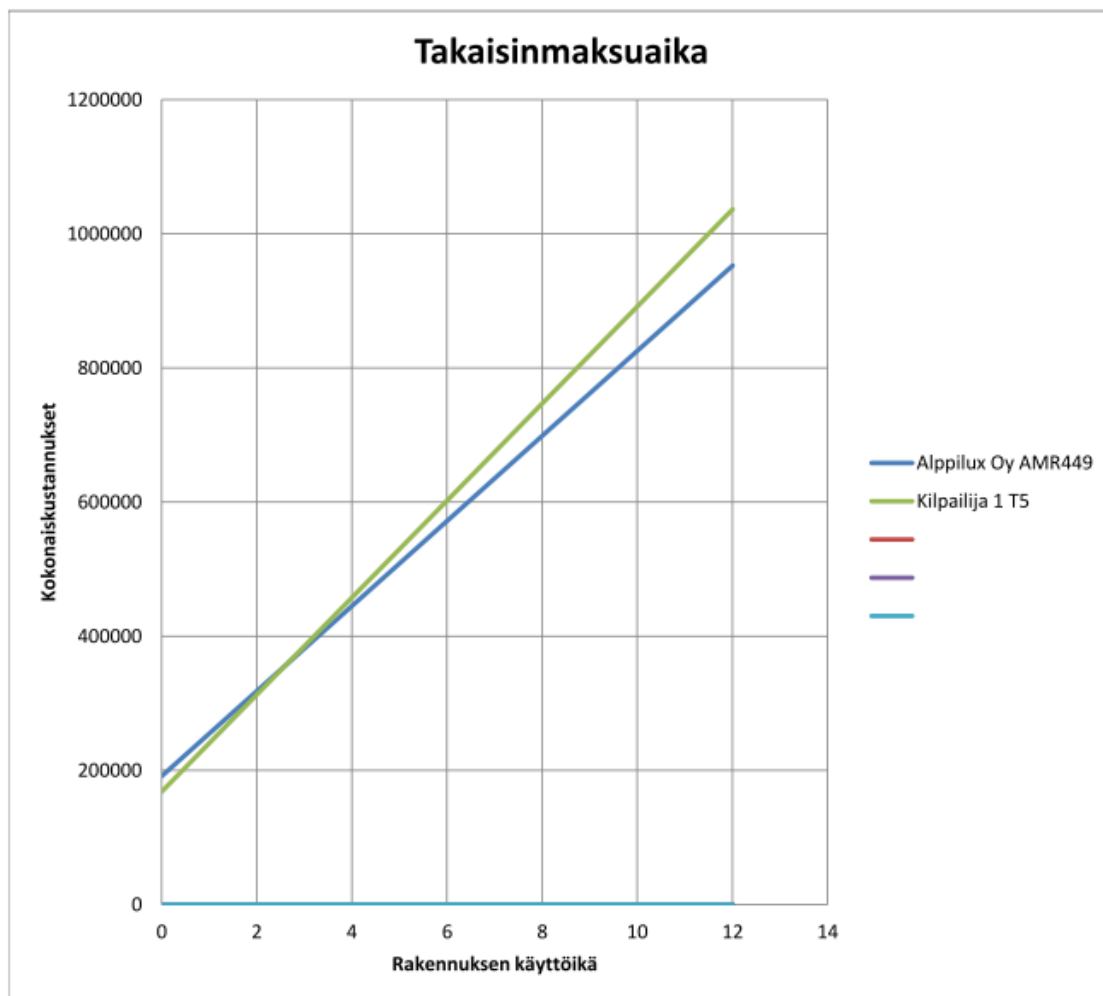
Kuvassa 7 on esitetty elinkaarikustannuslaskennan tulokset numeerisesti. Elinkaarikustannusten laskennassa on käytetty kappaleessa 6 esitettyjä kaavoja. Kaavat on syötetty excel-tilukkolaskentaohjelmaan. Taulukkolaskentaohjelma laskee automaattisesti tulokset lähtöarvojen mukaan.

Tekijä	Roni Ahola
Nimitys	Karisma kauppakeskus Osa C1 1. kerros
Päivämäärä	6.4.2013
Rakennustyyppi:	Tukku- ja vähittäiskauppa (liiketila)

Valaistusratkaisun tekninen elinikäodotus	a	12	Ohjeistus
Rakennuksen pinta-ala	m <sup>2</sup>	6110	
Laskentakorko	%	4	
Sähkönhinta	c	12	
Sähkönsiirtomaksu	€ / kk	0	
<b>Valaisimet, valonlähteet ja ohjaus</b>			
Valaisimen nimitys		Alppilux Oy AMR449	Kilpailija 1 T5
<b>Kustannukset yhteensä</b>			
Investointikustannukset	€	191 475 €	168 054 €
Valaisinkustannukset	€	159 597 €	133 104 €
Valonlähdekustannukset	€	21 588 €	23 688 €
Asennuskustannukset yhteensä	€	10 290 €	11 262 €
Energiakustannuksien nykyarvo	€ / käyttöikä	630 669 €	724 971 €
Valaistuksen energiankulutus vuodessa	kWh / a	539 700	620 400
Energiakustannukset	€/a	64 764 €	74 448 €
Huolto- ja valonlähdekustannuksien nykyarvo	€ / käyttöikä	65 429 €	71 791 €
Kokonaiskustannukset yhteensä	€ / käyttöikä	887 573 €	964 816 €
<b>LENI ja valaistuksen osuus E- luvusta</b>			
Viitteellinen LENI-luku		94	108
Viitteellinen valaistuksen prosentti osuus E-luvusta	%	63 %	72 %

Kuva 7. Kauppakeskus Karisman elinkaarikustannuslaskennan tulokset (liite 3)

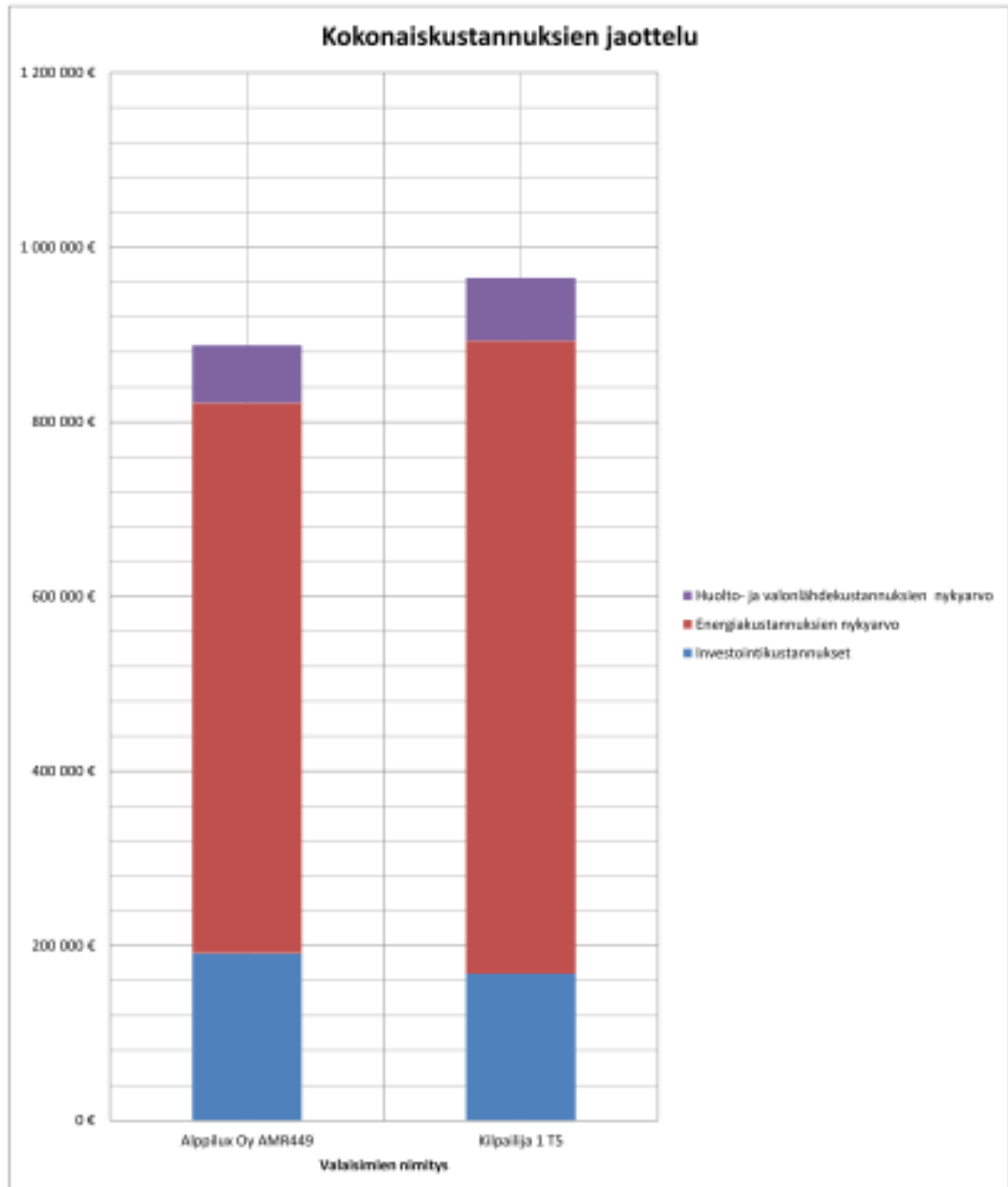
Alppilux Oy:n AMR449A-valaisimen investointikustannukset ovat suuremmat kuin Kilpailija 1 T5 -valaisimen. Vastaavasti Alppilux Oy:n AMR449A-valaisimen energiakustannukset ja huoltokustannukset ovat pienemmät kuin Kilpailija 1 T5 -valaisimen. Energiakustannukset ovat pienemmät Alppilux Oy:n AMR449A-valaisimessa, koska valaisimia tarvitaan tilaan vähemmän ja valaisin on energiatehokkaampi kuin Kilpailija 1 T5 -valaisin. Huollosta aiheutuvat kustannukset ovat pienemmät Alppilux Oy:n AMR449A-valaisimessa, koska valaisimia on tilassa vähemmän kuin Kilpailija 1 T5 -valaisimia.



