

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikka

Tutkintotyö

Kati Asell

**Tehdashallin valaistuksen hankinta-, käyttö- ja energiakustannusten  
laskenta ja vertailu**

Työn valvoja  
Työn teettäjä  
Tampere 2005

Harsia Pirkko  
Tammelan Talotekniikka Oy, ohjaajana Meriluoto Heikki

## TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikka ja metsätalous

Sähkötekniikka

Talotekniikka

Asell Kati

Tehdashallin valaistuksen hankinta-, käyttö- ja energiakustannusten laskenta ja vertailu

Tutkintotyö

36 sivua + 33 liitesivua

Työn valvoja

Harsia Pirkko

Työn teettäjä

Tammelan Talotekniikka Oy, ohjaaja Meriluoto Heikki

Toukokuu 2005

Hakusanat

Valaistus, kustannuslaskenta

### TIIVISTELMÄ

Hyvä valaistus on erittäin merkittävä tekijä, kun halutaan luoda miellyttävä työskentelyympäristö ja ihanteelliset työolosuhteet. Hyvät työolosuhteet takaavat parhaan mahdollisen tuottavuuden ja lisäävät huomattavasti myös työturvallisuutta. Valaistusasennusta voidaan muiden investointien tapaan arvioida laadullisin ja taloudellisin perustein. Merkittävimmät kustannukset valaistuksessa ovat energia-, kunnossapito-, huolto-, lamppu- sekä hankinta- ja asennuskustannukset.

Työn tarkoituksena on vertailla eri valonlähteiden hankinta-, käyttö- ja energiakustannuksia. Isoissa kohteissa valaisin määrät ovat suuria ja niiden kustannuksissa on huomattavia eroja eri valonlähteiden välillä. Työn tavoitteena on selvittää kuinka hankintakustannukset vaikuttavat energia- ja käyttökustannuksiin pitkällä aikavälillä. Laskennoissa on keskitytty vain valaisin- ja lamppukustannuksiin ja asennuskustannuksia ei ole tässä otettu huomioon.

TAMPERE POLYTECHNIC  
School of Technology and Forestry  
Electric engineering  
Building Services Engineering  
Asell Kati

Engineering Thesis  
Thesis supervisor  
Commissioning Company  
May 2005  
Keywords

Comparison and calculation of workshops lightings cost of  
acquisition, use and energy  
36 pages, 33 appendices  
Harsia Pirkko  
Tammelan Talotekniikka Oy. Supervisor: Meriluoto Heikki  
Lighting, costing

## **ABSTRACT**

Good lighting is very important factor when wanting to create pleasant working environment and ideal working conditions. Good working conditions guarantee the best possible productivity and increases also work safety. Lighting mounting can be evaluated by qualitative and economic bases. Significant costs in lighting are energy, maintenance, lamp costs and also acquisition and mounting costs

The meaning of this work is to compare different light source's acquisition, use and energy costs. In big building projects the amount of lamps can be large and there can be noticeable differences in cost between different light sources. The aim of this work is to solve how acquisition costs effect on energy and use coast by long term. The calculations focus only on the lamp costs and the mounting costs are not included.

SISÄLLYSLUETTELO:

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO: .....	4
1 JOHDANTO .....	6
2 VALAISTUSSUUNNITTELUN PERUSTEET .....	7
2.1 Näkyvyys ja näkömukavuus .....	7
2.2 Luminanssi .....	7
2.3 Valaistusvoimakkuus .....	8
2.3.1 Suositellut valaistusvoimakkuudet työalueelle .....	9
2.3.2 Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus .....	11
2.3.3 Tasaisuus .....	12
2.4 Häikäisy .....	13
2.4.1 Kiusa- ja estohäikäisy .....	13
2.4.2 Harsoheijastuminen ja heijastushäikäisy .....	14
2.4.3 Häikäisyltä suojautuminen .....	14
2.5 Suunnattu valaistus .....	15
2.5.1 Muodonanto .....	15
2.5.2 Näkötehtävien suunnattu valaistus .....	15
2.6 Värinäkökohdat .....	16
2.6.1 Värivaikutelma .....	16
2.6.2 Värintoisto .....	16
2.7 Hyvä valaistus .....	18
2.7.1 Valintoihin vaikuttavia tekijöitä .....	20
2.7.2 Taloudellisuus .....	21
3 VALONLÄHTEIDEN VALINTA .....	22
3.1 Liitäntälaitteet .....	22
3.2 Purkauslamput .....	24
3.3 Loistelamppuvalaistus .....	24
4 VALAISTUSSUUNNITELMAT JA TULOKSET .....	25
4.1 Vaihtoehto 1 .....	26
4.2 Vaihtoehto 2 .....	27
4.3 Vaihtoehto 3 .....	29
4.4 Vaihtoehtojen kustannuslaskelmat .....	31
5 TULOSTEN VERTAILU .....	36

LÄHTEET

LIITTEET

- 1 Vaihtoehto 1
- 2 Vaihtoehto 2
- 3 Vaihtoehto 3

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

<b>Valovoima I</b>	Kuvaa valonlähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuutta, intensiteettiä, yksikkö cd. /8/
<b>Valovirta <math>\Phi</math></b>	Valovirta on silmän spektriherkkyydellä painotettu valonlähteen näkyvän valon alueen säteilyteho, yksikkö lm. /8/
<b>Valaistusvoimakkuus E</b>	Pinnalle tuleva valovirta $\Phi$ jaettuna pinnan alalla, yksikkö lx. /8/
<b>Valotehokkuus <math>\eta_{\Phi}</math></b>	Ilmaisee lampun antaman valovirran suhteessa kulutettuun sähkötehoon, yksikkö lm/W. /8/
<b>Luminanssi L</b>	Pinnan valovoiman tiheys tarkastelusuuntaan, yksikkö cd/m <sup>2</sup> . /8/
<b>Kiusahäikäisyindeksi UGR</b>	Määrittelee sisätilojen valaisinten aiheuttaman kiusahäikäisyn arvon. /3/
<b>Värintoistoindeksi R<sub>a</sub></b>	Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksien määrittämiseen, suurin arvo 100. Mitä pienempi arvo on sitä huonommat värintoisto-ominaisuudet. /3/
<b>Ekvivalenttinen värilämpötila T<sub>CP</sub></b>	Kertoo valosta saatavan värivaikutelman tasolla lämmin, neutraali tai kylmä, yksikkö K. /3/

## 1 JOHDANTO

Tutkintotyössä selvitetään laskelmien avulla ison tehdashallin valaistukseen ja valaistuksen kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Tarkoituksena on tutkia, kuinka eri valonlähteet antavat valoa ja kuinka ne vaikuttavat valaistuksen käyttö- sekä energiakustannuksiin. Työssä selvitetään valaistuksen kokonaiskustannuksia sekä hankinta- ja käyttöaikana syntyviä kustannuksia. Laskelmien avulla pyritään saamaan aikaan mahdollisimman hyvä ja käyttökustannuksiltaan kuitenkin edullinen valaistus.

Työn esimerkkikohteena on käytetty Tammer Tukun logistiikkakeskusta Hämeenlinnassa. Kohde on noin 19 000 m<sup>2</sup>:n halli, missä työskennellään kahdessa vuorossa. Tammer Tukun pääkonttori ja osa varastotiloista sijaitsee Tampereella ja päävarasto on Hämeenlinnassa. Kuvassa 1 on Tampereen varasto ja pääkonttori.



Kuva 1 Kuva Tampereen varastosta (oikealla ylhäällä) sekä varasto- ja konttorirakennuksesta (alhaalla). ([www.tammertukku.fi](http://www.tammertukku.fi))

## 2 VALAISTUSSUUNNITTELUN PERUSTEET

### 2.1 Näkyvyys ja näkömukavuus

Näkyvyydellä tarkoitetaan kykyä huomata ja tunnistaa kohde nopeasti, helposti ja tarkasti. Näkyvyyttä määriteltäessä tärkeintä on luminanssi, ei valaistusvoimakkuus. Näkötehtävän näkyvyys määritellään tavallisesti sen yksityiskohdan näkyvyytenä, joka tehtävän suorittamisen kannalta on vaikeimmin havaittavissa. Tällaista yksityiskohtaa kutsutaan kriittiseksi yksityiskohdaksi. Kriittisen yksityiskohdan näkyvyys kuvaa, kuinka vaikea tai helppo näön avulla on erottaa yksityiskohta taustasta tai muista sen välittömässä läheisyydessä olevista yksityiskohdista. Näkyvyyteen vaikuttavat monet tekijät, mutta ensisijaisesti hyvä näkyvyys edellyttää hyvää valaistusta.

Näkömukavuus kertoo siitä, kuinka ihmiset hyväksyvät näköolosuhteet, ja se riippuu oleellisesti työn helppoudesta todellisissa olosuhteissa ja näköympäristön miellyttävyydestä. Ympäristön valoisuuden lisäksi henkilökohtaisilla mieltymyksillä on iso merkitys näkömukavuuteen. Näköolosuhteiden hyväksymiseen vaikuttavat näkemisen vaivattomuuden lisäksi mm. ikä, aikaisemmat kokemukset, mieliala, terveydentila, ilmasto-olot sekä kulttuurierot. Näkömukavuuden kannalta ihmiset usein toivovat enemmän valoa kuin näkyvyyden kannalta olisi välttämätöntä. Valoteknisesti valaistussuunnittelussa päätavoitteena tulee olla hyvä näkyvyys ja näkömukavuus. /5, s.3/

### 2.2 Luminanssi

Luminanssilla tarkoitetaan kappaleesta tai pinnasta silmiin heijastuvaa valoa. Näkökohteen ja ympäristön luminanssit ovatkin tärkeimpiä näkyvyyteen vaikuttavia tekijöitä. Ympäristön ollessa hämärä silmä erottaa lähekkäin olevia, pieniä yksityiskohtia tai pieniä kontrastieroja kohteiden välillä huonosti. Kun ympäristön luminansseja lisätään, näkyvyys paranee. Silmän suorituskyvyllä on kuitenkin yläraja. Kun se on saavutettu, ei ympäristön näkyvyys enää parane, vaikka luminansseja lisättäisiinkin. Lisäksi korkeat luminanssiarvot tai niiden suuret erot saattavat aiheuttaa häikäisyä. Ihmisen näköjärjestelmä pystyy

käsittämään näkö tietoa hyvin laajalla luminanssitasojen vaihtelualueella, ja esimerkiksi toimistovalaisuudessa luminanssien vaihtelualue näkökentässä on tavallisesti hyvin pieni verrattuna näön koko sopeutumisalueeseen.

Pinnan luminanssiin vaikuttavat kaksi tekijää: pinnalle tuleva valo ja pinnan heijastumisominaisuudet. Pinnalle tulevaan valoon, sen määrään ja suuntaan voidaan vaikuttaa valaistuksella. Tulevan valon määrällä tarkoitetaan valaistuksen tuottamaa valaistusvoimakkuutta. Silmä aistii kuitenkin vain luminanssin.

Valaistusta suunniteltaessa määritellään valaistusvoimakkuudelle taso, joka saa aikaan riittävät ympäristön luminanssit tilassa suoritettaville työtehtäville. Lisäksi suunnitelmissa on huomioitava, etteivät luminanssiarvot muodostu silmälle liian suuriksi aiheuttaakseen häikäisyä. Jotta valaistusvoimakkuudelle osattaisiin määritellä taso, on ympäristön ja näkökohteen heijastamisominaisuudet tunnettava.  
/5, s.2/

### 2.3 Valaistusvoimakkuus

Hyvään valaistukseen sisältyy useita laatutekijöitä. Oikeanlaisen valaistuksen saavuttamiseksi tulee ottaa huomioon valaistusvoimakkuus, valaistuksen tasaisuus, häikäisyn rajoittaminen, valon suunta ja muotoilu sekä valon väri ja värintoisto. Tekijöiden tärkeysjärjestys saattaa vaihdella tilojen käyttötarkoituksen tai sisustuksen mukaan. Aina on kuitenkin täytettävä suositusten minimivaatimukset. Valon tarve samoissa olosuhteissa vaihtelee myös henkilön mukaan suuresti. Ikääntymisen myötä valon tarve lisääntyy merkittävästi. Samoin heikkonäköisten valon tarve on normaalinäköistä henkilöä huomattavasti suurempi. Suositukset on laadittu valontarpeen keskiarvon perusteella huomioiden kuitenkin vaihteluväli. Suomessa käytetään Suomen Standardoimisliiton standardin (SFS-EN 12464-1, Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus) valaistussuosituksia, joissa on esitetty tila- ja tehtäväkohtaisesti sekä arvoina valaistusvoimakkuudet, väriominaisuudet ja häikäisyindeksit. Valaistussuosituksia ovat kuitenkin vain suuntaa antavia arvoja ja niitä voidaan tietyissä tapauksissa hieman muokata tilanteen mukaa. Joskus voi olla perusteltua laskea valaistustasoa ilman näkösuoritusarvoissa tapahtuvaa merkittävää



heikkenemistä. Viihtyvyyden kannalta ja väsymyksen ehkäisemiseksi on kuitenkin suositeltavaa valita korkeampi valaistustaso.

Näkökyky on suoraan riippuvainen valon määrästä. Ilman riittävää valoa ihminen ei näe. Siksi valaistuksen pääasiallinen tehtävä onkin taata hyvät näkemisolosuhteet. Ihanteellinen valaistusvoimakkuus voi joskus olla vaikea toteuttaa, mutta valaistussuosituksista on määritelty minimivaatimukset erityyppisille toiminnoille sekä tiloille ja nämä vaatimukset tulee kuitenkin saada toteutettua. Suosituksissa on otettu huomioon valontuoton alenema, lamppujen keskimääräinen vanheneminen, valaisinten ja huonepintojen likaantuminen sekä valontuoton alenema. Valaistusvoimakkuudella voidaan tarkoittaa koko tilan tai työalueen ja sen lähiympäristön valaistusvoimakkuutta. Ulkotyötiloissa valaistusvoimakkuudella tarkoitetaan työalueen valaistusvoimakkuuksien keskiarvoa.