Kuva 8. Kauppakeskus Karisma, takaisinmaksuaika (liite 3)

Kuvassa 8 on esitetty takaisinmaksuaika graafisesti. Kuvasta 8 nähdään toteutetun valaistuksen olevan elinkaarikustannuksiltaan edullisempi kuin vertailukohteena olevan valaisimen. Toteutettu valaisin on investointikustannuksiltaan vertailuvalaisinta kalliimpi vaihtoehto, mutta investoinnin takaisinmaksuaika on erittäin lyhyt, noin 2,5 vuotta. Elin-kaarikustannukset jäävät vertailuvalaisinta pienemmiksi säästettyjen energiakustannus-ten johdosta.

Kuvassa 9 on esitetty kokonaiskustannuksien jaottelu graafisesti. Kuvasta 9 nähdään kohteen valaistuksen elinkaarenkustannuksista suurimman osan kertyvän valaistuksen käytönaikana. Investointikustannukset tämän kokoisessa kohteessa ovat hyvin pienet verrattuna käytön aikaisiin kustannuksiin.



Kuva 9. Kauppakeskus Karisma, kokonaiskustannuksien jaottelu (liite 3)

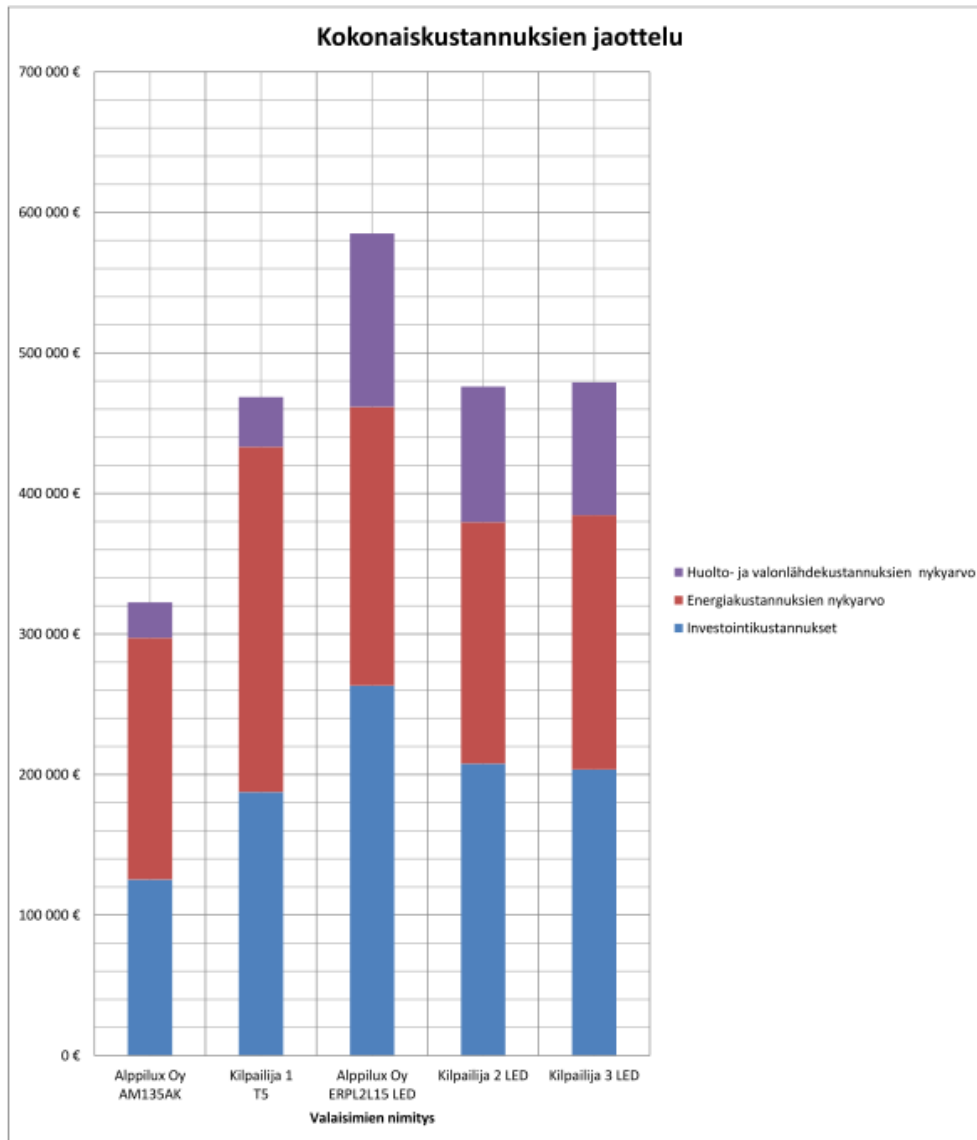
Kohteen elinkaarilaskelman tulokset kokonaisuudessa on esitetty liitteessä 3.

Kauppakeskus Karisman osan C1 liiketilaan toteutettu valaistus on vertailuvalaisinta kannattavampi vaihtoehto. Tämän kokoisessa liiketilassa on kannattavaa käyttää ramppivalaisinta, koska lukumäärällisesti valaisimia tulee tilaan vähemmän verrattuna tavalliseen 2x49 W:n T5 -valaisimeen ja valaisimien asennuskustannukset on tämän johdosta pienemmät. Valaistusripustuskiskojen asennusväli on pidempi ja lukumäärällisesti valaistusripustuskiskoja tulee tilaan vähemmän, mikä säästää asennus- ja investointikustannuksia. Ramppivalaisimia voidaan myös johdotuksen ja valaistusripustuskiskojen sallimissa määrin muunnella tilan tarpeen mukaan, pienellä työllä ilman valaisimien purkua. Tällä tavoin voidaan saavuttaa valaistukselle pidempi elinikä, vaikka tilan käyttötarkoitus muuttuisikin.

## 8.2 K-citymarket Länsikeskus, pysäköintihalli

K-citymarket Länsikeskus sijaitsee Turussa, ja se on saneerattu vuonna 2011. K-citymarket Länsikeskus on kooltaan 20 000 m<sup>2</sup>. [34]

Kohteen elinkaarilaskelmat tehtiin kellarikerroksen parkkihalleille KB1, KB2, KC1 ja KC2. Kohteen sähkösuunnitelmista on vastannut insinööritoimisto Pasi Sainio Oy. Parkkihallien valaistus on toteutettu Alppilux Oy:n AM135AK-valaisimilla, joita on tilassa 665 kpl. Kuvassa 10 on esitetty toteutetun valaisimien ja vertailuvalaisimien takaisinmaksuaika. (Liite 4.)



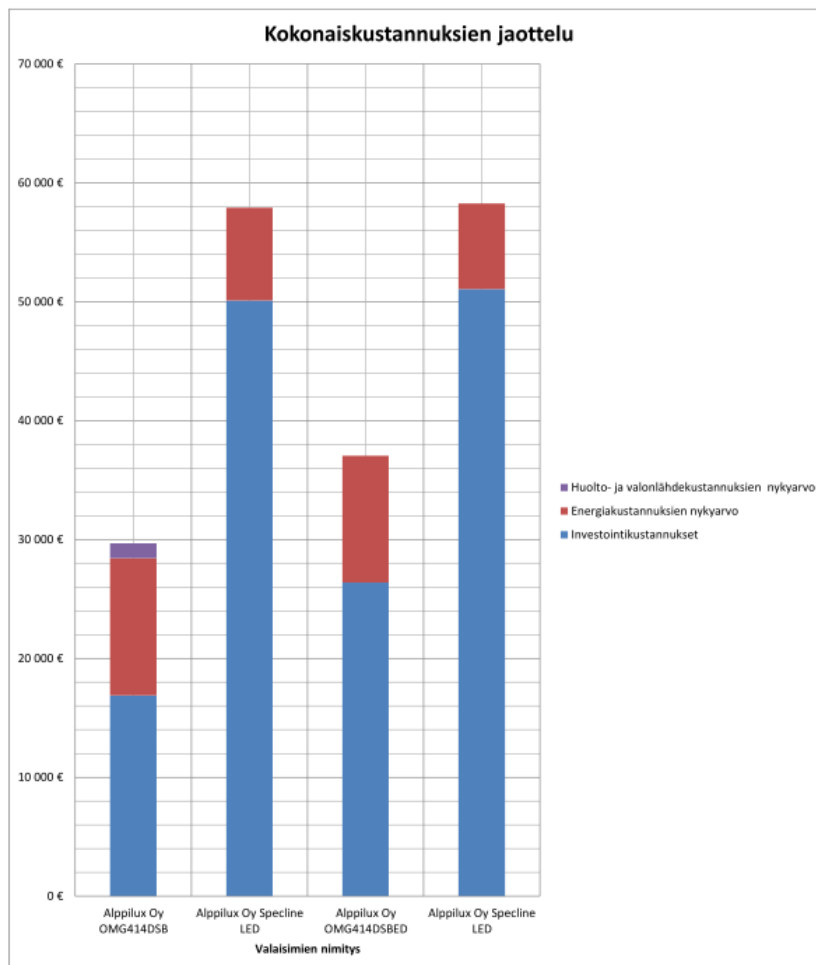
Kuva 10. KCM Turku Länsikeskus, kellarikerros, parkkihalli KB1, KB2, KC1, KC2. Takaisinmaksuaika. (Liite 4.)

Kohteen tarkemmat elinkaarilaskelman tulokset on esitetty liitteessä 4. Kuvasta 10 nähdään toteutetun valaistuksen elinkaarikustannuksien olevan pienemmät kuin vertailuvalaisimiin. Led-valaisimien investointikustannukset ovat tällä hetkellä vielä todella suuret verrattaessa tavanomaisia valonlähteitä käyttäviin valaisimiin. Led-valaisimen energiatehokkuus ei ole vielä sellaista luokkaa, että tehdyllä investoinnilla saavutettaisiin kannattava takaisinmaksuaika. (Liite 4.)

### 8.3 Kiinteistö Oy Tampereen Ratinankaari

Kiinteistö Oy Tampereen Ratinankaari on rakenteilla oleva toimisto- ja liiketalo, joka valmistuu kesäkuussa 2013. Toimisto- ja liiketilalla on pinta-alaa yhteensä 12 000 m<sup>2</sup>. [35]

Kohteen elinkaarikustannuslaskelmat toteutettiin A-talon talon 4. kerroksen keskialueen avotoimistoalueelle, ympäröiville käytävillä sekä muille tiloille, joissa on käytetty elinkaarikustannuslaskennassa käytettyä valaisinta. Kohteen sähkösuunnitelmista vastaa AIRIX talotekniikka Oy. Tarkasteltavan alueen valaistus on suunniteltu toteutettavaksi Alppilux Oy:n OMG414DSB-valaisimella, joita on tilassa 82 kpl. Kuvassa 11 on esitetty Kiinteistö Oy Tampereen Ratinankaaren valaistuksen elinkaarilaskelman kokonaiskustannusten jaottelu toteutetun valaistuksen ja vertailuvalaistuksen osalta. (Liite 5.)



Kuva 11. Kuva 11. Kiinteistö Oy Tampereen Ratinankaaren kokonaiskustannuksien jaottelu (liite 5).

Kohteen tarkemmat elinkaarilaskelman tulokset on esitetty liitteessä 5. Kuvasta 11 nähdään toteutetun valaistuksen elinkaarikustannuksien olevan pienemmät kuin vertailuväläisimien. Kohteen elinkaarikustannuksien laskennassa on verrattu myös päivänvalo- ja läsnäolo-ohjauksen vaikutusta standardin SFS-EN 15193 mukaisilla kertoimilla. Alpilux Oy:n Omega-valaisimien vertailussa huomataan, ettei ohjauksilla saavutettava energiakustannusten säästö pysty maksamaan investointikustannuksia takaisin järkeväällä takaisinmaksuajalla. Led-valaisimien investointikustannukset ovat tällä hetkellä vielä todella suuret verrattaessa tavanomaisia valonlähteitä käyttäviin valaisimiin. Alpilux Oy:n Specline LED-valaisimen takaisinmaksuaika on kohteessa noin 23 vuotta.

## 9 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli luoda sisävalaistuksen elinkaarilaskentatyökalu Alpilux Oy:n käyttöön. Elinkaarikustannusten laskentaohjelman toteutukselle vaadittavien osalueiden huomioiminen onnistuttiin kokoamaan insinööriyöhön ja niiden pohjalta pystyttiin toteuttamaan elinkaarikustannusten taulukkolaskentaohjelma.

Valaistukseen vaikuttavien osa-alueiden huomioiminen tehtiin insinööriyön rajoitusten mukaan. Valaistukseen energiatehokkuuteen ja elinkaarikustannuksiin vaikuttavat vielä monet muut tekijät, mutta insinööriyön laajuuden ja tarkoituksen mukaan saatiin insinööriyöhön koottua kattava johdanto vaikuttavista tekijöistä.

Elinkaarikustannusten laskentaohjelma toteutettiin siten, että se perustuu standardiin SFS EN 15193 ilmoittamiin päivänvalo- ja läsnäolokertoimiin. Kertoimet ovat huomattavasti pienempiä verrattuna ohjaus- ja säätöjärjestelmien komponenttien valmistajien ilmoittamiin energiasäästöodotuksiin. Tästä johtuen elinkaarilaskelmassa olleen kohteen ohjaus- ja säätöjärjestelmällä toteutetun valaistuksen takaisinmaksuaika on pidempi kuin ilman säätö- ja ohjausjärjestelmää toteutetun valaistusratkaisun. Mahdollisella energiasäästöllä saavutettava elinkaarikustannuksien vähentymisen odotus on pienempi kuin yleisen käsityksen mukaan saavutettava energiansäästö käytettäessä säätö- ja ohjausjärjestelmää valaistusasennuksessa.

Tarkoituksen mukaisella valaistussuunnittelulla, valaisin- ja valonlähdevalinnoilla, ohjaus- ja säätöjärjestelmillä, asennus ja huoltosuunnitelmilla sekä huomioimalla kohteen

käyttötarkoitus voidaan aikaan saada valaistuksen elinkaarikustannuksissa säästöjä aikaiseksi valaistuksen elinkaaren aikana.

Valaistuksen elinkaarikustannuksien koostuessa monesta eri osa-alueesta tulee niihin vaikuttavat tekijät huomioida valaistussuunnittelun alkuvaiheessa, jotta voitaisiin säästää mahdollisia säästöjä. Rakennuttamisvaiheessa valaistuksen elinkaarikustannuksien näkyvin osa-alue on investointikustannukset, tämä voi osaltaan vaikeuttaa optimaalisimman valaistuksen löytämistä rakennuskohteeseen.

Valaistuksen elinkaarikustannusten suuntaus mahdollisesti muuttuu tulevien vuosien aikana kustannustehokkaammaksi led-tekniikan kehittyessä ja investointikustannusten tullessa lähemmäksi perinteisiä valolähteillä varustettujen valaisimien investointikustannuksia.

Insinööriyön tarkoituksena olleen valaistuksen elinkaarikustannusten taulukkolaskentaohjelmasta saatiin toteutettua ensimmäinen versio ja se luovutettiin työn tilaajalle. Elinkaarikustannusten laskentaohjelma tulee mahdollisesti muuttumaan käytössä saatujen kommenttien pohjalta.

## Lähteet

- 1 Alppilux Oy yritysesittely. 2013.
- 2 Koistinen, Antti. 2012. Energian kokonaiskulutus laski 5 prosenttia vuonna 2011. Verkkodokumentti. Tilastokeskus <[http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2011/04/ehk\\_2011\\_04\\_2012-03-22\\_tie\\_001\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2011/04/ehk_2011_04_2012-03-22_tie_001_fi.html)> Luettu 20.1.2013
- 3 Sähkönkulutusennuste herättää taas intohimoja. 2013. Verkkodokumentti. Yle uutiset <[http://yle.fi/uutiset/sahkonkulutusennuste\\_herattaa\\_tas\\_intohimoja/6460934](http://yle.fi/uutiset/sahkonkulutusennuste_herattaa_tas_intohimoja/6460934)> Luettu 22.1.2013
- 4 Kallasjoki, Tapio. 2011. Energiatehokas valaistus. Verkkodokumentti. B2B Renewable Energies -verkofoorumi <[http://www.renewablesb2b.com/data/ahk\\_finland/publications/files/Kallasjoki.pdf](http://www.renewablesb2b.com/data/ahk_finland/publications/files/Kallasjoki.pdf)> Luettu 18.1.2013
- 5 Ehdotus EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI energiatehokkuudesta ja direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EY kumoamisesta /\* KOM/2011/0370 lopullinen - 2011/0172 (COD) \*/. 2011. Verkkodokumentti. Eur-Lex <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0370:FIN:FI:HTML>> Luettu 8.3.2013
- 6 Valonlähteiden ominaisuudet. 2009. ST-kortisto: ST 58.08. Espoo 15.11.2009
- 7 SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2010. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 8 Hiltunen, Reetta. 2010. Yliopistovalaisuksen energiatehokkuuden optimointi lamppuvalinnoilla. Kandidaattityö. Lappeenranta: Lappeenrannan yliopisto teknillinen tiedekunta ympäristötekniikan osasto BH10A0300.
- 9 Valaistushankintojen energiatehokkuus –taustaraportti, versio 4.0. Suomen Valoteknillinen Seura ry. Toukokuu 2008. Verkkodokumentti. <[http://www.valosto.com/tiedostot/SVS\\_Valaistushankintojen\\_energiatehokkuus\\_V4.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf)> Luettu 20.12.2012
- 10 Nuutinen, Tom. 2010. Tapiola pääkonttori 2 – valaistusten ohjaustapojen vaikutus energiansäästöön. Insinöörityo. Espoo: Metropolia ammattikorkeakoulu.

- 11 Valonlähteet ominaisuudet ja yhteenveto. 2012. Verkkodokumentti. Fagerhult <[http://www.fagerhult.fi/indoor/planering/technical-info/pdf/Valonlahteet\\_12.pdf](http://www.fagerhult.fi/indoor/planering/technical-info/pdf/Valonlahteet_12.pdf)> Luettu 12.11.2012
- 12 Tähkämö, Leena. 2010. Valaistuksen elinkaarikustannukset. Espoo: Sähköala 8/2010
- 13 Hiltunen, Risto. 2012. Arvostettu suunnittelu luo laatua: Helsinki: Plaani 1 2012 rakennuttaminen pääkirjoitus
- 14 Tetri, Eino & Hyvärinen, Mikko. 2011. S-118.2101 Valaistustekniikka ja sähköturvallisuus III/2011–2012. Espoo: Aalto yliopisto
- 15 LED-valaistusjärjestelmät. 2008. ST-kortisto: ST 57.52. Espoo 15.5.2008
- 16 Männistö, Arto. 2011. Valon värin ja värilämpötilan säätö ja niiden vaikutus ihmiseen. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. <[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27990/Mannisto\\_Arto.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27990/Mannisto_Arto.pdf?sequence=1)> Luettu 14.3.2013
- 17 Valonsäätömahdollisuudet. 2012. Verkkodokumentti. Fagerhult <[http://www.fagerhult.fi/indoor/planering/technical-info/pdf/Valonsaato\\_12.pdf](http://www.fagerhult.fi/indoor/planering/technical-info/pdf/Valonsaato_12.pdf)> Luettu 12.12.2012
- 18 Blom, Kristoffer. 2012. Valaistuksen energiatehokkuus ja energiatehokkaat ohjausjärjestelmät. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.
- 19 Valaisinluettelo. 2012. Alppilux Oy valaisinluettelo 08/2011. Lohja
- 20 Martikainen, Jorma. tuotekehityspäällikkö. Alppilux Oy. Haastattelu 10.1.2013
- 21 IDim – vaivatonta energiansäästöä. 2011. Verkkodokumentti. Helvar Oy Ab <[http://www.helvar.com/sites/default/files/iDim\\_FI\\_ver3\\_web.pdf](http://www.helvar.com/sites/default/files/iDim_FI_ver3_web.pdf)> Luettu 8.1.2013
- 22 Valaistuksen ohjaus. 2004. ST-kortisto: ST 58.32. Espoo 15.9.2004
- 23 Anttila, Toni. tuotepäällikkö. Alppilux Oy. Haastattelu 12.12.2012
- 24 Alppiluxled. 2012. Alppilux Oy Alppiluxled syksy 2012. Lohja
- 25 Nurmi, Tapani. 2012. Valaistustekniikka. Verkkodokumentti. Leena Korpinen <[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/13valaistustekniikka.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/13valaistustekniikka.pdf)> Luettu 18.12.2012