Jatkuvasti miehitettyjen työpisteiden valaistusvoimakkuuden ehdottomana miniminä pidetään 200 luksia. Kun on otettu huomioon kaikki hyvän valaistuksen laatuvaatimukset, valaistusvoimakkuuden lisääminen suositusarvojen yli parantaa henkilökunnan työsuoritusta. Valaistusvoimakkuus mitataan yleensä vaakasuoralta tasolta 0,85 metrin korkeudelta lattiatasosta. Joskus työtasot ovat eri tasoissa esimerkiksi pystypinnalla. Tällöin valaistusvoimakkuus mitataan kyseiseltä tasolta. Teollisuustehtävät voivat sisältää työtehtäviä lukuisilla eri tasoilla ja pinnoilla. Tämän takia on tärkeää varmistaa, että työtasossa on riittävästi valoa. Suositeltava pysty- ja vaakatasojen valaistusvoimakkuuden suhde on 1:3. /2, s. 6; 5, s. 2/

### **2.3.1 Suositellut valaistusvoimakkuudet työalueelle**

Valaistusstandardissa esitetyt valaistusvoimakkuuden arvot on tehty tavanomaisille näköolosuhteille ja niissä on otettu huomioon seuraavat tekijät:

- psykologiset ja fysiologiset tekijät, kuten näkömukavuus ja hyvinvointi
- näkötehtävälle asetettavat vaatimukset
- näköergonomia

- käytännön kokemus
- turvallisuus
- taloudellisuus

Arvot ovat kuitenkin vain suuntaa antavia ja niitä voidaan muuttaa vähintään yhden portaan verran valaistusvoimakkuus asteikolla, mikäli näköolosuhteet poikkeavat tavanomaisesta.

Noin 1,5-suuruinen kerroin edustaa pienintä subjektiivisesti havaittavaa valaistusvoimakkuuseroa. Tavallisissa valaistusolosuhteissa vaaditaan n. 20 luksia, jotta kasvonpiirteet voidaan juuri ja juuri tunnistaa. Tämä arvo on otettu asteikon alhaisimmaksi arvoksi. Suositeltu valaistusvoimakkuusasteikko lukseina on seuraavanlainen:

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 –  
3000 – 5000

Vaadittua valaistusvoimakkuuden arvoa voidaan suurentaa, kun:

- näkötehtävä on kriittinen
- virheet aiheuttavat suuria kustannuksia
- tarkkuus tai korkea tuottavuus ovat tärkeitä
- työntekijän näkökyky on keskimääräistä alhaisempi
- näkökohteen yksityiskohdat ovat poikkeuksellisen pieniä tai kontrastit alhaisia
- työtehtävää suoritetaan poikkeuksellisen pitkän aikaa.

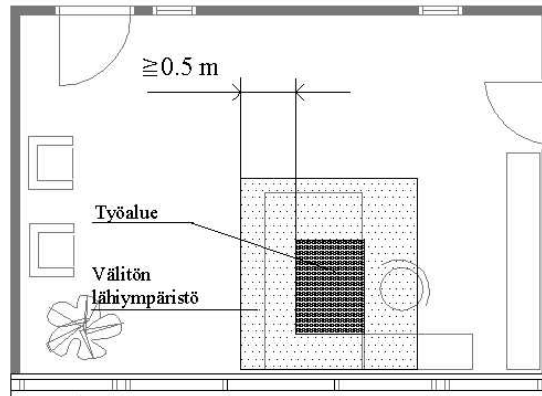
Vaadittua valaistusvoimakkuuden arvoa voidaan pienentää, kun:

- näkökohde on poikkeuksellisen suuri tai sen kontrastit ovat suuret
- työtehtävää suoritetaan poikkeuksellisen lyhyen aikaa.

Tiloissa, joissa työskennellään jatkuvasti, valaistusvoimakkuuden on oltava vähintään 200 lx. /3, s. 10-12/

### 2.3.2 Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus

Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuden tulee myötäillä työympäristön valaistusvoimakkuutta ja sen tulee saada aikaan tasapainoinen luminanssijakauma näkökentässä. Kuvassa 2 on esitetty työalueen ja välittömän lähiympäristön määrittely.



Kuva 2 Työalueen ja välittömän lähiympäristön määrittelemine /6/

Suuret valaistusvoimakkuuden erot työympäristössä voivat aiheuttaa silmien väsymistä ja epämukavuuden tunnetta. Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus voi olla alhaisempi kuin työalueella, mutta se ei saa alittaa taulukossa 1 esitettyjä arvoja. /3, s.12/

Taulukko 1 Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuudet sekä niiden tasaisuus /3, s.12/

Työalueen valaistusvoimakkuus lx	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus lx
≥750	500
500	300
300	200
≤200	$E_{\text{työalue}}$
Tasaisuus: ≥0,7	Tasaisuus: ≥0,5

### 2.3.3 Tasaisuus

Jokaisen työpisteen tulisi olla yhtä hyvin valaistu. Ajallinen tasaisuus vähentää tapaturmien riskiä ja tasainen valaistusvoimakkuus taas edistää työhön sitoutumista ja työntekijöiden hyvinvointia. Valaistuksen tasaisuuden voidaan sanoa koostuvan kolmesta osa-alueesta: valaistusvoimakkuuden jakautumisesta, alueellisesta tasaisuudesta ja ajallisesta tasaisuudesta.

Vaikka ihmisen silmä sopeutuu valon kirkkauden muutoksiin automaattisesti, ne kuitenkin rasittavat silmää huomattavasti. Jatkuva sopeutuminen aiheuttaa väsymisoireita, kun kirkkauserot ovat merkittävät. Tilan pintojen heijastuskyky ja valaistuksen jakautumien vaikuttavat valaistusvoimakkuuden tasaisuuteen. Työkohteen ja ympäristön valaistusvoimakkuuden eron ei olisi hyvä ylittää suhdetta 3:1 eikä se saa olla vähemmän kuin 1:3. Vastaavasti työtason valaistusvoimakkuuden suhde kauempana oleviin pintoihin kuten, kattoon, seiniin ja koneisiin, ei saisi ylittää 10:1 eikä alittaa 1:10. Liian tasainenkaan valaistus ei ole silmälle hyväksi. Täysin tasainen valaistusvoimakkuus aiheuttaa visuaalista monotonisuutta ja johtaa siten silmän väsymiseen. Liiallista tasaisuutta onkin vältettävä tilojen valaistus- ja värisuunnitelmaa tehtäessä. Vaaleat mattasävyt ovat suositeltavia tähän tarkoitukseen. Myös pintojen heijastus tulee ottaa suunnittelussa huomioon. Valaistustehoa pinta-alaa kohden ( $W/m^2$ ) tarvitaan vähemmän tiloissa, joissa on suuri katto-, seinä- ja lattiaheijastus.

Valaistuksen tulee olla alueellisesti tasaista huoneessa ja työpisteissä, koska työolosuhteiden tulee olla yhtä hyvät samanlaisten työtehtävien suorituspaikoissa. Valaistusvoimakkuus ei saisi missään työpisteessä alittaa valaistussuosituksen mukaisia valaistusvoimakkuusarvoja. Loiste- ja purkauslamppujen käyttö saattaa aiheuttaa optisia harhoja eli niin kutsuttuja stroboskooppi-ilmiöitä tiloissa, joissa koneen osat liikkuvat jaksottaisesti. Esimerkiksi pyörivät vauhtipyörät saattavat näyttää paikallaan olevilta. Optisista harhoista johtuvat tapaturmariskit voidaan kuitenkin välttää kytkemällä valaisimet vuorottain eri vaiheisiin. Myös käyttämällä elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja valaisimia voidaan harhat poistaa. /2, s. 6-7/

## 2.4 Häikäisy

Häikäisy aiheuttaa epämukavuutta näkemiseen ja vaikeuttaa yksityiskohtien näkemistä. Siksi se onkin yksi valaistuksen pahimpia epäkohtia. Häikäisyä syntyy, kun näkökentän luminanssijakauma tai luminanssitaso eivät ole sopivia tai ne muuttuvat liian nopeasti. Häikäisyä syntyy myös silloin, kun ympäristön luminanssi on niin suuri, ettei silmä enää sopeudu siihen.

Häikäisy voidaan jakaa viiteen eri muotoon: suora-, heijastus-, harso-, kiusa- ja estohäikäisyyn. Muodot eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan ne voivat esiintyä myös samanaikaisesti. Yleinen häikäisynlähde, jonka valaistus aiheuttaa, on jokin näkökentän yksittäinen luminanssi. Tämä luminanssi on muita luminansseja paljon suurempi, ja se voi esimerkiksi olla näkökentässä sijaitseva valonlähde tai valoa voimakkaasti heijastava pinta, jolle tulee runsaasti valoa. Häikäistymistä voi tapahtua myös silloin, kun ympäristön luminanssit nousevat katsetta käännettäessä liian nopeasti. Tämä johtuu silmän hitaasta sopeutumisesta. /5, s.3/

### 2.4.1 Kiusa- ja estohäikäisy

Suorahäikäisy aiheutuu näkökentässä liian lähellä katsesuuntaa sijaitseva valaiseva kappale. Heijastushäikäisyä syntyy, kun heijastuneet kuvat näkyvät katsottavan kohteen suunnassa tai lähellä tätä suuntaa. Kiusahäikäisy aiheuttaa nimensä mukaan kiusallisen ja epämiellyttävän häikäisyn tunteen, joka ei välttämättä haittaa näkemistä. Näkemistä selvästi haittaavaa häikäisyä kutsutaan estohäikäisyksi. Se aiheutuu valon hajaantumisesta silmän eri osissa. Valon hajaantuminen vähentää silmän verkkokalvolle muodostuvan kuvan luminanssieroja ja sitä kautta haittaa näkemistä. Estohäikäisyn aste on jokaisella katsojalla erilainen, koska valon hajaantuminen riippuu silmän yksilöllisistä ominaisuuksista. /5, s.3/

Eri valaisinten aiheuttamaa kiusahäikäisyä mitataan ns. UGR-arvolla (Unified Glare Rating). UGR-arvo lasketaan taustan luminanssin, valaisimien luminanssien sekä valaisimien valaisevien osien ja niiden sijainnin perusteella. Nykyään häikäisyn käsin laskeminen on kuitenkin erittäin harvinaista hyvien laskentaohjelmien takia.

Määriteltyjen UGR-indeksien vaihteluväli on 10...28. Mitä parempi on valaisimen häikäisyn rajoitus, sitä pienempi on UGR-arvo.

#### **2.4.2 Harsoheijastuminen ja heijastushäikäisy**

Harsoheijastuminen ei häikäise, mutta se vaikeuttaa näkemistä. Harsoheijastumista syntyy, kun ympäristöstä erottuvat luminanssit heijastuvat kiiltävien pintojen kautta katsojan silmiin. Valon heijastuminen kiiltävistä pinnoista vaikeuttaa heijastumien alle jäävien yksityiskohtien erottamista. Harsoheijastumisen aiheuttaa kuvastuminen, joka näkyy näkökohteessa ja joka osittain tai kokonaan estää yksityiskohtien näkemisen alentamalla kontrastia. Tyypillisiä kiiltäviä pintoja, joissa kiiltokuvastumista esiintyy, ovat esimerkiksi näyttöpäätteet, kiiltävät paperit ja musteet, lasipinnat sekä erilaisten mittareiden lasi- ja muovisuojukset. /5, s.3/

#### **2.4.3 Häikäisyltä suojautuminen**

Kiusahäikäisyn rajoitus sisävalaistuksessa vähentää yleensä myös estohäikäisyn tasoa. Häikäisyn rajoittaminen onnistuu melko yksinkertaisilla toimenpiteillä. Suoraa häikäisyä ei synny, jos estetään valonlähteiden näkyminen näkökentässä, ja heijastushäikäisyltä vältytään suuntaamalla valo heijastaviin pintoihin niin, ettei se heijastu katsojan silmiin. Valaistuksen aiheuttama häikäisy johtuu usein puutteellisesta suunnittelusta. Valaistussuunnitelmissa keskitytään usein yksinomaan valaistusvoimakkuusvaatimusten täyttämiseen, jolloin pintojen heijastamisominaisuudet ja valaisimien suuntauksen sekä sijoituksen vaikutukset jäävät huomiotta.

Häikäisyä tulee rajoittaa sopivilla lamppujen häikäisysojilla tai käyttämällä kaihtimia ikkunoissa. Taulukossa 2 esitettyjä häikäisysojakulman minimiarvoja tulee käyttää esitetyillä lamppujen luminansseilla. /5, s.3; 3, s.14/

Taulukko 2 Häikäisysuojakulman minimiarvot eri lamppujen luminansseilla /3,  
s.14/

Lampun luminanssi $\text{kcd} \times \text{m}^{-2}$	Minimi häikäisysuojakulma
20...< 50	15°
50...< 500	20°
$\geq 500$	30°

## 2.5 Suunnattu valaistus

Suunnatulla valaistuksella voidaan korostaa kohteita, tuoda esiin rakennetta ja parantaa tilassa olevien ihmisten piirteiden erottumista. Suunnatulla valaistuksella tehtyä korostusta kuvataan termillä muodonanto.