- 26 Varsila, Markku. 2012. Valaistuksen huolto – onko sitä? Helsinki: Suomen Valoteknillinen Seura ry valo 1/2012
- 27 Ahonen, Veikko & Kasurinen, Esko & Timonen, Tapani. 1996. Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto. Sähköinfo 31.12.1996
- 28 Rakennusten energiatehokkuusmääräykset ja ohjeet. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö
- 29 Urakkalaskentaesimerkit. 2012. Sähköistysalan työehtosopimus 2012 -2014. Espoo: STTA / sähköliitto lokakuu 2012
- 30 SFS-EN 15193. Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus. 2008. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto
- 31 Kauppakeskus Karisma. 2011. Verkkodokumentti. Kauppakeskus Karisma info <<http://www.kauppakeskuskarisma.fi/fi/info>> Luettu 10.3.2013
- 32 Sijoitetun pääoman tuotto-% (ROI). 2011. Verkkodokumentti. Kauppalehti <<http://www.kauppalehti.fi/balance/ohjeet/sijoitetun+paaoman+tuotto-%25+roi/20110261955>> Luettu 19.3.2013
- 33 Tulus, Sami. toimitusjohtaja. Alppilux Oy. Haastattelu 10.3.2013
- 34 K-citymarket Länsikeskus. 2011. Verkkodokumentti. K-citymarket Länsikeskus Kesko <<http://www.kesko.fi/fi/Media/Tiedotteet/Aluetiedotteet/Lounais-Suomi/2011/Taysin-uudistettu-KCM-Lansikeskus-viettaa-avajaisiaan-/>> Luettu 10.3.2013
- 35 Kiinteistö Oy Tampereen Ratinankaari. 2013. Verkkodokumentti. <[http://www3.yit.fi/yit\\_fi/toimitilat/toimitilahaku/Ratinankaaria0H20000000j6EIEAlfi](http://www3.yit.fi/yit_fi/toimitilat/toimitilahaku/Ratinankaaria0H20000000j6EIEAlfi)> Luettu 10.1.2013

## Liite 1. DIALux-valaistuslaskelma, varastohalli

### Varastohalli

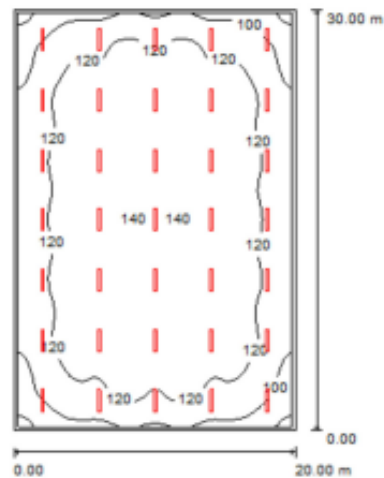
**ALPPILUX**  
www.alppilux.fi

21.11.2012

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alppilux.fi

### IG 44 - 100 lx / Yhteenveto



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	121	75	141	0.616
Lattia	20	114	61	134	0.541
Katto	70	32	24	56	0.766
Seinät (4)	50	84	46	130	/

#### Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 64 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

#### UGR

Pitkittäin-  
Vasen seinä 21  
Alempi seinä 22  
(CIE, SHR = 0.25.)

#### Poikittain

20  
20

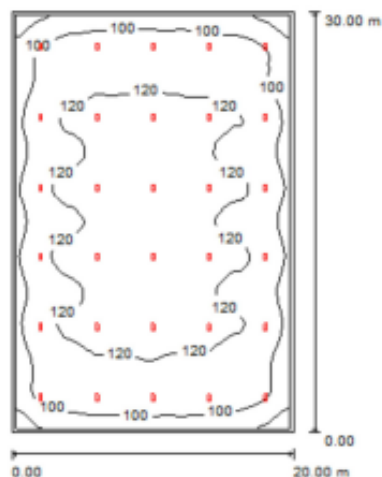
#### Valaisimen keskiviivaan

#### Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	35	Type IG44-158/K (1.000)	3635	5200	67.0
			Yhteensä: 127242	Yhteensä: 182000	2345.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $3.91 \text{ W/m}^2 = 3.23 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Monix LED - 100 lx / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	114	67	133	0.587
Lattia	20	107	59	126	0.550
Katto	70	27	21	152	0.748
Seinät (4)	50	70	30	124	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	30	Alpilux Oy MonixLED 4500lm laajasäteilevä (1.000)	3812	3813	55.0
			Yhteensä: 114373	Yhteensä: 114390	1650.0

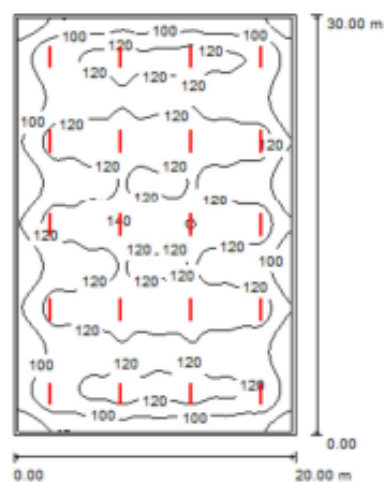
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.75 \text{ W/m}^2 = 2.42 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli**

Hepolammentie 25, 09690 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alppilux.fi

**Monix T5 - 100 lx / Yhteenveto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	114	62	141	0.547
Lattia	20	107	54	130	0.508
Katto	70	28	17	165	0.621
Seinät (4)	50	61	27	95	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	20	1 Alppilux, AM235AK (1.000)	6298	6600	70.0
			Yhteensä: 125960	Yhteensä: 132000	1400.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.33 \text{ W/m}^2 = 2.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

## Liite 2. DIALux-valaistuslaskelma, varastohallin tilan likaisuus

**ALPPILUX**  
www.alppilux.fi

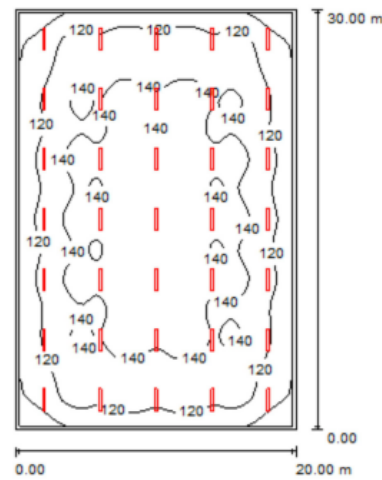
21.11.2012

### Varastohalli tilan likaisuus

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alppilux.fi

### IG 44 - 100 lx - erittäin puhdas tila / Yhteenveto



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	131	83	152	0.636
Lattia	20	123	75	146	0.611
Katto	70	34	26	58	0.762
Seinät (4)	50	91	58	141	/

Käyttötaso:	Korkeus:	0.850 m	UGR	Pitkittäin-	Poikittain	Valaisimen keskiviivaan
Rasteri:	64 x 64 Pisteet		Vasen seinä	21	20	
Reuna-alue:	0.250 m		Alempi seinä	22	20	
			(CIE, SHR = 0.25.)			

#### Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	35	Type IG44-158/K (1.000)	3635	5200	67.0
			Yhteensä: 127242	Yhteensä: 182000	2345.0

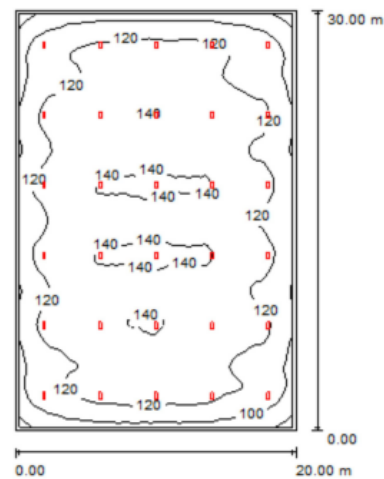
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $3.91 \text{ W/m}^2 = 2.99 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan likaisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpifix.fi

**Monix LED - 100 lx - erittäin puhdas tila / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	123	71	144	0.582
Lattia	20	116	70	137	0.600
Katto	70	29	24	165	0.816
Seinät (4)	50	76	35	136	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

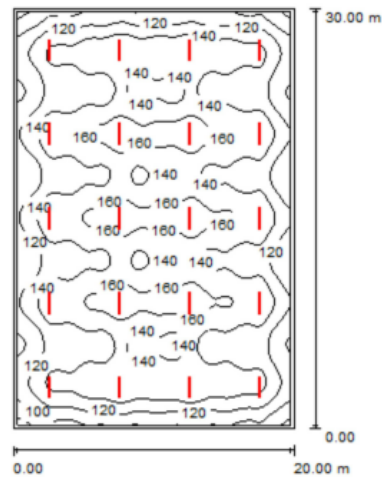
Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	30	Alpifix Oy MonixLEd 4500lm laajasäteilevä (1.000)	3812	3813	55.0
			Yhteensä: 114373	Yhteensä: 114390	1650.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.75 \text{ W/m}^2 = 2.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpPIX.fi

**Monix T5 - 100 lx - erittäin puhdas tila / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	138	75	172	0.541
Lattia	20	130	69	159	0.526
Katto	70	33	24	198	0.727
Seinät (4)	50	75	35	115	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	20	1 AlpPIX, AM235AK (1.000)	6298	6600	70.0
			Yhteensä: 125960	Yhteensä: 132000	1400.0

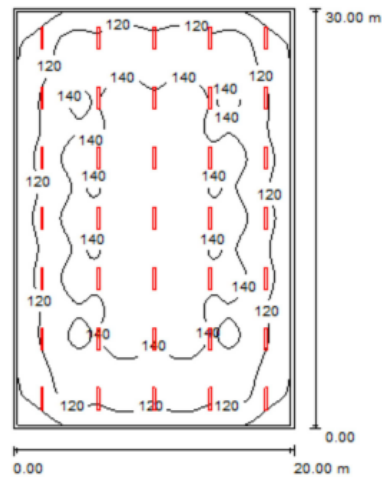
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.33 \text{ W/m}^2 = 1.69 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan likaisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alppilux.fi

**IG 44 - 100 lx - puhdas tila / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	131	83	152	0.635
Lattia	20	123	75	146	0.611
Katto	70	34	26	58	0.761
Seinät (4)	50	91	58	141	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 64 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**UGR**

Pitkittäin-  
Vasen seinä 21  
Alempi seinä 22  
(CIE, SHR = 0.25.)