### 2.5.1 Muodonanto

Termi muodonanto tarkoittaa suoran valon ja diffuusin välistä suhdetta. Se on tärkeä valaistuksen laatuun liittyvä ominaisuus käytännössä kaikenlaisissa tiloissa. Varjojen muodostus parantaa kolmiulotteista näkemistä ja tämän takia on suositeltavaa, että valolla on jokin tulosuunta. Tällöin muodonannon kannalta oleelliset varjot muodostuvat selkeästi. Kun tilan rakenteet sekä siinä olevat ihmiset ja esineet valaistaan niin, että niiden muoto ja rakenne tulevat selkeästi ja miellyttävästi esiin, saadaan tilan yleisvaikutelmaa korostettua. Valaistus ei kuitenkaan saa olla liian suunnattua, jolloin muodostuu teräviä varjoja. Myös liian diffuusi valaistus ei ole tarkoituksenmukaista. Tällöin muodonanto katoaa kokonaan, mikä johtaa erittäin yksitoikkoiseen luminanssiympäristöön. /3, s. 16/

### 2.5.2 Näkötehtävien suunnattu valaistus

Näkötehtävän valaiseminen suunnatulla valolla saattaa myös vaikuttaa sen näkemiseen. Tietystä suunnasta tuleva valaistus saattaa tuoda esiin yksityiskohtia ja

samalla parantaa näkyvyyttä sekä helpottaa tehtävän suoritusta. Harsoheijastumista sekä heijastushäikäisyä on kuitenkin syytä välttää. /3, s. 16/

## 2.6 Värinäkökohdat

Valkoista valoa tuottavan lampun väriominaisuuksia voidaan kuvata kahdella tekijällä: lampun tuottama värivaikutelma ja värintoisto-ominaisuudet. Näitä kahta tarkastellaan tarkemmin seuraavissa luvuissa. /3, s.16/

### 2.6.1 Värivaikutelma

Värivaikutelmalla tarkoitetaan lampun säteilevän valon näkyvää väriä. Sen määrittelee lampun ekvivalenttinen väriämpötila ( $T_{CP}$ ). Taulukossa 3 on kuvattu valosta saatavaa värivaikutelmaa.

Taulukko 3 Lampun värivaikutelma

Värivaikutelma	Ekvivalenttinen väriämpötila $T_{CP}$
Lämmin	< 3300K
Neutraali	3300...5300K
Kylmä	> 5300K

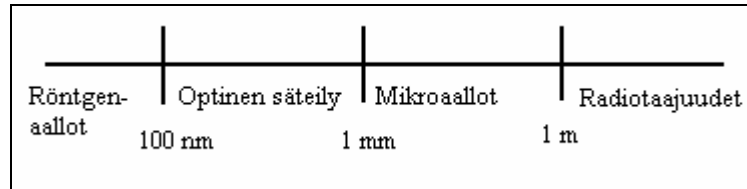
Värivaikutelman valintaan vaikuttavat psykologiset ja esteettiset tekijät sekä se, mitä pidetään luonnollisena. Lisäksi valinta riippuu valaistusvoimakkuustasosta, tilan ja kalustuksen väreistä, tilan käyttötarkoituksesta sekä ympäröivästä ilmastosta. Lämpimän ilmaston alueilla suositetaan yleensä kylmiä värejä ja kylmän ilmaston alueilla suositetaan lämpimämpää valoa. /3, s. 16-18/

### 2.6.2 Värintoisto

Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituus vaihtelee säteilyn syntyvän mukaan äärimmäisen lyhyestä mielivaltaisen pitkään. Mitä lyhytaaltoisempaa säteily on, sitä suurenergisempää se on. Sähkömagneettisen säteilyn eri lajit nimetään aallonpituuden ja syntymekanismin perusteella. /7/

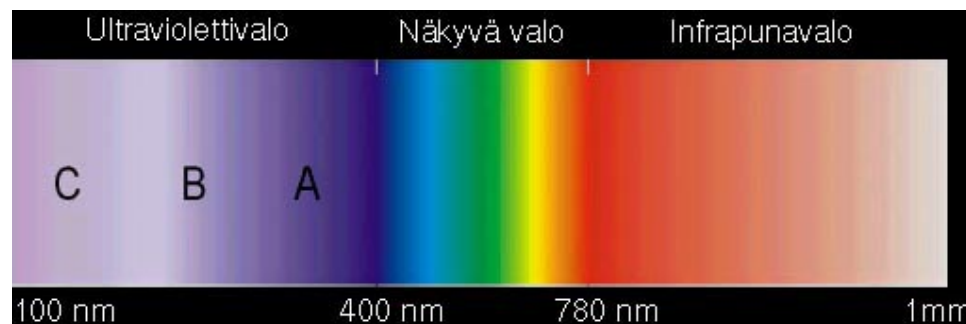


Kuva 3 havainnollistaa sähkömagneettisen säteilyn lajeja. Eri lajien aallonpituusalueet eivät kuitenkaan ole täysin selvärajaiset.



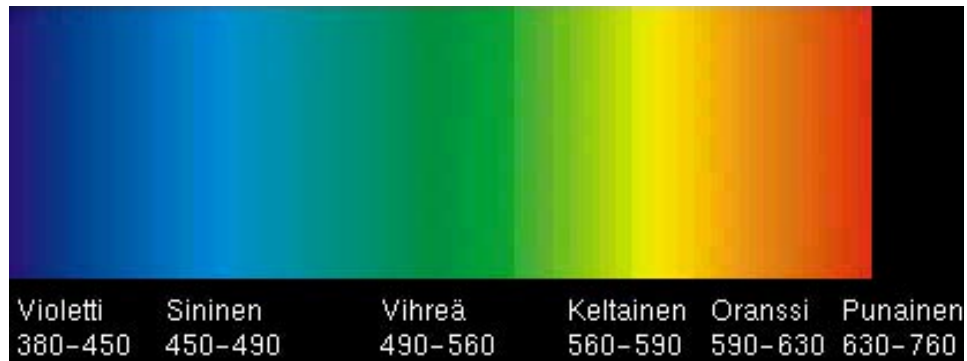
Kuva 3 Sähkömagneettisen säteilyn lajien aallonpituusalueet. /7/

Optista säteilyä ovat mm. auringon ja tähden lähettämä valo ja se jakautuu UV-valoon, näkyvään valoon sekä infrapuna- eli lämpösäteilyyn. Jakautuminen on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4 Optisen säteilyn jakautuminen ultraviolettivaloon, näkyvään valoon ja infrapunavaloon aallonpituuksien mukaan. /7/

Likimain aallonpituusalueella 400-700 nm sijaitseva sähkömagneettinen säteily on ihmissilmälle näkyvää. Näkyvästä valosta voidaan erotella aallonpituuksien mukaan eri värit. Värien aallonpituudet on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5 Eri värien aallonpituudet ihmissilmälle näkyvässä valossa

Mukavuuden, hyvinvoinnin ja näkötehokkuuden takia on tärkeää, että ympäristön värit sekä siinä olevien asioiden ja ihmisten ihon väri toistuvat luonnollisina ja oikeina. Oikealla tavalla toistuvat värit saavat ihmiset näyttämään miellyttäviltä ja terveiltä. /3, s. 18/

Jotta valonlähteiden antaman valon väriä voitaisiin vertailla ja määritellä, on kehitetty yleinen värintoistoindeksi  $R_a$ . Sen avulla voidaan vertailla eri valonlähteiden kykyä toistaa eri värejä. Värintoistoindeksin laskentamenetelmä on valittu siten, että lämmin valkea loistelamppu saa arvon 50. Värintoisto indeksin suurin arvo on 100 ja mitä huonommat värintoisto-ominaisuudet valonlähteellä on, sitä pienempi on indeksin arvo. /9, s.47-50/

Tiloissa, joissa työskennellään jatkuvasti tai oleskellaan pitkäaikaisesti, ei tulisi käyttää lamppuja, joiden värintoistoindeksin arvo on alle 80. Poikkeuksia tosin sallitaan (esim. teollisuustilojen syväsiteilijät, joissa käytetään suurpaineipurkauslamppuja). Poikkeustapauksissakin on kuitenkin huolehdittava kiinteiden työpisteiden valaistuksen värintoisto-ominaisuudet paremmiksi. Samoin turva- ja varoitusvärien värintoisto-ominaisuuksista on huolehdittava. Turvavärien on aina toistuttava oikein (ISO 3864). /3, s. 18/

## 2.7 Hyvä valaistus

Hyvä valaistus on erittäin merkittävä tekijä, kun halutaan luoda miellyttävä työskentely-ympäristö ja ihanteelliset työolosuhteet. Hyvät työolosuhteet takaavat parhaan mahdollisen tuottavuuden ja lisäävät huomattavasti myös työturvallisuutta.

Hyvän valaistuksen tavoitteena on saada aikaan hyvät näkemisolosuhteet ja luoda turvallinen sekä virikkeellinen työympäristö. Ihanteellinen valaistus varmistaa korkean tuottavuuden lisäksi tapaturmien riskit sekä virhe- ja hylkäystasot pieniksi. Hyvät työolosuhteet parantavat työsuoritusten laatua ja määrää. Työympäristö ja valaistus ovat tärkeimpiä olosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä. Ne vaikuttavat työntekijöiden viihtyvyyteen sekä jaksamiseen ja vähentävät sitä kautta myös poissaolojen määrää. Näkeminen ilman valoa ei ole mahdollista, koska valo yhdessä ympäröivien pintojen kanssa luo näköympäristömme. Riittämätön ja väärin suunniteltu valaistus vaikeuttaa näkemistä ja rasittaa myös silmiä.

Valolla on hormonaalisia vaikutuksia kehon sisäisen toiminnan säätelyyn ja se vaikuttaa täten ihmisen aktiviteettiin. Valoisan ja pimeän ajan vuorottelu säätelee ihmisen vuorokausirytmiiä ja lisäksi valo säätelee pitkäaikaisempia biologisia rytmejä. Valaistuksella on käytännössä ja useissa tutkimuksissa osoitettu olevan vaikutusta työtehoon ja työn rasittavuuteen sekä virheellisten työsuoritusten ja tapaturmien määrään. Työtilan valaistuksella on huomattava vaikutus ihmisen suorituskykyyn. Työnkulkua ja työympäristöä hallitaan entistä paremmin, kun valaistus on hyvä. Lisäksi tehtävän yksityiskohdat nähdään entistä helpommin ja varmemmin, virheet ja vaaratilanteet huomataan entistä nopeammin ja näin ollen ne myös pystytään ennalta ehkäisemään entistä paremmin.

Mitä huonompi valaistus, sitä enemmän näkeminen vaatii henkistä energiaa. Huonossa valaistuksessa työskentely väsyttää nopeammin kuin hyvässä valaistuksessa. Väsymys voi ilmetä esimerkiksi päänsärkinä tai tiettyjen lihasten väsymyksenä. Kun valaistus on toteutettu siten, että tilaan saadaan riittävän tasainen ja varjoja muodostava valaistus, silmän tarkkuus on suuri, mukautumis- ja sopeutumistarve vähäinen ja silmän turhat liikkeet jäävät pois. Juuri nämä edellä mainitut seikat vähentävät silmälihasten kuormitusta.

Jotta valaistussuunnitelma olisi käyttäjän kannalta onnistunut, se vaatii suunnittelijan ja käyttäjän yhteistyötä. Käyttäjät eivät yleensä ole asiantuntijoita, ja suunnittelijan on osattava tulkita käyttäjän toiveet ja tarpeet oikein. Valaistus ei ole onnistunut, jos se ei miellytä käyttäjää, vaikka se olisikin tehty viranomaisvaatimusten ja valaistussuosituksen mukaisesti. Tosin käyttäjiä ja samalla mielipiteitä on usein monta eikä kaikkia tietenkään voi miellyttää.

Tarkoitus on kuitenkin saada suurinta osaa miellyttävä ratkaisu. Suunnittelussa on otettava myös huomioon tilan mahdollinen uudelleenvuokraus, jolloin voi olla tarvetta muutoksiin. /2, s. 4; 5, s. 1-2/

### **2.7.1 Valintoihin vaikuttavia tekijöitä**

Suunniteltaessa valaistusta on erittäin tärkeää tuntea myös suunniteltava tila ennen valaisinvalinnan tekemistä. Pelkästään jo tilan olosuhteet saattavat rajata valaisinvalintaa. Esimerkiksi joissain tiloissa valaisimen on oltava kosteudelta ja pölyltä suojattuna eli valaisimen IP-luokan on oltava riittävä. Ennen valaisimen valintaa on myös tärkeää selvittää tilan valaistustarpeet. Valaisinvalinnoissa voidaan laatutekijöinä pitää valotasoa, tasaisuutta, värintoistoa sekä häikäisyn rajoitusta. Vaadittu häikäisyn rajoitus voi edelleen vaikuttaa siihen, minkälaisia valaisimia tilaan kannattaa sijoittaa.

Suoraa tai epäsuoraa häikäisyä tai haittaa näkemiselle voivat aiheuttaa erityisesti korkeat pintakirkkaudet tai suuret pintakirkkausarvojen erot. Tyytymättömyys tilan valaistukseen johtuu usein puutteellisesta häikäisyn rajoituksesta. Valon oikealla suuntauksella häiritsevät varjot sekä epäsuora häikäisy voidaan estää. Kun riittävä määrä valoa suunnataan oikealla tavalla, ihmissilmä pystyy entistä paremmin erottamaan muotoja ja pinnanlaatuja. Valon värillä on myös vaikutusta tilan viihtyvyyteen ja valonlähteiden valinnalla on ratkaiseva merkitys siihen, miten värit koetaan.

Valotasoon ja valaistuksen tasaisuuteen vaikuttavat valaisimen valonjako-ominaisuudet. Valaisimen ominaisuuksia voidaan mitata monella eri tavalla. Valaisimen käyttöhyötysuhteella mitataan, kuinka suuri osuus lampun tuottamasta valosta lähtee ulos valaisimesta. Saatua arvo ei kuitenkaan aina ole verrattavissa hyvään valaistukseen. Vaikka hyötysuhde olisi suurikin, saattaa valo suuntautua väärin, ja valaistustulos on tällöin huono. Parempi vertailuarvo olisi esimerkiksi valaistushyötysuhde. Samalla valaisimella saavutettu valaistushyötysuhde vaihtelee erilaisissa tiloissa pintojen materiaalien ja heijastussuhteiden takia. Valaisinhyötysuhde on kuitenkin tärkeä tekijä antamaan tietoa valaisimien

energiankulutukseen. Valaisinvalmistajilta on saatavissa valaistushyötysuhteista taulukoita.

Teollisuus on monitahoinen toimiala ja erilaisissa teollisuustiloissa on erilaiset näkemisen tarpeet. Tilojen käyttötarkoitus on aina otettava suunnittelussa huomioon. Suunnittelijan on tiedettävä millaisia työtehtäviä tiloissa tehdään ja mikä siellä on valaistuksen sekä hyvän näkemisen kannalta oleellista.

Teollisuustiloja voidaan luokitella toimialan, rakennuksen tyyppin, henkilöstön määrän, teollisuuden tyyppin tai ympäristön mukaan. Suunnitelmiin vaikuttaa tietysti myös se, onko kyseessä sisä- vai ulkotila. /1, s. 14-15; 2, s. 6-7, 10; 5, s. 2-3/

### **2.7.2 Taloudellisuus**

Valaistusasennusta voidaan muiden investointien tapaan arvioida laadullisin ja taloudellisin perustein. Merkittävimmät kustannukset valaistuksessa ovat energia-, kunnossapito-, huolto-, lamppu- sekä hankinta- ja asennuskustannukset. Arvioitaessa energiakustannuksia on tärkeää, että kustannukset lasketaan koko valaistusasennuksen elinkaaren ajalta (7-15 vuotta). Usein valaistuksen valintakriteerinä pidetään ainoastaan valaisinten hankintakustannuksia, vaikka todellisuudessa ne ovat varsin pieni osa koko valaisinasennuksen elinkaaren aikaisista kustannuksista. Valaistuskustannuksista energiakustannukset muodostavat yleensä suurimman osan. Ne ovatkin taloudellisessa mielessä merkittävä arviointikriteeri.

Valaistuksen taloudellisuuteen vaikuttavat myös suurelta osin huolto- ja kunnossapitokustannukset. Niitä voidaan kuitenkin rajoittaa esimerkiksi valitsemalla valonlähteiksi pitkäikäisiä lamppeja ja suunnittelemalla valaistus niin, että huolto- ja kunnossapitotoimet ovat mahdollisimman helppoja tehdä. Energia- ja tehokustannuksia voidaan rajoittaa valonlähteiden ja niiden liitälaitteiden valinnoilla sekä vähentämällä ohjaustoimilla valaistuksen turhaa käyttöä. Valaisimien tuottaman loistehon kompensoinnilla voidaan vähentää loistehomaksuja ja johtojen kuormitusta.

Täytyy kuitenkin muistaa, että valaistuksen tärkeimmän valintakriteerin tulisi aina olla valaistuksen laatu, koska hyvä valaistus parantaa tuottavuutta. Esimerkiksi loistelamppuvalaistuksessa toimistotyössä valaistuksen kokonaistehon suhde valaistavaan pinta-alaan olisi hyvä olla noin 20-25 W/m<sup>2</sup>. Häikäisyuojien käyttö huonontaa hyötysuhdetta, mutta häikäisyn rajoittaminen on joissain tapauksissa tärkeämpi valintakriteeri kuin tarvittavan energian määrä. /2, s. 8; 5, s. 6/

### 3 VALONLÄHTEIDEN VALINTA

Lampputyyppejä valittaessa on otettava huomioon tilan ominaisuudet, tilan tarkoitus sekä valaistuksen tehokkuus- ja laatuvaatimukset. Lamppujen energiatehokkuutta voidaan arvioida lamppu- ja liitäntälaitteyksikön valotehokkuuden perusteella.

Teollisuusrakennuksien korkeudet vaihtelevat suuresti. Joidenkin tilojen korkeus saattaa olla sama kuin toimistotiloissa ja toiset taas huomattavasti korkeampia, joskus jopa moninkertaisia. Tilan korkeus vaikuttaa oleellisesti valaistuksen suunnitteluun. Vaihtoehtoja valonlähteiksi on lukuisia eikä voida sanoa vain yhden vaihtoehdon olevan sopiva. Usein paras valaistusratkaisu saadaankin yhdistelemällä useita eri valonlähteitä. /2, s. 12/

#### 3.1 Liitäntälaitteet

Liitäntälaitteella tarkoitetaan laitetta, jonka välityksellä purkauslamput liitetään verkkoon. Käytettäessä elektronista liitäntälaitetta saadaan konventionaalisen liitäntälaitteen aiheuttama valon vilkkumisongelma poistettua. Konventionaalaisella liitäntälaitteella tarkoitetaan tavallista rautasydämistä kuristinta, joka tarvitsee erillisen hohtosytyttimen ja mahdollisen kompensointikondensaattorin.

Elektronisen liitäntälaitteen eli HF- laitteen käyttö on monestakin syystä erittäin suositeltavaa loistelamppuvalaistuksessa. Jo pelkästään energiansäästöä saavutetaan liitäntälaiteratkaisulla 20-25 %. Elektronisen liitäntälaitteen käyttö pidentää lamppujen polttoaikaa ja antaa värinättömän valon, jolloin valaistus on miellyttävä eikä aiheuta mm. päänsärkyä tilassa työskenteleville. Lisäksi

liitäntälaiteratkaisulla saavutetaan seuraavat hyödyt: valaisinkohtainen kompensointi, sähköasennusten mitoitussäästöt, välkkymätön syttyminen eikä lamppu jää vilkkumaan polttoain lopulla. Liitäntälaitteen turvapiiri kytkee automaattisesti vanhentuneen lampun pois päältä. Ratkaisu sopii hyvin käyttöihin, joissa valoja sytytetään ja sammutetaan usein. Elektronisten liitäntälaitteiden haittoina ovat sähkömagneettiset häiriöt sekä pelkkä sarjaan kytkentä mahdollisuus.

Elektronisella liitäntälaitteella varustetut valaisimet ovat miellyttävän äänettämiä perinteisillä järjestelmillä toimiviin ja hurinallaan työrauhaa häiritseviin loistelamppuihin verrattuna. Lamput syttyvät heti ilman häiritsevää vilkkumista ja valonsäätöön tarkoitetut liitäntälaitteet mahdollistavat valotason muuttamisen niin että valaistustaso on aina käyttöön nähden optimaalinen. HF- laite kuluttaa jopa 30 % konventionaalista liitäntälaitetta vähemmän energiaa. Näin ollen valaistuksen energiakustannuksissa säästetään valittaessa elektroninen liitäntälaitte. Samalla myös häviöteho pienenee ja jäähdytystarve vähenee.

Lampun elinikä pitenee jopa 50 % ja lamppujen tuottama valotaso säilyy entistä paremmin, kun käytetään lämminsytytyksellä varustettuja HF- laitteita. Elektroninen liitäntälaitte syöttää vähemmän tehoa lampulle ja loisteaine kuormittuu näin vähemmän ja valomäärä alenee hitaammin kuin konventionaalisia liitäntälaitteita käytettäessä. Valaisinten huoltoväli on huomattavasti pidempi HF- laitteellisilla valaisimilla kuin konventionaalisia liitäntälaitteita käyttävien valaisinten. Pidempi huoltoväli saavutetaan juuri lamppujen pidemmän polttoajan ja vähäisemmän komponenttimäärän ansiosta (ei ole sytyttimien vaihtotarvetta). Koska HF- laite kytkee automaattisesti vanhentuneet lamput pois päältä, eivät lampunpitimet tuhoudu. Kuristimella ja sytyttimellä varustettu valaisin yrittää koko ajan sytyttää myös vialliset lamput ja se kuluttaa paljon energiaa turhaan ja samalla lamput vilkkuvat epämiellyttävästi.

Tavalliset elektroniset liitäntälaitteet eivät sovellu valon säätöön. Valaisinten valotaso voidaan kuitenkin säätää osalla ohjattavista elektronisista liitäntälaitteista, jolloin valaistus saadaan optimoituun tilanteen mukaan. Samalla saadaan jälleen energiaa säästettyä. Ohjattavissa elektronisissa liitäntälaitteissa käytetään pääosin joko analogista tai digitaalista ohjausta. Molempia tekniikoita käyttäville liitäntälaitteille on olemassa erilaisia ohjausjärjestelmiä.

Kansainväliset ja kansalliset normit säätelevät valaistuksen laatutekijöitä ja energian käyttöä. EU on julkaissut aiheesta direktiivin EU 2000-55/EY. Sen tarkoituksena on vähentää loistelamppujen energiankulutusta siirtymällä vähitellen entistä tehokkaampiin liitäntälaitteisiin. Direktiivi luokittelee loistelamppuvalaisinten kokonaistehon seitsemään luokkaan kokonaiskäyttötehon mukaan. Direktiivin mukaisesti osa konventionaalisista liitäntälaitteista on asteittain kielletty vuodesta 2002 lähtien. /1, s. 4-12/

### **3.2 Purkauslamput**

Valonlähteitä ovat mm. erilaiset loistelamput ja pistemäisiä valonlähteitä HPI-monimetallilamput, HPL-elohopealamput ja SON-suurpainenatriumlamput. Jos työtilan korkeus on yli 8-10 metriä, suositellaan käytettäväksi pistemäisiä valonlähteitä. Alle 8-10 metrin työtiloihin elektronisella liitäntälaitteella varustetut loistelamppuvalaisimet ovat suositeltavimpia, mutta tilaan voidaan asentaa myös pistemäisiä valonlähteitä.

Suurpaine-elohopea- tai natriumlamput sopivat hyvin kosteisiin ja pölyisiin tiloihin, joihin loistelamppuvalaisimet eivät sovellu. Pistevalonlähteiden asennuskorkeuden tulee olla vähintään seitsemän metriä tehokkuuden ja näkömukavuuden takia. Suurpaine-, elohopea- ja natriumlamppujen valoon eivät vaikuta äärimmäiset lämpötilanvaihtelut kun taas loistelamppuvalaisimen valovirta riippuu ympäristön lämpötilasta. Kun käytetään purkauslamppuja, tarvitaan vähemmän valopisteitä ja näin ollen myös vaihdettavia lamppujakin on vähemmän. Korkeassa tilassa lamppujen vaihto voi olla hankalaa ja varsinkin suuressa tilassa lukuisien lamppujen vaihto on erittäin työlästä. /2, s. 12/

### **3.3 Loistelamppuvalaistus**

Loistelamppuvalaistukset ovat nykyään hyvin yleisiä ja tällä ratkaisulla valaistuksesta saadaan monimuotoinen. Valaisinmallisto on monipuolinen ja loistelamppuvalaisimia valmistetaan nykyisin lähes kaikkiin teollisuuden valaistustehtäviin. Yleisvalaistukseen soveltuvat esimerkiksi teräslevystä



valmistetulla heijastimella varustetut kaksilamppuiset perusrunkovalaisimet ja kosteisiin sekä korroosiolle alttiisiin tiloihin soveltuvat suljetut muovikuvulliset mallit.

Uudet T5-lamput, jotka toimivat vain elektronisella liitäntälaitteella, ovat vielä entisiä loistelamppujakin tehokkaampia. Parhaimmillaan T5-lampun valotehokkuus voi olla 100 lm/W 35 °C:n lämpötilassa. Aikaisemmilla loistelampuilla vastaava valotehokkuuden maksimi saavutettiin 25 °C:n lämpötilassa. T5-lamput soveltuvatkin hyvin myös suljettuihin valaisimiin ja niille on myös suunniteltu moniin tiloihin soveltuvia valaisimia. T5-lamppu säästää energiaa, raaka-aineita, varastointi- ja käsittelykustannuksia. Lampun elohopeamäärä on pieni ja valovirta säilyy tasaisena ja vielä jopa 16 000 käyttötunnin jälkeenkin se on vielä 95 % alkuperäisestä. /4, s. 20/

#### **4 VALAISTUSSUUNNITELMAT JA TULOKSET**

Tilassa on oltava riittävä ja sopiva valaistus, jotta näkötehtävät pystyttäisiin suorittamaan tehokkaasti ja tarkasti. Standardin SFS 12464-1:n mukaan varastotilaan, jossa jatkuvasti työskennellään, suositeltu valaistusvoimakkuus on 200 luksia. Käytävien valaistusvoimakkuudeksi standardin mukaan riittää 150 luksia. Häikäisyindeksin tulisi standardin vaatimusten mukaan varastossa olla enintään 25 ja värinointindeksin vähintään 60. Suunnitelmissa pyrittiin saavuttamaan annetut vaatimukset valaistukselle. Kaikissa vaihtoehdoissa valaisimet on sijoitettu yhden valaisimen linjoihin käytäville hyllyjen väliin. Jokaisen vaihtoehdon valaisin on varustettu yhdellä valonlähteellä. Laskennat on tehty Dialux3-laskentaohjelmalla ja tehdyissä laskennoissa käytettiin tilan neljäosaa laskennan nopeuttamiseksi. Saadut valaisinmäärät on nelinkertaistettu, jotta kokonaiskustannusten arvioinnissa päästäisiin mahdollisimman lähelle todellisuutta. Kaikki laskelmissa käytetyt hinnat ovat arvonlisäverottomia.

Kohde on 164 m pitkä ja 116 m leveä ja kokonaispinta-alaltaan 19 024 m<sup>2</sup>. Hallin korkeus on kauttaaltaan 12 m, tilassa ei ole ikkunoita. Laskennoissa on käytetty pintojen heijastuskertoimina katossa 0.7, seinissä 0.3 ja lattiassa 0.2. Tilassa on

betoni lattia, seinät on maalattu vaalean sävyisellä mattamaalilla ja katto materiaali on tumman harmaata peltikattoa.