**Poikittain**

20  
20

**Valaisimen keskiviivaan**

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	35	Type IG44-158/K (1.000)	3635	5200	67.0
Yhteensä:			127242	Yhteensä: 182000	2345.0

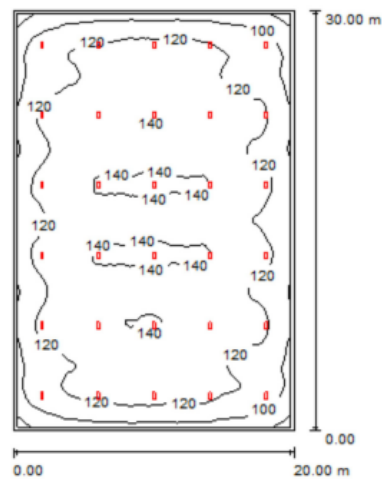
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $3.91 \text{ W/m}^2 = 2.99 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan likaisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alp lux.fi

**Monix LED - 100 lx - puhdas tila / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	123	71	144	0.582
Lattia	20	116	71	137	0.609
Katto	70	29	24	164	0.817
Seinät (4)	50	76	35	136	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

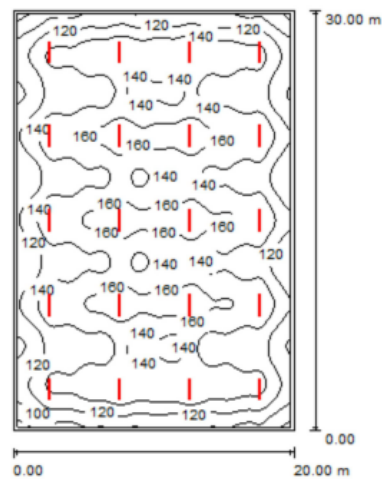
Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	30	Alp lux Oy MonixLEd 4500lm laajasäteilevä (1.000)	3812	3813	55.0
			Yhteensä: 114373	Yhteensä: 114390	1650.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.75 \text{ W/m}^2 = 2.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpPIX.fi

**Monix T5 - 100 lx - puhdas tila / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	138	75	172	0.541
Lattia	20	131	69	159	0.527
Katto	70	33	24	198	0.731
Seinät (4)	50	75	35	116	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	20	1 AlpPIX, AM235AK (1.000)	6298	6600	70.0
Yhteensä:			125960	132000	1400.0

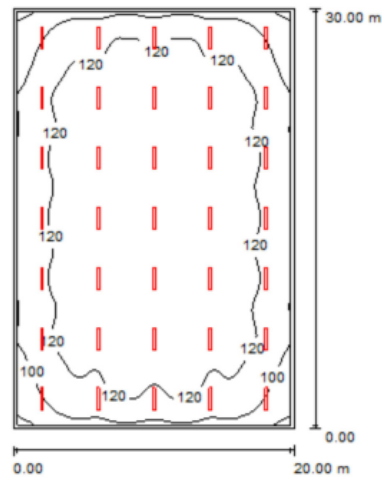
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.33 \text{ W/m}^2 = 1.68 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan likaisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpilux.fi

**IG 44 - 100 lx - normaali / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	120	77	140	0.635
Lattia	20	113	69	134	0.611
Katto	70	31	24	54	0.762
Seinät (4)	50	84	53	129	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 64 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**UGR**

Pitkittäin-  
Vasen seinä 21  
Alempi seinä 22  
(CIE, SHR = 0.25.)

**Poikittain**

20  
20

**Valaisimen keskiviivaan**

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	35	Type IG44-158/K (1.000)	3635	5200	67.0
Yhteensä:			127242	Yhteensä: 182000	2345.0

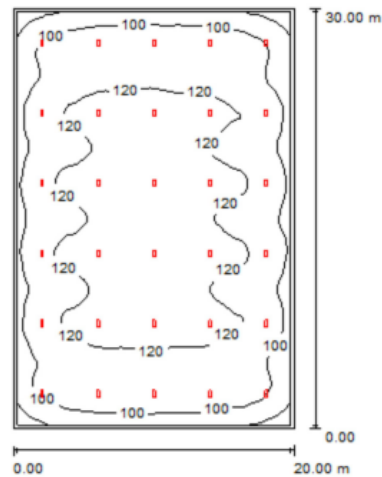
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $3.91 \text{ W/m}^2 = 3.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan likaisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpPIX.fi

**Monix LED - 100 lx - normaali / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	113	66	132	0.582
Lattia	20	107	65	126	0.609
Katto	70	27	22	151	0.814
Seinät (4)	50	70	33	125	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	30	AlpPIX Oy MonixLEd 4500lm laajasäteilevä (1.000)	3812	3813	55.0
			Yhteensä: 114373	Yhteensä: 114390	1650.0

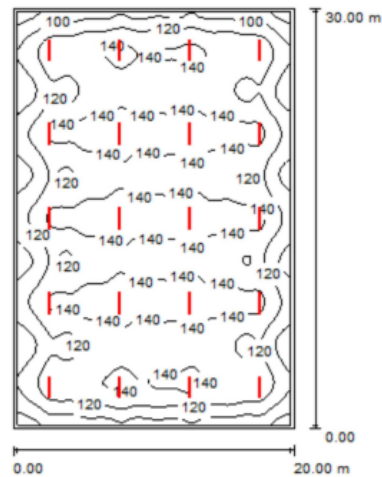
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.75 \text{ W/m}^2 = 2.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan ikäisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alp lux.fi

**Monix T5 - 100 lx - normaali / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	128	69	158	0.543
Lattia	20	120	63	146	0.528
Katto	70	30	22	182	0.728
Seinät (4)	50	69	32	106	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	20	1 Alp lux, AM235AK (1.000)	6298	6600	70.0
			Yhteensä: 125960	Yhteensä: 132000	1400.0

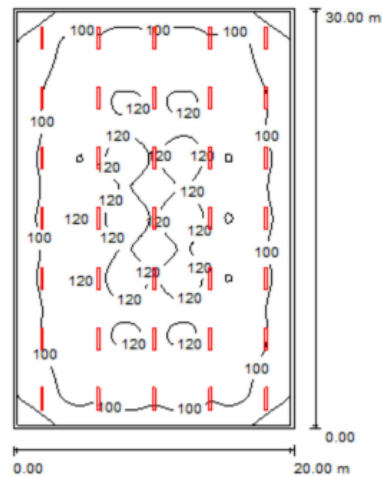
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.33 \text{ W/m}^2 = 1.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan likaisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpPIX.fi

**IG 44 - 100 lx - likainen / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	108	69	125	0.635
Lattia	20	101	62	120	0.611
Katto	70	28	21	48	0.761
Seinät (4)	50	75	48	118	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 64 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**UGR**

Pitkittäin- Vasen seinä 21  
Poikittain Aalempi seinä 22  
Valaisimen keskiviivaan (CIE, SHR = 0.25.)

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	35	Type IG44-158/K (1.000)	3635	5200	67.0
Yhteensä:			127242	Yhteensä: 182000	2345.0

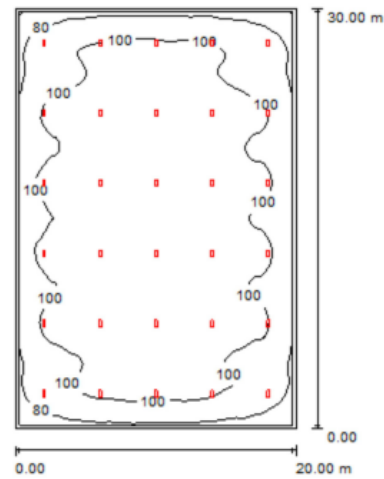
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $3.91 \text{ W/m}^2 = 3.62 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan likaisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpilux.fi

**Monix LED - 100 lx - likainen / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	101	59	119	0.581
Lattia	20	95	57	113	0.602
Katto	70	24	20	136	0.813
Seinät (4)	50	63	29	112	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	30	Alpilux Oy MonixLEd 4500lm laajasäteilevä (1.000)	3812	3813	55.0
			Yhteensä: 114373	Yhteensä: 114390	1650.0

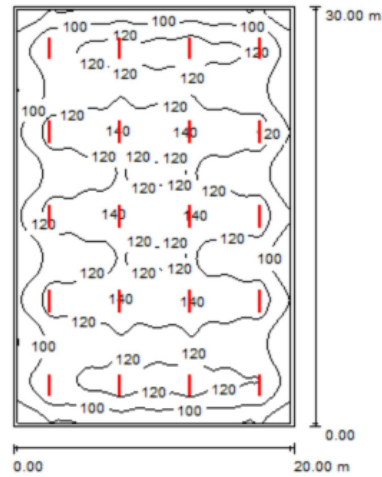
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.75 \text{ W/m}^2 = 2.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

**Varastohalli tilan likaisuus**

Hepolammentie 25, 08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpilux.fi

**Monix T5 - 100 lx - likainen / Yhteen veto**



Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:386

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	114	62	142	0.542
Lattia	20	108	57	131	0.527
Katto	70	27	20	163	0.731
Seinät (4)	50	62	29	95	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	20	1 Alpilux, AM235AK (1.000)	6298	6600	70.0
			Yhteensä: 125960	Yhteensä: 132000	1400.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.33 \text{ W/m}^2 = 2.04 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $600.00 \text{ m}^2$ )

## Liite 3. Kauppakeskus Karisma

### Kauppakeskus Karisma

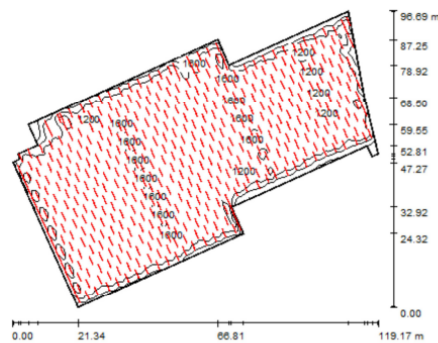
**ALPPILUX**  
www.alppilux.fi

11.03.2013

Alppilux Oy  
Tuotehallinta  
Hepolammentie 25  
08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alppilux.fi

### Osa C1 1-kerros AMR449A / Yhteenveto



Tilan korkeus: 4.000 m, Asennuskorkeus: 3.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1242

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	1352	112	2111	0.083
Lattia	20	1323	139	1727	0.105
Katto	70	265	94	443	0.355
Seinät (15)	50	523	84	4737	/