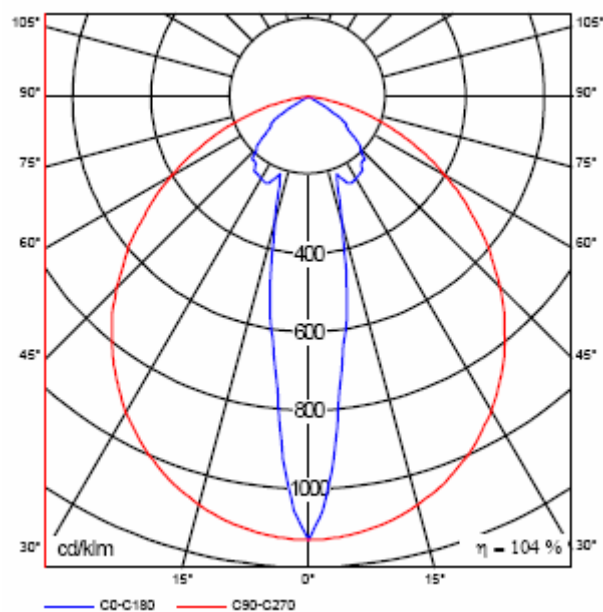
#### 4.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäisessä vaihtoehdossa valaisimeksi valittiin kuvassa 6 esitetty korkeaan varastotilaan soveltuva Idmanin Oiva valaisin elektronisella liitäntälaitteella varustettuna. Oiva on TL5-teknologiaan soveltuva valaisin ja sen vuoksi tähän vaihtoehtoon valittiin valonlähteeksi 1xTL5-49W lamppu.

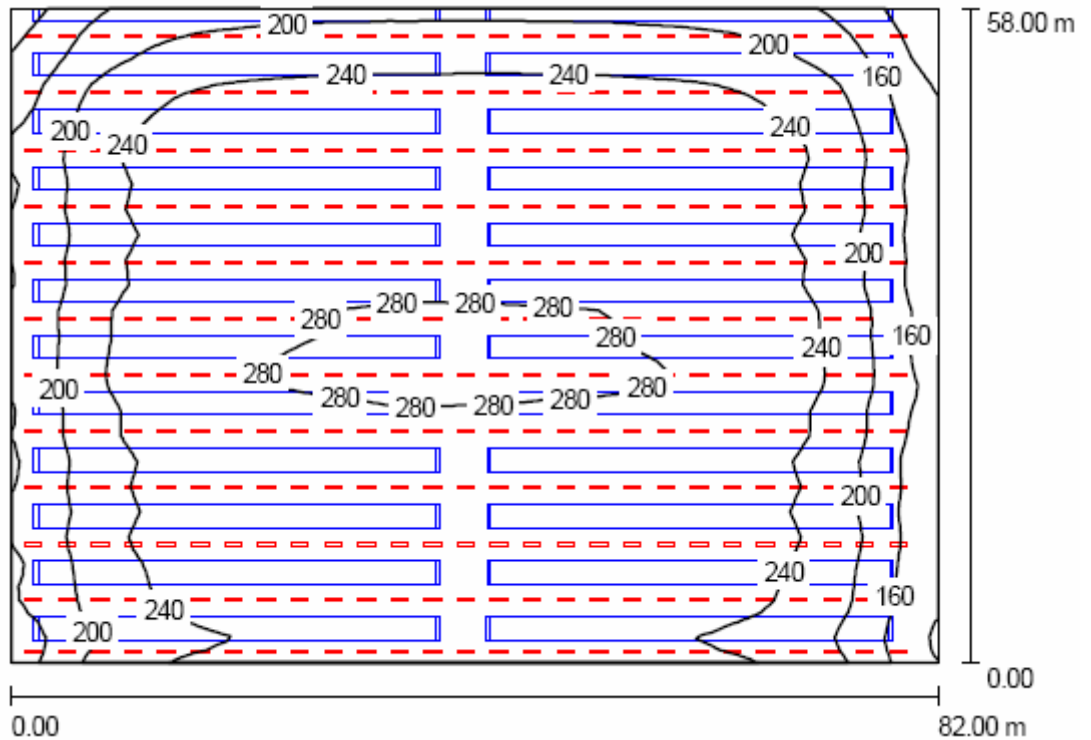


Kuva 6 Oiva 470TMS/49 NB 1xTL5-49W/830

Kuvasta 7 nähdään, että kyseisellä valaisimella saadaan aikaan kapea valonjako, mikä on tärkeää erittäin korkeissa tiloissa hyvän valaistusvoimakkuuden aikaan saamiseksi.



Kuva 7 Valaisimen (Oiva 470TMS/49 NB) valonjakokäyrä



Kuva 8 Valaisimet sijoitettiin tilassa linjaksi hyllyjen väliin.

Valaisimet suunniteltiin asennettavaksi kattoon ja tällöin niiden asennuskorkeus on 12 metriä ja laskentaohjelman ilmoittama valopisteen korkeus 11,05 m. Kuvassa 8 on esitetty valaisinten sijoitus tilaan ja valaistusvoimakkuuden jakautuminen tilassa.

Jotta standardin vaatimukset saatiin täytettyä, tuli tilaan kaiken kaikkiaan sijoittaa 1296 kpl Oiva valaisimia 49W:n lampuilla varustettuna. Näillä valaisimilla saatiin tilan käyttötasolle valaistusvoimakkuuden keskimääräiseksi suuruudeksi 239 lx.

UGR- sekä  $R_a$ -arvot täyttivät myös standardin vaatimukset.

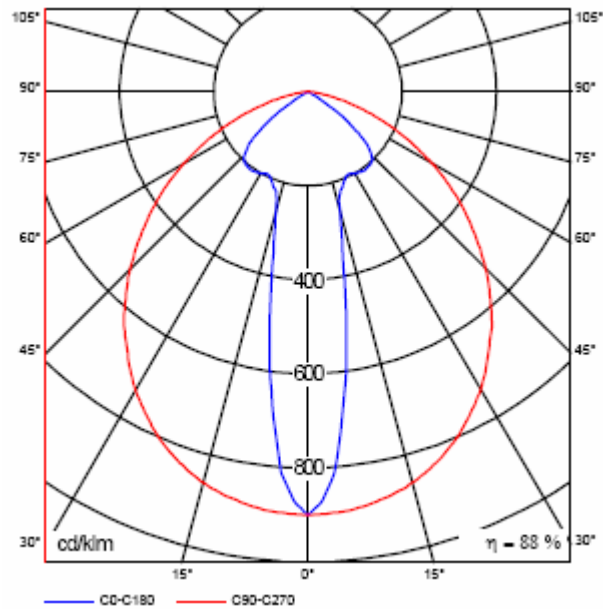
## 4.2 Vaihtoehto 2

Toisessa vaihtoehdossa valaisimeksi valittiin kuvassa 9 esitelty Idmanin Instra 460TMS/58 RI valaisin, joka on Oivan tavoin korkeisiin varastotiloihin soveltuva valaisin. Valon lähteeksi valittiin TL-D58W/830 loistelamppu.



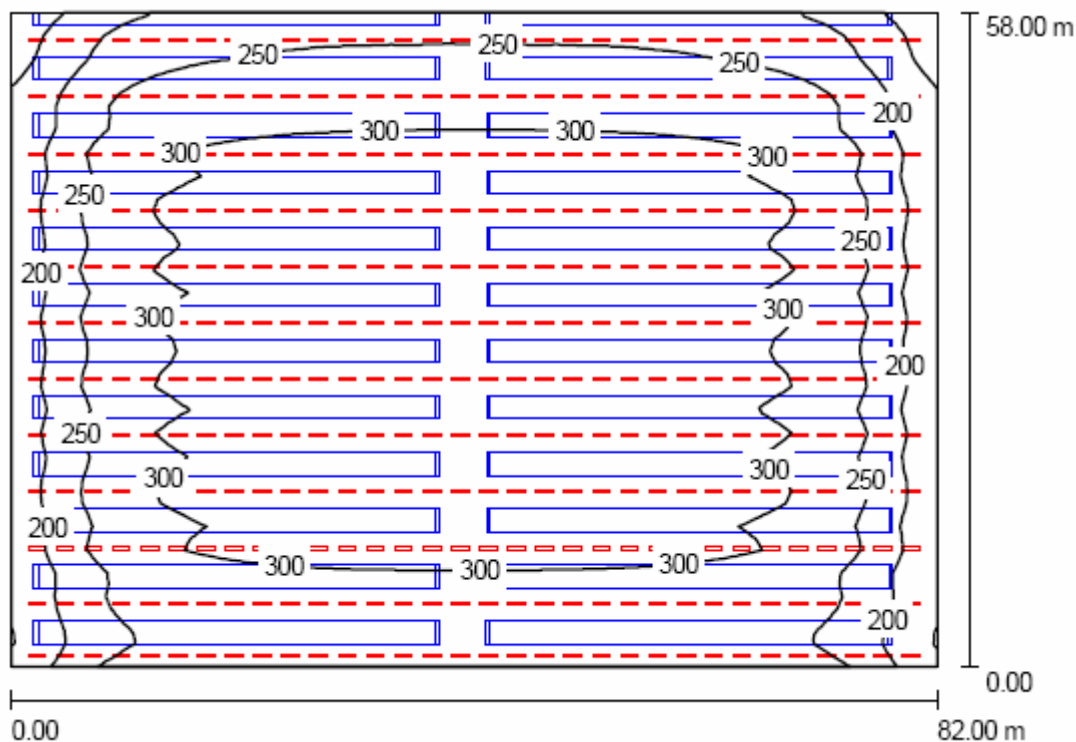
Kuva 9 Instra 460TMS/58 RI 1xTL-D58W/830

Kuvasta 10 nähdään, että tässäkin vaihtoehdossa valaisimen valonjako on korkeisiin tiloihin sopiva kapea valonjako.



Kuva 10 Valaisimen (Instra 460TMS/58 RI) valonjakokäyrä

Kuvassa 11 on esitetty valaisinten sijoitus tilassa. Kuten edellä nämäkin valaisimet sijoitettiin linjaksi hyllyjen väliin. Asennuskorkeus on myös näillä valaisimilla 12 metriä ja valopisteen korkeudeksi tuli tällöin 11,01 metriä.



Kuva 11 Valaisinten sijoitus ja valaistusvoimakkuuden jakautuminen tilassa

Valaistuslaskennassa standardin vaatimukset täyttävään valaistukseen tarvittiin hieman edellistä vaihtoehtoa enemmän valaisimia. Yhteensä tilaan tuli 1536 kpl Instra valaisimia 58 W:n loistelampuilla varustettuna. Tällä ratkaisulla tilan käyttötasolle saatiin valaistusvoimakkuuden keskimääräiseksi arvoksi 279 lx. Häikäisy ja värinointoindeksit onnistuttiin myös saamaan vaadittuihin rajoihin. Vaihtoehdon valaistuslaskennan tulokset löytyvät tarkemmin liitteestä 2.

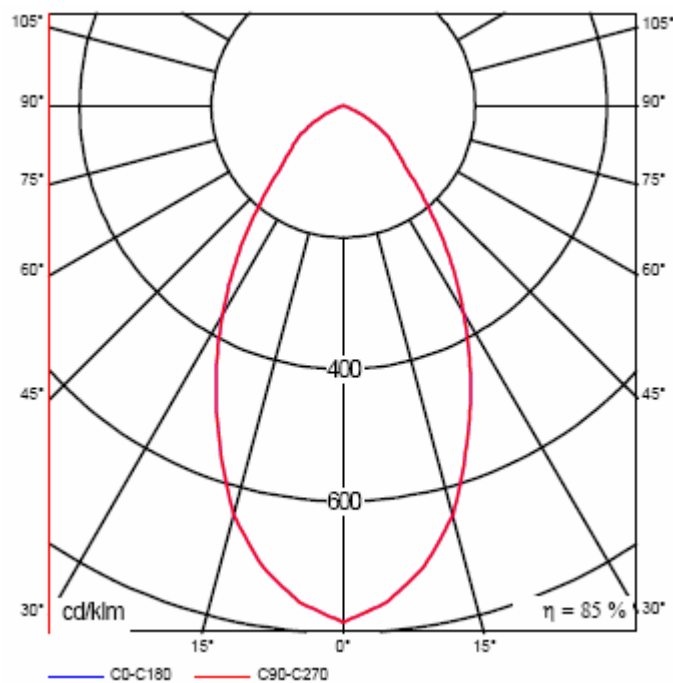
### 4.3 Vaihtoehto 3

Viimeiseen vaihtoehtoon valittiin kuvassa 12 esitetty suurpainenatriumlampulla varustettu Philipsin HDK 100 SPK 100 + GPK 100 NB valaisin sen energiatehokkuuden takia, vaikka sen värinointo-ominaisuudet eivät ole samaa tasoa loistelamppuvalaistuksen kanssa. Lampuksi tähän vaihtoehtoon valittiin SON 250 W purkauslamppu.



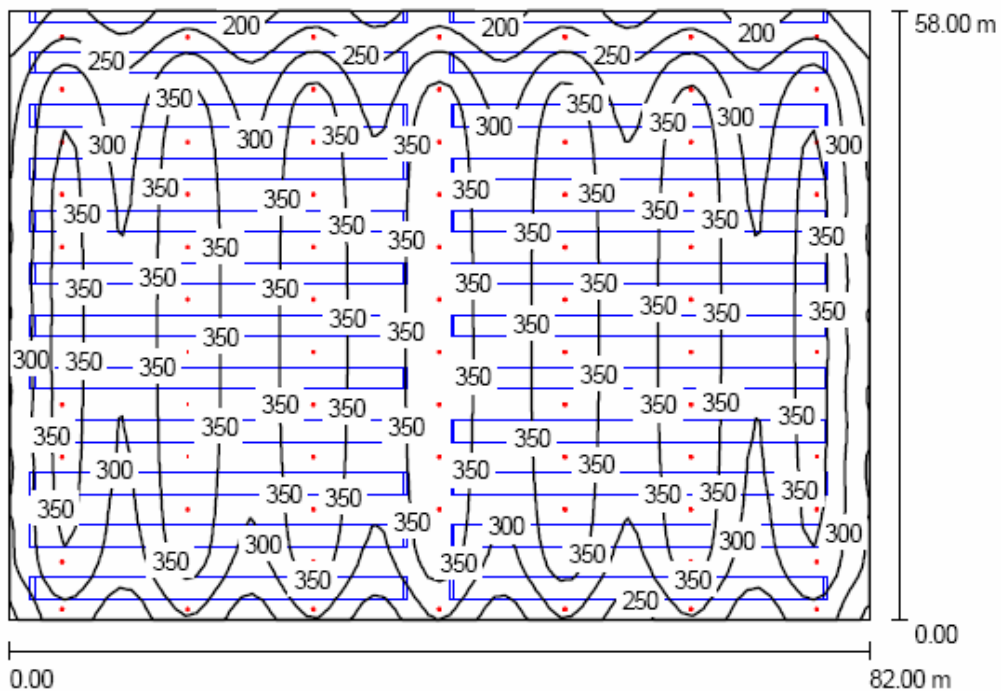
Kuva 12 Philipsin HDK 100 SPK 100 + GPK 100 NB 1x SON 250 W

Vaihtoehdon valaisimen valonjakokäyrä on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13 Valaisimen (HDK 100 SPK 100 + GPK 100 NB) valonjako käyrä

Viimeisen valaistusvaihtoehdon valaisin määrä saatiin valonlähteen tehokkuuden takia huomattavasti pienemmäksi, täyttäen kuitenkin hyvin standardin vaatimat valovoimakkuusvaatimukset. Tässä vaihtoehdossa käyttötason keskimääräiseksi valaistusvoimakkuudeksi saatiin 323 lx 336 valaisimella.



Kuva 14 Suurpainenaatriumvalaisinten sijoitus tilaan hyllyjen väliin ja valaistusvoimakkuuden jakautuminen tilassa

Valaisimet asennettiin 12 metriin kattoon kiinnitettynä ja valopisteen korkeudeksi tuli tällöin 10,99 metriä. Kuvasta 14 nähdään valaisinten sijoitus tilaan hyllyjen väliin linjaksi.

#### 4.4 Vaihtoehtojen kustannuslaskelmat

##### VALOTEHOKKUUS

Valaisinasennuksista laskettiin todellinen valotehokkuus, joka ilmaisee valaisimen antaman valovirran suhteessa kulutettuun sähkötehoon, yksikkö lm/W. Laskenta ohjelman tulosten perusteella lasketut tehokkuudet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4 Valaisimien valotehokkuudet lamppujen kanssa

E lx	P W	Lm	Valaisimet kpl	Valaisimen W/m <sup>2</sup>	Valaisimen hyötysuhde	Valotehokkuus lm/W
239	54	4300	324	3,68	1,04	83
283	56	5000	384	4,58	0,88	79
207	278	27000	84	4,84	0,85	83

Vaikka TL5-lampulla varustetun valaisimen hyötysuhde on erittäin hyvä, se ei kuitenkaan ole valotehokkuudeltaan yksin paras vaihtoehto. Myös suurpainenatriumlampulla varustettu valaisin saavuttaa saman valotehokkuuden kuin ensimmäinen vaihtoehto. TLD-lampulla varustettu valaisin vaihtoehto ei sekään ole valotehokkuudeltaan huono vaihtoehto, vaikka se tässä vertailussa hieman kahdelle muulle vaihtoehdolle häviääkin.

## ENERGIAKUSTANNUKSET

Energiakustannukset eri vaihtoehdoille on esitetty taulukossa 5. Käyttötunti määrä on arvioitu työvuorojen perusteella. Varastossa työskennellään kahdessa vuorossa yhteensä noin 11 tuntia vuorokaudessa ja sen perusteella käyttötunti määrä arvioitiin 3000 tunniksi vuodessa ja energian hinta on arvioitu tämän hetkisten hintojen perusteella 7 snt/kWh.

Taulukko 5 Vaihtoehtojen energiakustannukset

Lamput/ valaisin kpl	Valaisin W	Valaisimet kpl	Pkok W	Käyttötunti- määrä x1000h	Energian kulutus /a KWh	Energian hinta €/kWh	Energia- kustannukset /a €
1	54	1296	69984	3	209952	0,07	14697
1	56	1536	86016	3	258048	0,07	18063
1	278	336	92064	3	276192	0,07	19333

Vaihtoehdon 1 energiakustannukset ovat selvästi kahta muuta vaihtoehtoa alemmat. Vaikka vaihtoehdossa 2 yhden Instra-valaisimen ottama teho 58 W:n TL-D-lampulla ja elektronisella liitäntälaitteella on vain 56 W, niin koko valaistusvaihtoehdon tehon kulutus nousee melko korkeaksi suuren valaisin määrän takia. Suurpainenatriumlamppu taas vie huomattavasti enemmän energiaa vaikka vaihtoehdossa valaisin määrä on huomattavasti muita pienempi, koska tässä vaihtoehdossa yksi valaisin kuluttaa 278 W.



## LAMPPU- JA LAMPUNVAIHTOKUSTANNUKSET

Vaihtoehtojen lamppukustannuslaskelmissa käytetyt hinnat on otettu Elektroskandian hinnastosta (23.4.2005) ja alennusprosentti urakoitsijalle on keskimääräinen prosentti käytetyistä alennuksista. Lamppujen polttoajat ovat valmistajan ilmoittamia, vaihtoehtoissa 1 ja 2 on käytetty elektronista liitäntälaitetta ja vaihtoehto 3 on standardi kuristimella varustettu valaisin. Taulukosta 6 voidaan todeta SON-lampun ja TL5-lampun pienet hankinta kustannukset verrattuna TLD-lamppu vaihtoehtoon. Vaikka SON-lamppu on yksikkö hinnaltaan kallein, se tulee kuitenkin vähäisemmän kokonaisuutensa ansiosta edullisimmaksi vaihtoehdoksi lamppujen hankinnassa. Huomattavaa eroa sillä ei kuitenkaan ole TL5-lamppuihin, joiden kustannukset ovat vain noin 60 € suuremmat vuodessa.

Taulukko 6 Vaihtoehtojen lamppukustannukset

Lamppu	Lamput/ valaisin	Lamput	Lampun ikä	Lampun hint	Käyttöaika /a	Alennus	Lamppu- kustannukset /a
	kpl	kpl	h	€	H		€
Master TL5 HO	1	1296	17000	6,93	3000	0,35	1030
Master TL-D Reflex	1	1536	17000	12,1	3000	0,35	2132
Master SON(-T) Pia	1	336	16000	23,6	3000	0,35	966

Lamppujen ryhmävaihdosta aiheutuvat kustannukset lasketaan kaavaa 3 käyttäen.

$$K_{RV} = \frac{n_1(h_1 + h_{RV})}{f_1 t_P} \quad (1)$$

$n_1$  = lamppujen lukumäärä (kpl)

$h_1$  = lampun hinta (€/kpl)

$h_{RV}$  = lampunvaihdon työkustannukset ryhmävaihdossa (€/kpl)

$t_P$  = lamppujen pitoaika (a)

$f_1$  = ryhmävaihdon aikaväli suhteessa lamppujen 50 % loppuun palamisikään /9/

Taulukossa 7 on esitetty tulokset lamppujen vaihdosta aiheutuvista kustannuksista. Työkustannus on laskettu asentajien keskimääräinen tuntipalkka (11 €) jaettuna 12 lampun tuntivaihtonopeudella.

Taulukko 7 Lamppujen vaihtokustannukset vuodessa

Lamput	Lampun hinta	Työkustannus	Pitoaika	Ryhmävaihdon aikaväli	Lamppujen vaihdon kustannukset
Kpl	€	€	a	€/a	€/a
1296	4,5	0,92	5,7	2,8	616
1536	7,7	0,92	5,7	2,8	1161
336	15,3	0,92	5,3	2,6	487

## VALAISINKUSTANNUKSET

Valaisimien hankintakustannukset on esitetty taulukossa 8. Valaisinten yksikköhankintahinnoissa ei ollut suuria eroja. Oivan ja Instran hinnat ovat lähes samat ja HDK 100 valaisinkin on vain 20 €näitä kalliimpi. Vuotuisissa valaisinkustannuksissa sekä valaisinten hankintakustannuksissa HDK 100 valaisin on kuitenkin ehdottomasti edullisin vaihtoehto.

Taulukko 8 Valaisinkustannukset eri vaihtoehdoille

Valaisin	Valaisimet	Valaisimen hinta	Alennus	Valaisimen hankintakustannus	Valaisimien hankintakustannus	Valaisinkustannus /a
	kpl	€		€	€	€
Oiva 470TMS/49 NB	1296	42	0,35	27,3	35380,8	4582
Instra 460TMS/58 RI	1536	43	0,35	27,95	42931,2	5560
HDK100 SPK100+ GPK100 NB	336	65	0,35	42,25	14196	1838

Vuositainen valaisinkustannus on laskettu kertomalla valaisimien hankintakustannus annuiteettikerroimella, joka lasketaan kaavan 2 mukaan. Käyttäen poistoaikana 10 vuotta ja korkoprosenttina 5 % kerroin on 0,1295.

$$ka = \frac{(1 + p/100)^n}{(1 + p/100)^n - 1} \cdot \frac{p}{100} \quad (2)$$

p = korkoprosentti

n = poistoaika

ka = annuiteettikerroin /9/

## HUOLTO- JA KORJAUSKUSTANNUKSET

Hankintakustannuksien lisäksi tulee vielä laskea huolto- ja korjauskustannukset, jotka muodostuvat työpalkoista ja huollossa tarvittavista välineistä. Jos valaisimet ja lamput puhdistetaan säännöllisin välein, puhdistuksesta aiheutuvat vuosittaiset kustannukset saadaan jakamalla kertapuhdistusmaksu puhdistusjakson pituudella.

$$K_H = n_1 (h_H + h_A) / t_H \quad (3)$$

$K_H$  = vuotuiset puhdistuskustannukset (€/a)

$n_1$  = lamppujen lukumäärä (kpl)

$h_H$  = työkustannus lamppua kohti (€/kpl)

$h_A$  = puhdistusväline ja -ainekustannukset lamppua kohti (€/kpl)

$t_H$  = puhdistusjakson pituus (a)

Taulukkoon 9 on laskettu vaihtoehtojen huolto- ja korjauskustannukset käyttäen jakson pituutena 2 vuotta.

Taulukko 9 Puhdistuskustannukset eri vaihtoehdoille

Lamput	Työkustannus	Ainekustannukset	Jakso	Puhdistus- kustannukset
kpl	/lamppu/€	kpl	a	€/a
1296	3	1	2	2592
1536	3	1	2	3072
336	3	1	2	672

## KOKONAISKUSTANNUKSET

Valaistuksien vuotuiset kokonaiskustannukset saadaan laskettua, kun energia-, lamppu-, valaisin-, huolto- ja korjauskustannukset lasketaan kaikki yhteen. Lasketut tulokset on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10 Valaistuksien kokonaiskustannukset

	Energia	Lamput	Lamppujen vaihto	Valaisimet	Huolto- ja korjaus	Kokonaiskustannukset
Vaihtoehto 1	13336	1030	625	18948	2592	36531
Vaihtoehto 2	18708	2132	1172	26400	3072	51485
Vaihtoehto 3	17640	966	489	20445	672	40212

## 5 TULOSTEN VERTAILU

Tulosten perusteella nähdään, että pelkällä valaisimen hankintahinnalla ei aina päästä selvyteen koko valaistuksen kustannuksista. Korkeammillakin hankintakustannuksilla voidaan aikaan saada käyttö- ja energiakustannuksiltaan edullinen ja hyvä valaistus. Hankinta kustannuksiltaan melko samanhintaisetkin vaihtoehdot eroavat käyttökustannuksiltaan melko suuresti.

Lasketuista vaihtoehdoista kaikki täyttivät standardin minimivaatimukset. Kuitenkin niiden valaistusvoimakkuuksissa ja lasketuissa kustannuksissa oli melko suuriakin eroja. Kokonaishankinta kustannuksilta ensimmäinen vaihtoehto on edullisin ja sen valaistuksellinen lopputuloskin valaistuslaskelmien perusteella on ihan hyvä. Jos taas halutaan parempaa valaistusvoimakkuutta, niin kolmas vaihtoehto on selvästi parempi vaihtoehto vaikka se kokonaiskustannuksiltaan onkin hieman ensimmäistä vaihtoehtoa kalliimpi. Toinen vaihtoehto jää kaikissa kustannusvertailuissa kolmanneksi.

Valaistusta suunniteltaessa ja hankkiessa on aina muistettava lopputuloksen laadun merkitys. Vaikka valaistus asennuksilla saataisiin aikaiseksi käyttökustannuksilta edullinen valaistus, se ei vielä tarkoita laadukasta valaistusta. Turhia kustannuksia syntyy myös, jos valaistus ei ole tarkoituksen mukainen ja käyttäjää miellyttävä sekä aiheuttaa työntekijöille epämiellyttävyyttä ja vaikuttaa täten tuottavuuteen.