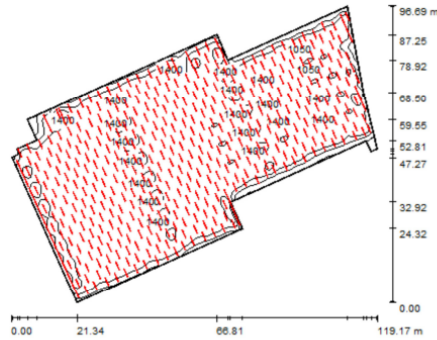
**Käyttötaso:**  
Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

#### Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	514	1 Alppilux, AMR449A (1.000)	18032	17200	208.0
			Yhteensä: 9268341	Yhteensä: 8840800	106912.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: 17.50 W/m<sup>2</sup> = 1.29 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Pohjapinta-ala: 6110.24 m<sup>2</sup>)

Osa C1 1-kerros Yhteenveto



Tilan korkeus: 4.000 m, Asennuskorkeus: 3.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1242

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	1232	102	1678	0.083
Lattia	20	1210	126	1470	0.104
Katto	70	240	84	369	0.351
Seinät (15)	50	452	80	5365	/

**Käyttötaso:**

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

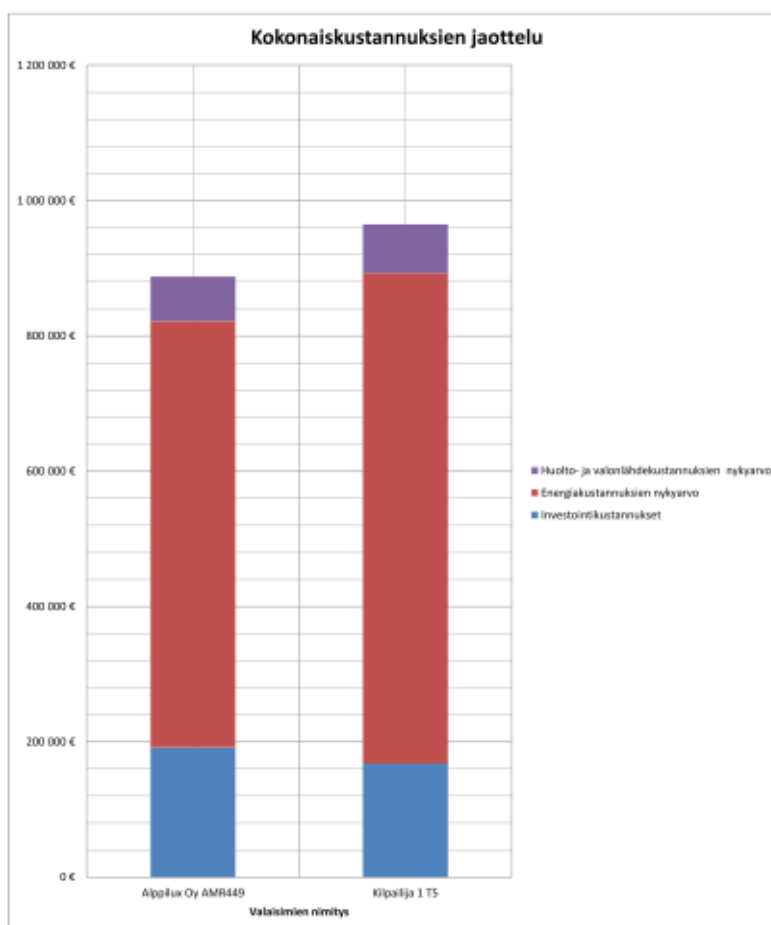
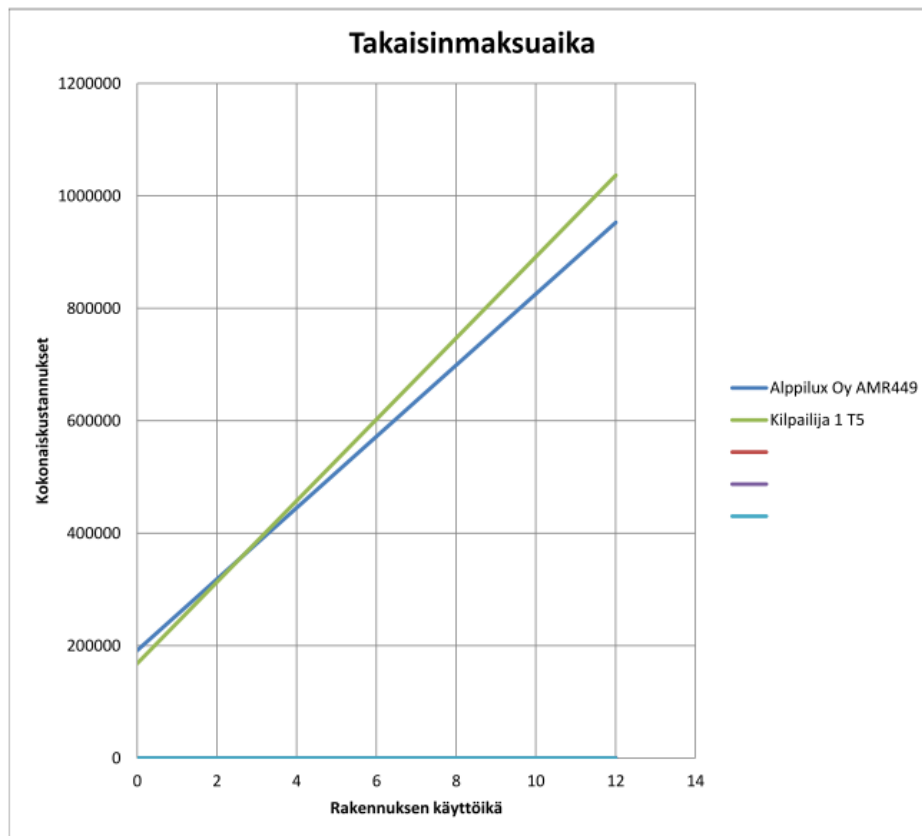
**Luetelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	514		16410	17200	220.0
			Yhteensä: 8434639	Yhteensä: 8840800	113080.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $18.51 \text{ W/m}^2 = 1.50 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $6110.24 \text{ m}^2$ )

Tekijä	Roni Ahola
Nimitys	Karisma kauppakeskus Osa C1 1. kerros
Päivämäärä	6.4.2013
Rakennustyyppi:	Tukku- ja vähittäiskauppa (liiketila)

Valaistusratkaisun tekninen elinikäodotus	a	12	Ohjeistus
Rakennuksen pinta-ala	m <sup>2</sup>	6110	
Laskentakorko	%	4	
Sähköhinta	c	12	
Sähkösiirtomaksu	€/kk	0	
<b>Valaisimet, valonlähteet ja ohjaus</b>			
Valaisimen nimitys		Alpika Oy A66449	Kipailija 1 TS
Valaisimen lisätiedot (Snro, kuvaus, tms.)			
Päivävaloa hyväksi käytettävä kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E
Läsnäolo-ohjaus kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E
LENI-luvussa turvavalaisuksen 6 kWh/m <sup>2</sup> mukana	K / E	K	K
Valaisimien lukumäärä	kpl	514	564
Valaisimien yksikköhinta	€/kpl	310,50 €	236,00 €
Valaisimen ottoteho	W	210	220
Valaisimen valonlähde (perinteinen, LED, LED putki)		Perinteinen	Perinteinen
Valaisimen yksikköhinta sisältää valonlähteet kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E
Valonlähteen tarkemmat tiedot (Snro, tyyppi, tms.)			
Valonlähteiden lukumäärä / valaisin	kpl	4	4
Valonlähteiden lukumäärä / yhteensä	kpl	2056	2256
Valonlähteen yksikköhinta	€/kpl	10,50 €	10,50 €
Valonlähteen hyötypolttotika tai led-valaisimen elinikä	h	19000	19000
<b>Valaisimien ja valonlähteiden huoltotarve</b>			
Valaisimen / valonlähteen laskennallinen vaihtokustannus	EUR	10,50 €	10,50 €
Välise ryhmävaihdossa [R] tai yksittäisvaihdossa [Y]	R / Y	R	R
Muut valaisimien / valonlähteiden vaihdosta aiheutuvat kustannukset	EUR	0 €	0 €
<b>Asennus</b>			
Arvio kustannuksesta per valaisin	€	20,0 €	20,0 €
TAI			
Arvio kokonaiskustannuksista	€		
Muut investointikustannukset	€	0 €	0 €
<b>Kustannukset yhteensä</b>			
Investointikustannukset	€	191 475 €	168 054 €
Valaisinkustannukset	€	159 597 €	133 104 €
Valonlähdekustannukset	€	21 588 €	23 688 €
Asennuskustannukset yhteensä	€	10 290 €	11 262 €
Energia-kustannuksien nykyarvo	€/käyttökä	630 669 €	724 971 €
Valaistuksen energiankulutus vuodessa	kWh / a	539 700	620 400
Energia-kustannukset	€/a	64 764 €	74 448 €
Huolto- ja valonlähdekustannuksien nykyarvo	€/käyttökä	65 429 €	71 791 €
Kokonaiskustannukset yhteensä	€/käyttökä	887 573 €	964 816 €
<b>LENI ja valaistuksen osuus E-luvusta</b>			
Vitteellinen LENI-luku		94	108
Vitteellinen valaistuksen prosentti osuus E-luvusta	%	63 %	72 %



## Liite 4. K-citymarket Länsikeskus, pysäköintihalli

KCM Länsikeskus parkkihalli

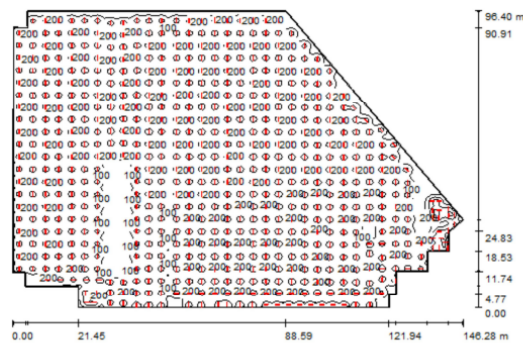
**ALPILUX**  
www.alpilux.fi

22.02.2013

Alpilux Oy  
Tuotehallinta  
Hepolammentie 25  
08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpilux.fi

### Alpilux Oy AM135AK / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1238

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	162	18	472	0.109
Lattia	20	159	31	383	0.194
Katto	70	36	13	222	0.364
Seinät (20)	50	95	34	1077	/

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

#### Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	665	1 Alpilux, AM135AK (1.000)	3149	3300	35.0
			Yhteensä: 2094084	Yhteensä: 2194500	23275.0