Kaiken kaikkiaan valaistuksen suunnitteluun, hankintaan ja kustannuksiin liittyy monia toisiinsa vaikuttavia tekijöitä, jotka tulee huomioida. Hyvässä suunnittelussa nämä tekijät tukevat toisiaan ja lopputulos on tarkoituksen mukainen kohtuullisin kustannuksin.

## LÄHTEET:

- 1 Idman Philips lighting, Näe paremmin, kuluta vähemmän, Elektroniset liitäntälaitteet. <http://www.idman.fi/page.asp?pageid=4,1&languageid=FI>. [viitattu 17.2.2005]. 19 s.
- 2 Teollisuusvalaistus, Idman Philips lighting. 21 s.
- 3 Standardi SFS-EN 12464-1, Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: sisätilojen työkohteiden valaistus, Suomen Standardoimisliitto SFS. Sesko ry. Vahvistettu 2.6.2003. 68 s.
- 4 Energiataloudellinen Yhdistys. Teollisuusvalaistuksen energiatalouden parantaminen. Raportti 2/1983. 45 s. + 64 liites.
- 5 ST 58.06, Valaistuksen tavoitteet ja valaistuksen tavoitteiden toteutus. Sähkötieto ry. laadittu 15.6.2000. 20 s. (pdf)
- 6 ST 58.02, Valaistusohjeistus standardin EN 12464 mukaisesti. Sähkötieto ry. laadittu 15.9.2002. 6 s. (pdf)
- 7 [www.heureka.fi](http://www.heureka.fi), Envisat - valonsäde ilmakehässä – valo ja spektri <http://www.heureka.fi/exhibitions/avoimet/envisat/fin/valo/valo2.html>. [viitattu 18.4.2005]
- 8 Liisa Halonen - Jorma Lehtovaara, Valaistustekniikka. Otatiето. Jyväskylä 1992. 454 s.
- 9 Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry – Suomen Valoteknillinen Seura ry, Valaistuksen laskenta, mittaus ja huolto. Valaistustekniikka-sarja, osa 1. Espoo 1996. 301 s.
- 10 [www.elektroskandia.fi](http://www.elektroskandia.fi) , Hinnasto 1.4.2005 (pdf) [viitattu 23.4.2005]

# VAIHTOEHTO 1

Projekti: Hansa Logistiikkakeskus  
Kohde: Varastohalli

Päivämäärä: 26.04.2005  
Tekijä: Asell Kati

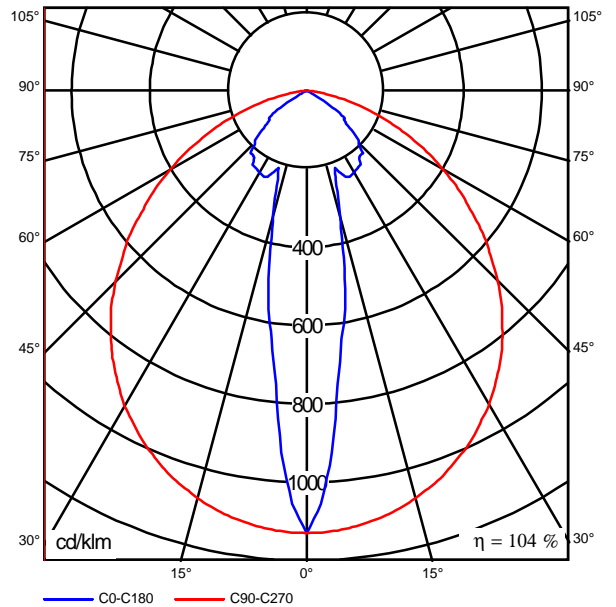
Tekijä Asell Kati  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

**Valaisintietoarkki**

**IDMAN Oiva 470TMS/49 NB 1xTL5-49W/830**



Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu DIN: A50

Valaistu alue 1:

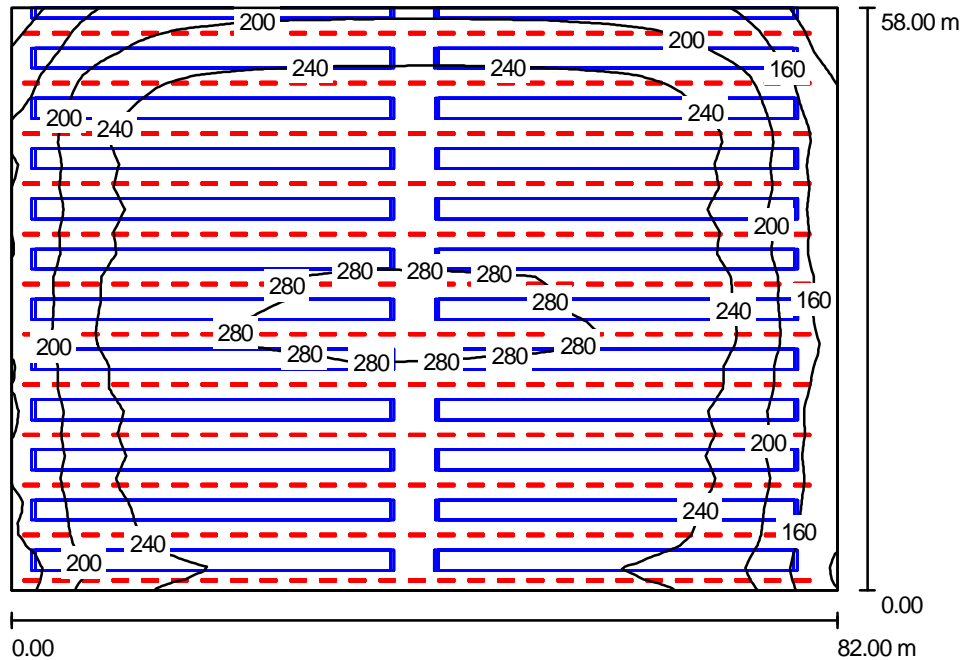
Häikäisyarvot UGR:N mukaan												
ρKatto	70	70	50	30	70	70	50	30	70	70	30	
ρSeinät	50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	30	
ρLattia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tilan koko X Y	Näkökulma poikittain Lampun keskiviivaan				Näkökulma pitkittäin Lampun keskiviivaan							
2H	2H	15.0	16.1	15.2	16.3	16.5	20.4	21.5	20.7	21.7	21.9	
3H	3H	14.8	15.8	15.1	16.1	16.3	22.1	23.1	22.4	23.4	23.6	
4H	4H	14.7	15.7	15.1	15.9	16.2	22.7	23.7	23.1	23.9	24.2	
6H	6H	14.6	15.5	15.0	15.8	16.1	23.1	23.9	23.4	24.2	24.5	
8H	8H	14.6	15.5	15.0	15.8	16.1	23.1	24.0	23.5	24.3	24.6	
12H	12H	14.6	15.4	14.9	15.7	16.0	23.1	23.9	23.5	24.2	24.6	
4H	2H	15.5	16.5	15.8	16.7	17.0	20.4	21.3	20.7	21.6	21.9	
3H	3H	15.4	16.2	15.7	16.5	16.8	22.1	22.9	22.5	23.2	23.5	
4H	4H	15.3	16.0	15.7	16.3	16.7	22.7	23.4	23.1	23.8	24.1	
6H	6H	15.2	15.8	15.6	16.2	16.6	23.1	23.7	23.5	24.1	24.5	
8H	8H	15.2	15.7	15.6	16.1	16.5	23.2	23.7	23.6	24.1	24.5	
12H	12H	15.1	15.7	15.6	16.1	16.5	23.2	23.7	23.6	24.1	24.5	
8H	4H	15.3	15.9	15.7	16.3	16.7	22.6	23.2	23.0	23.6	24.0	
6H	6H	15.2	15.7	15.7	16.1	16.6	23.0	23.5	23.4	23.9	24.3	
8H	8H	15.2	15.6	15.6	16.0	16.5	23.1	23.5	23.5	23.9	24.4	
12H	12H	15.1	15.5	15.6	16.0	16.5	23.1	23.4	23.5	23.9	24.4	
12H	4H	15.3	15.8	15.7	16.2	16.6	22.6	23.1	23.0	23.5	23.9	
6H	6H	15.2	15.6	15.7	16.0	16.5	22.9	23.4	23.4	23.8	24.3	
8H	8H	15.1	15.5	15.6	16.0	16.5	23.0	23.4	23.5	23.8	24.3	
Välitele katsaan pölkön vääntämisen edellytyksien tarkastelun osaksi S												
S =	1.0H	+0.6 /	-0.9		+1.0 /	-1.5						
	1.5H	+2.2 /	-11.6		+2.1 /	-2.4						
	2.0H	+3.3 /	-21.9		+3.1 /	-3.5						
Vakio- Toukukset	BK01				----							
Korjaus- yhtenäistettävä	-2.5				----							
Korjaus- ja säätöarvot: 4500lm Korjausvalvonta												

**Osat:**

- (sisältää valonjakautumiskäyrän)

Tekijä Asell Kati  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 1 - Yhteenvedo



Tilan korkeus: 12.000 m, Alenemakerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:750

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	239	87	320	0.36
Lattia	20	235	86	307	0.37
Katto	70	43	17	55	0.40
Seinät (4)	30	88	17	303	/

### Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 37 x 26 Pisteet  
Reuna-alue: 0.000 m

Valaistusvoimakkuussuhde (LG3:2001 n mukaan): Seinät / Käyttötaso: 0.368, Katto / Käyttötaso: 0.179.

### Luettelo valaisimista

Tyyppi	Kappale	Tunnus	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	324	IDMAN Oiva 470TMS/49 NB 1xTL5-49W/830	4300	54

kokonaan: 1393200 17496

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $3.68 \text{ W/m}^2 = 1.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $4756.00 \text{ m}^2$ )



Tekijä Asell Kati  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 1 - Luettelo tilan valaisimista

324  
Kappale

IDMAN Oiva 470TMS/49 NB 1xTL5-49W/830

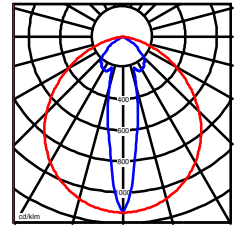
Tavaranumero:

Valaisimien valovirta: 4300 lm

Valaisimien teho: 54 W

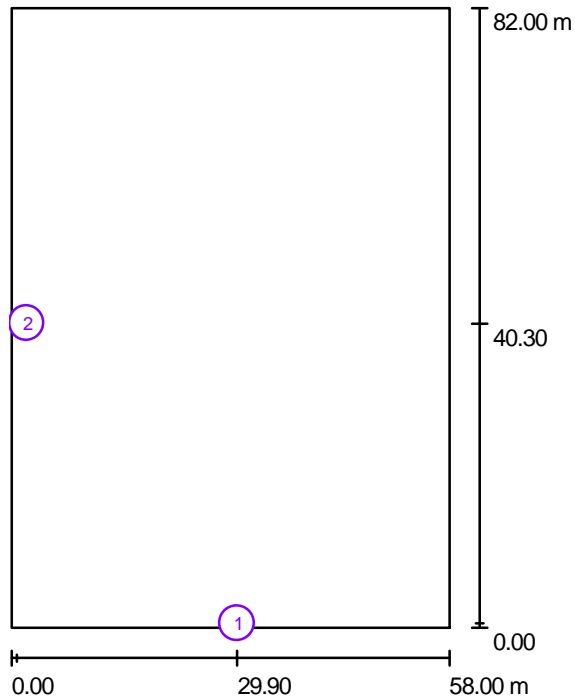
Valaisinten luokittelu DIN: A50

Varustus: 1 x 1 x TL5-49W (Korjaustekijä 1.000 ).



Tekijä Asell Kati  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 1 - UGR-katsojaluettelo



Mittakaava 1 : 1000

### UGR laskelmapisteluettelo

Numero	Tunnus	Sijainti [m]			Näkökulma [°]	Arvo
		X	Y	Z		
1	UGR-laskelmapiste 1	29.900	0.600	1.200	90.0	10
2	UGR-laskelmapiste 23	0.700	40.300	1.200	0.0	<10

Tekijä Asell Kati  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 1 - Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 1393200 lm  
Kokonaisteho: 17496 W  
Alenemakerroin: 0.80  
Reuna-alue: 0.000m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m <sup>2</sup> ]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	208	32	239	/	/
Laskettava pinta 1	48	49	97	/	/
Laskettava pinta 2	49	34	83	/	/
Lattia	204	31	235	20	15
Katto	0.00	43	43	70	9.55
Seinä 1	60	34	94	30	8.93
Seinä 2	60	28	88	30	8.42
Seinä 3	41	33	74	30	7.03
Seinä 4	73	29	102	30	9.78

Yhdenmukaisuus käyttötasolla

$E_{\min} / E_m$ : 0.36

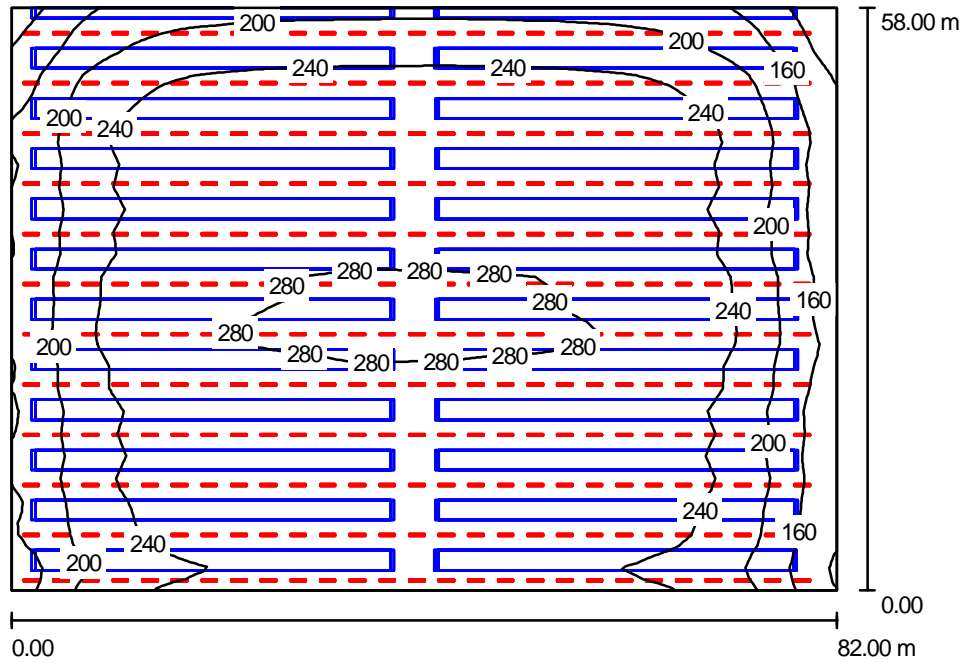
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.27

Valaistusvoimakkuussuhde (LG3:2001 n mukaan): Seinät / Käyttötaso: 0.368, Katto / Käyttötaso: 0.179.