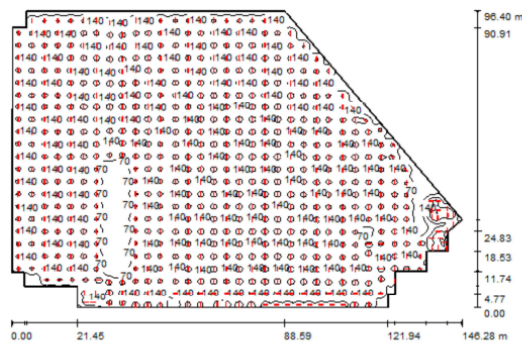
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.01 \text{ W/m}^2 = 1.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $11562.57 \text{ m}^2$ )

**KCM Länsikeskus parkkihalli**

Alpilux Oy  
Tuotehallinta  
Hesolammentie 25  
06890 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpilux.fi

**[REDACTED] / Yhteenveto**



Tilän korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1238

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	115	18	322	0.159
Lattia	20	113	24	250	0.217
Katto	70	32	9.96	1110	0.314
Seinät (20)	50	76	28	837	/

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	665	[REDACTED]	2322	3300	38.0
			<b>Yhteensä: 1544341</b>	<b>Yhteensä: 2194500</b>	<b>25270.0</b>

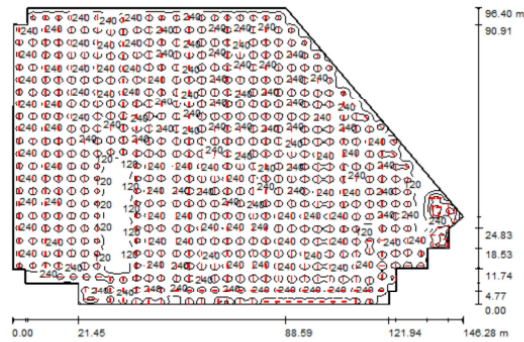
Ominainen verkkoon kytketty kuorma: 2.19 W/m<sup>2</sup> = 1.90 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Pohjapinta-ala: 11562.57 m<sup>2</sup>)

KCM Länsikeskus parkkihalli

Alppilux Oy  
Tuotehallinta  
Hepolammentie 25  
08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alppilux.fi

Alppilux Oy ERP2L15 / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1238

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	214	36	611	0.170
Lattia	20	209	51	477	0.242
Katto	70	64	19	659	0.298
Seinät (20)	50	155	58	1525	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettele valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	665	Alppilux Oy ERP2L15 IP65 LED 57W/840 AC C (1.000)	4281	4281	57.0
			Yhteensä: 2846869	Yhteensä: 2846865	37905.0

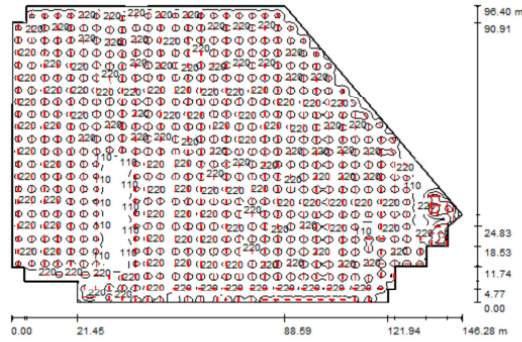
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $3.28 \text{ W/m}^2 = 1.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $11562.57 \text{ m}^2$ )

**KCM Länsikeskus parkkihalli**

Alpix Oy  
Tuotehallinta  
Hepolammentie 25  
08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpix.fi

**Yhteenveto**



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1238

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	195	27	563	0.138
Lattia	20	191	43	437	0.226
Katto	70	50	17	351	0.342
Seinät (20)	50	134	48	1376	/

**Käyttötaso:**

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

**Luetelo valaisimista**

Número	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	665		3845	4600	45.0
			Yhteensä: 2556781	Yhteensä: 3059000	29925.0

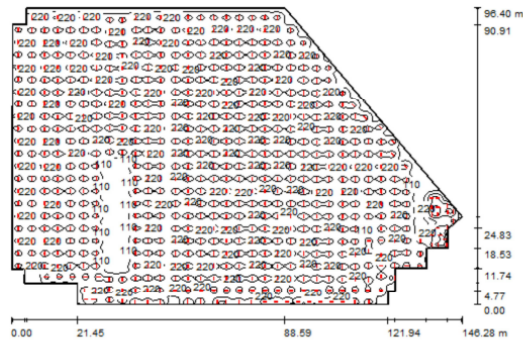
Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.59 \text{ W/m}^2 = 1.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $11562.57 \text{ m}^2$ )

KCM Länsikeskus parkkihalli

Alpilux Oy  
Tuuletalintia  
Hepolammentie 25  
08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alpilux.fi

/ Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1238

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	196	34	552	0.171
Lattia	20	193	47	440	0.242
Katto	70	46	17	2392	0.359
Seinät (20)	50	133	50	1787	/

**Käyttötaso:**

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

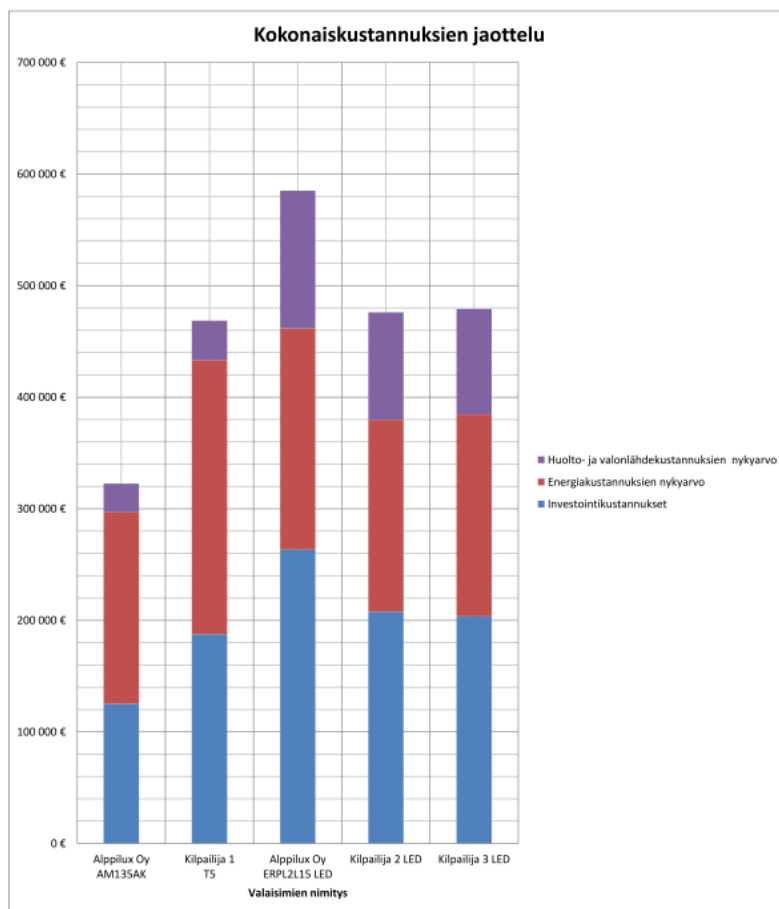
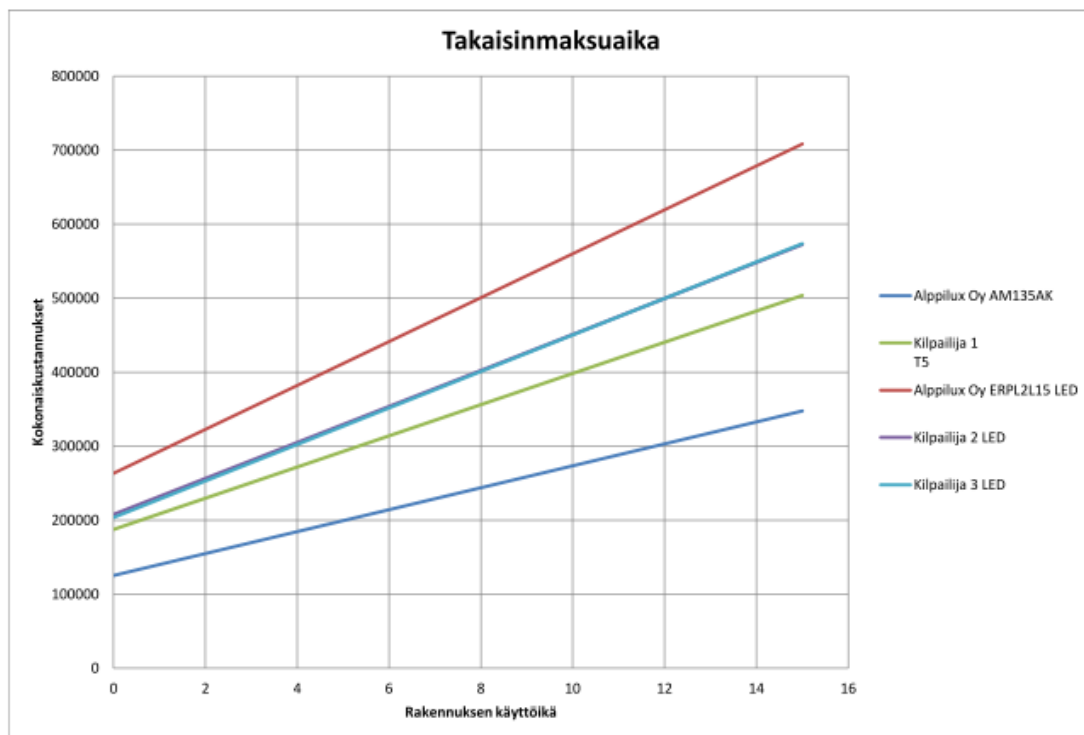
**Luetelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	665		3892	3894	48.0
			<b>Yhteensä: 2588129</b>	<b>Yhteensä: 2589510</b>	<b>31920.0</b>

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.76 \text{ W/m}^2 = 1.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $11562.57 \text{ m}^2$ )

Tekijä	Roni Ahola
Nimitys	KCM Turku Länsikeskus, kellarikerros parkkihalli KB1, KB2, KC1, KC2
Päivämäärä	6.4.2013
Rakennustyyppi:	Tukku- ja vähittäiskauppa (liiketila)

Valaistusratkaisun tekninen elinikäodotus	a	15	Ohjeistus			
Rakennuksen pinta-ala	m <sup>2</sup>	11563				
Laskentakorko	%	4				
Sähkönhinta	c	12				
Sähkönsiirtomaksu	€ / kk	0				
<b>Valaisimet, valonlähteet ja ohjaus</b>						
Valaisimen nimitys		Alppilux Oy AM135AK	Kilpailija 1 TS	Alppilux Oy ERPL2L15 LED	Kilpailija 2 LED	Kilpailija 3 LED
Valaisimen lisätiedot (Snro, kuvaus, tms.)						
Päivänvalo hyväksi käytävä kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E	E	E	E
Läsnäolo-ohjaus kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E	E	E	E
LENI-luvussa turvalaistuksen 6 kWh/m <sup>2</sup> mukana	K / E	K	K	K	K	K
Valaisimien lukumäärä	kpl	665	934	503	552	545
Valaisimien yksikköhinta	€ / kpl	134,00 €	151,00 €	501,00 €	355,00 €	352,00 €
Valaisimen ottoteho	W	37,4	38	57	45	48
Valaisimen valonlähde (perinteinen, LED, LED putki)		Perinteinen	Perinteinen	LED	LED	LED
Valaisimen yksikköhinta sisältää valonlähteet kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E	K	K	K
Valonlähteen tarkemmat tiedot (Snro, tyyppi, tms.)						
Valonlähteen lukumäärä / valaisin	kpl	1	1			
Valonlähteen lukumäärä / yhteensä	kpl	665	934	0	0	0
Valonlähteen yksikköhinta	€ / kpl	35,40 €	35,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Valonlähteen hyötöpoltoikä tai led-valaisimen elinikä	h	58000	58000	50000	50000	50000
<b>Valaisimien ja valonlähteen huoltotarve</b>						
Valaisimen / valonlähteen laskennallinen vaihtokustannus	EUR	35,40 €	35,40 €	250,50 €	177,50 €	176,00 €
Valitse ryhmävaihdossa [R] tai yksittäisvaihdossa [Y]	R / Y	R	R	R	R	R
Muut valaisimien / valonlähteen vaihdosta aiheutuvat kustannukset	EUR	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Asennus</b>						
Arvio kustannuksesta per valaisin	€	18,8 €	14,4 €	22,3 €	21,2 €	21,5 €
TAI						
Arvio kokonaiskustannuksista	€					
Muut investointikustannukset	€	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Kustannukset yhteensä</b>						
Investointikustannukset	€	125 176 €	187 562 €	263 210 €	207 664 €	203 538 €
Valaisinkustannukset	€	89 110 €	141 034 €	252 003 €	195 960 €	191 840 €
Valonlähdekustannukset	€	23 541 €	33 064 €	0 €	0 €	0 €
Asennuskustannukset yhteensä	€	12 525 €	13 465 €	11 207 €	11 704 €	11 698 €
Energiakustannuksien nykyarvo	€ / käyttöikä	172 154 €	245 671 €	198 457 €	171 939 €	181 076 €
Valaistuksen energiankulutus vuodessa	kWh / a	124 355	177 460	143 355	124 200	130 800
Energiakustannukset	€ / a	14 923 €	21 295 €	17 203 €	14 904 €	15 696 €
Huolto- ja valonlähdekustannuksien nykyarvo	€ / käyttöikä	25 131 €	35 284 €	123 258 €	96 426 €	94 418 €
Kokonaiskustannukset yhteensä	€ / käyttöikä	322 461 €	468 516 €	584 925 €	476 028 €	479 032 €
<b>LENI ja valaistuksen osuus E- luvusta</b>						
Viitteellinen LENI-luku		17	21	18	17	17
Viitteellinen valaistuksen prosentti osuus E-luvusta	%	8 %	11 %	9 %	8 %	8 %



## Liite 5. Kiinteistö Oy Tampereen Ratinankaari

**ALPPI LUX**  
www.alppilux.fi

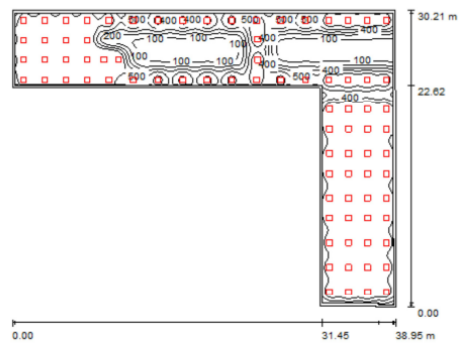
08.03.2013

Kiinteistö Oy Ratinankaari

Alppilux Oy  
Tuotehallinta  
Hepolammentie 25  
08680 Lohja, Finland

Tekijä Roni Ahola  
Puhelin +358 44 337 3401  
Faksi  
Sähköpostiosoite roni.ahola@alppilux.fi

OMG414DSB / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.400 m, Asennuskorkeus: 2.400 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:388

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	454	47	802	0.103
Lattia	20	420	83	692	0.198
Katto	70	86	48	130	0.557
Seinät (8)	50	192	52	434	/

#### Käyttötaso:

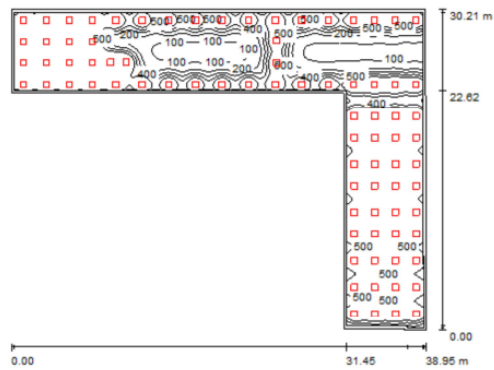
Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

#### Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	82	Thorn Lighting 96211317 (STD - Standard) OMEGA BS/SB 4x14w T16 HF DSB L840 (1.000)	3112	4800	62.0
			Yhteensä: 255144	Yhteensä: 393600	5084.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $10.67 \text{ W/m}^2 = 2.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $476.46 \text{ m}^2$ )

Specilineled 3500 / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.400 m, Asennuskorkeus: 2.400 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:388

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	507	74	974	0.146
Lattia	20	465	115	737	0.247
Katto	70	98	53	147	0.546
Seinät (8)	50	233	71	483	/

**Käyttötaso:**

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

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	82	Thorn 96241064 (STD - Standard) SPECLINELED 3500 HFI MPT WL5 L840 597 (1.000)	3500	3500	47.0
			Yhteensä: 287003	Yhteensä: 287000	3854.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $8.09 \text{ W/m}^2 = 1.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $476.46 \text{ m}^2$ )

Tekijä	Roni Ahola
Nimitys	Koy Ratinankaari 4. kerros A-talo
Päivämäärä	6.4.2013
Rakennustyyppi:	Toimisto

Valaistusratkaisun tekninen elinikäodotus	a	8	Ohjeistus		
Rakennuksen pinta-ala	m <sup>2</sup>	476			
Laskentakorko	%	4			
Sähkönhinta	c	12			
Sähkönsiirtomaksu	€/kk	0			
<b>Valaisimet, valonlähteet ja ohjaus</b>					
Valaisimen nimitys		Alpilux Oy OMG414DSB	Alpilux Oy SpecLine LED	Alpilux Oy OMG414DSBED	Alpilux Oy SpecLine LED
Valaisimen lisätiedot (Snro, kuvaus, tms.)					
Päivänvalo hyväksi käytävä kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E	K	K
Läsnäolo-ohjaus kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	E	E	E
LENI-luvussa turvavalaistuksen 6 kWh/m <sup>2</sup> mukana	K / E	K	K	K	K
Valaisimien lukumäärä	kpl	82	73	82	73
Valaisimien yksikköhinta	€/kpl	158,00 €	672,00 €	262,00 €	672,00 €
Valaisimen ottoteho	W	62	47	62	47
Valaisimen valonlähde (perinteinen, LED, LED putki)		Perinteinen	LED	Perinteinen	LED
Valaisimen yksikköhinta sisältää valonlähteet kyllä [K] tai ei [E]	K / E	E	K	E	K
Valonlähteen tarkemmat tiedot (Snro, tyyppi, tms.)					
Valonlähteen lukumäärä / valaisin	kpl	4		4	
Valonlähteen lukumäärä / yhteensä	kpl	328		328	
Valonlähteen yksikköhinta	€/kpl	8,60 €		8,60 €	
Valonlähteen hyötypolitoikä tai led-valaisimen elinikä	h	19000	50000	19000	50000
<b>Valaisimien ja valonlähteen huoltotarve</b>					
Valaisimen / valonlähteen laskennallinen vaihtokustannus	EUR	8,60 €	336,00 €	8,60 €	336,00 €
Valitse ryhmävaihdossa [R] tai yksittäisvaihdossa [Y]	R / Y	Y	Y	Y	Y
Muut valaisimien / valonlähteen vaihdosta aiheutuvat kustannukset	EUR	0 €	0 €	0 €	0 €
<b>Asennus</b>					
Arvio kustannuksesta per valaisin	€	13,6 €	14,4 €	15,6 €	16,6 €
TAI					
Arvio kokonaiskustannuksista	€				
Muut investointikustannukset	€	0 €	0 €	799 €	799 €
<b>Kustannukset yhteensä</b>					
Investointikustannukset	€	16 890 €	50 105 €	26 384 €	51 070 €
Valaisinkustannukset	€	12 956 €	49 056 €	21 484 €	49 056 €
Valonlähdekustannukset	€	2 821 €	0 €	2 821 €	0 €
Asennuskustannukset yhteensä	€	1 113 €	1 049 €	2 079 €	2 014 €
Energiakustannuksien nykyarvo	€/käyttöikä	11 554 €	7 798 €	10 676 €	7 205 €
Valaistuksen energiankulutus vuodessa	kWh / a	12 710	8 578	11 566	7 806
Energiakustannukset	€/a	1 525 €	1 029 €	1 388 €	937 €
Huolto- ja valonlähdekustannuksien nykyarvo	€/käyttöikä	1 238 €	0 €	0 €	0 €
Kokonaiskustannukset yhteensä	€/käyttöikä	29 683 €	57 902 €	37 060 €	58 275 €
<b>LENI ja valaistuksen osuus E- luvusta</b>					
Viitteellinen LENI-luku		33	24	30	22
Viitteellinen valaistuksen prosentti osuus E-luvusta	%	27 %	18 %	24 %	16 %