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $3.68 \text{ W/m}^2 = 1.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala: 4756.00 m<sup>2</sup>)

Tekijä Asell Kati  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 1: Käyttötaso - Isolux-käyrät (E)



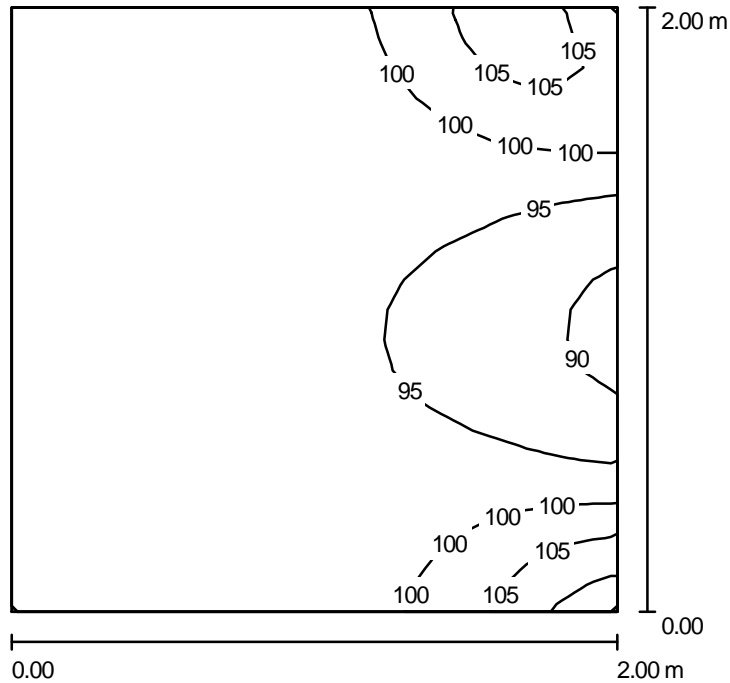
Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 750

Rasteri: 37 x 26 Pisteet

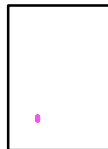
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
239	87	320	0.36	0.27

Tekijä Asell Kati  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 1: Laskettava pinta 1 - Isolux-käyrät (E)



Pinnan sijainti tilassa:



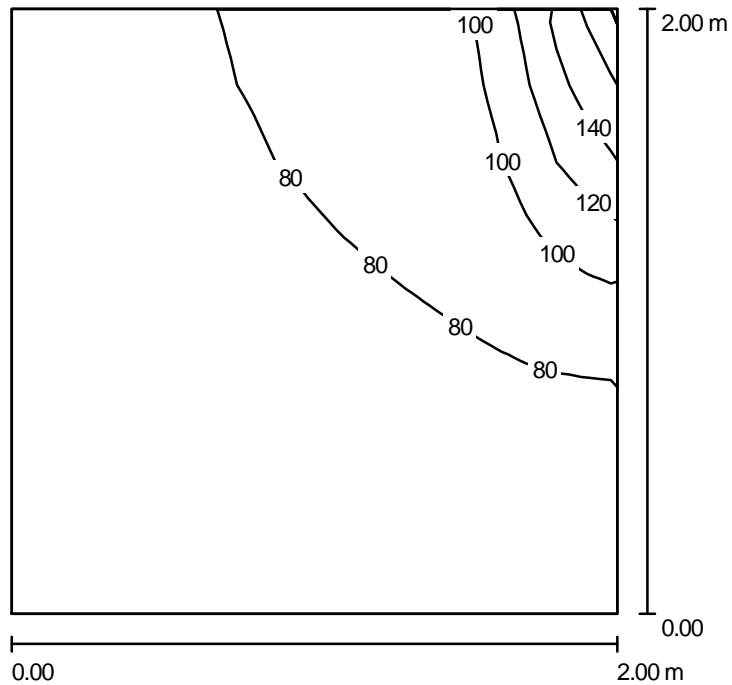
Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

Rasteri: 10 x 10 Pisteet

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
97	88	114	0.91	0.77

Tekijä Asell Kati  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 1: Laskettava pinta 2 - Isolux-käyrät (E)



Pinnan sijainti tilassa:



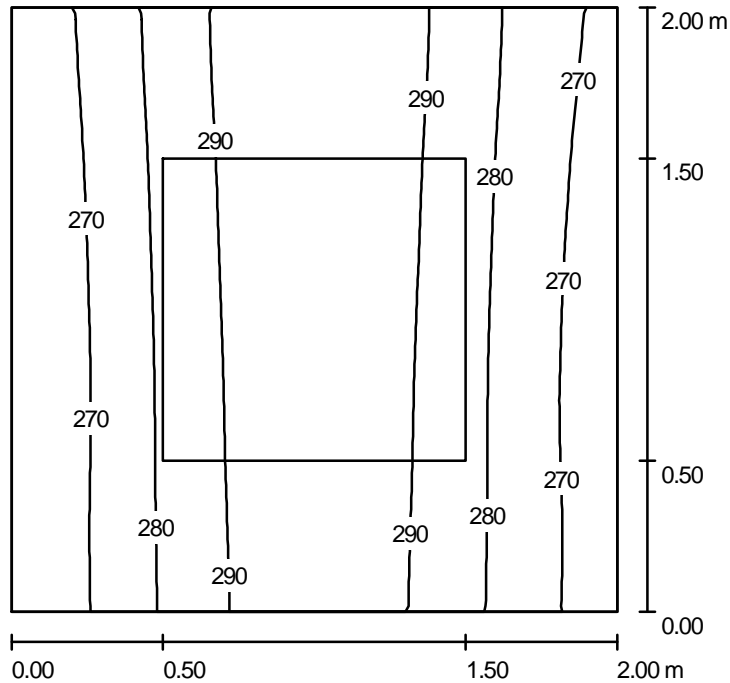
Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

Rasteri: 10 x 4 Pisteet

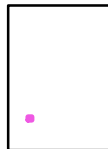
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
83	67	179	0.81	0.37

Tekijä Asell Kati  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 1: Työalue 1 - Isolux-käyrät (työalue)



Pinnan sijainti tilassa:

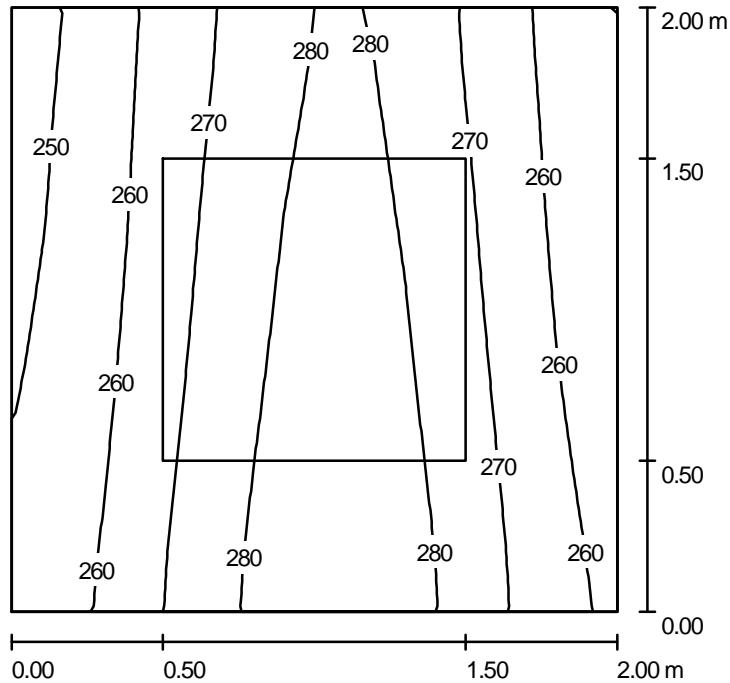


Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

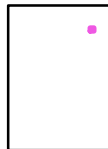
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Työalue	292	286	299	0.98	0.96
Ympäröivä alue	278	264	298	0.95	0.89

Tekijä Asell Kati  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 1: Työalue 2 - Isolux-käyrät (työalue)



Pinnan sijainti tilassa:



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Työalue	279	269	286	0.97	0.94
Ympäröivä alue	265	248	288	0.94	0.86



## **VAIHTOEHTO 2**

Projekti: Hansa Logistiikkakeskus  
Kohde: Varastohalli

Päivämäärä: 26.04.2005  
Tekijä: Kati Asell

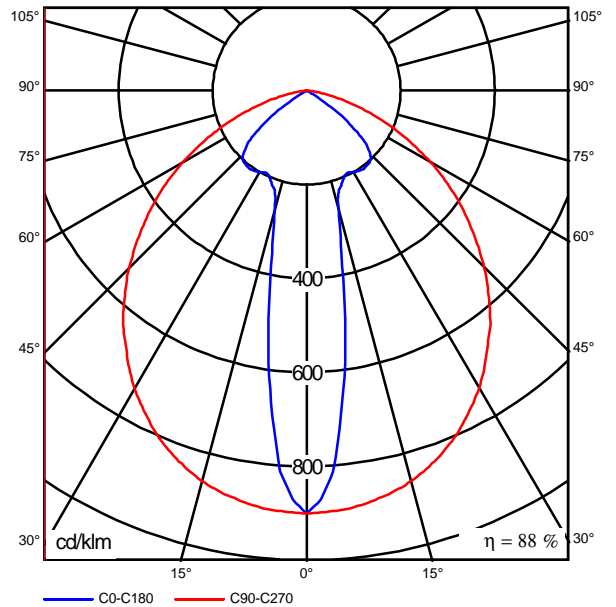
Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

**Valaisintietoarkki**

**IDMAN Instra 460TMS/58 RI 1xTL-D58W/830**



Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu DIN: A50

Valaistu alue 1:

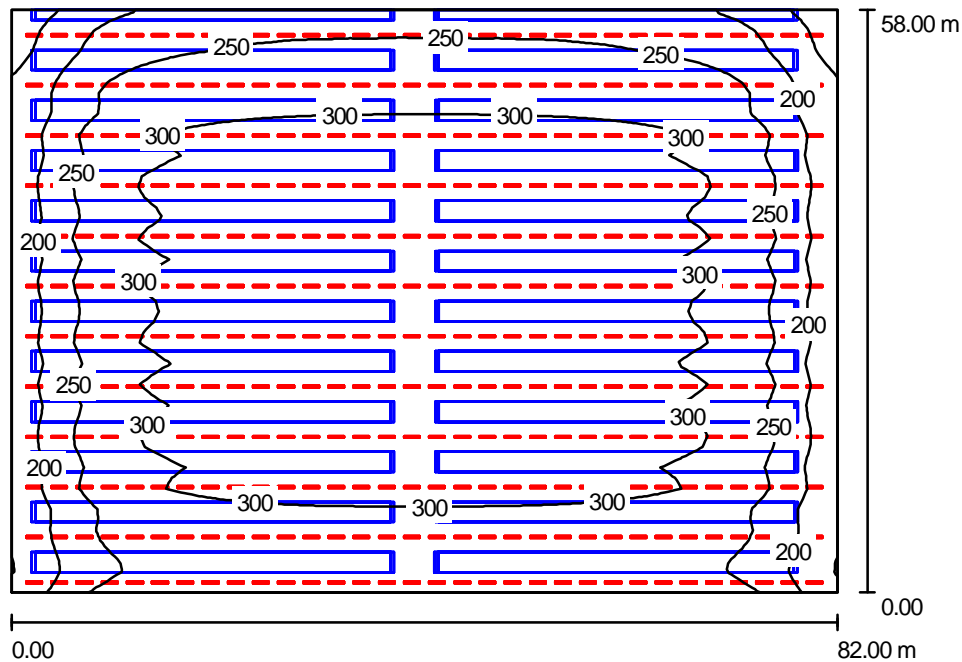
Häikäisyarvot UGR:N mukaan											
ρKatto	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
ρSeinät	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	30
ρLattia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tilan koko X Y	Näkökulma poikittain Lampun keskiviivaan					Näkökulma pitkittäin Lampun keskiviivaan					
2H	2H	12.3	13.4	12.5	13.6	13.8	17.1	18.2	17.4	18.4	18.6
	3H	12.1	13.1	12.4	13.4	13.6	18.6	19.7	19.0	19.9	20.2
	4H	12.0	13.0	12.4	13.2	13.5	19.2	20.2	19.5	20.4	20.7
	6H	11.9	12.8	12.3	13.1	13.4	19.5	20.4	19.9	20.7	21.0
	8H	11.9	12.8	12.3	13.1	13.4	19.5	20.4	19.9	20.7	21.0
	12H	11.9	12.7	12.2	13.0	13.3	19.5	20.3	19.9	20.7	21.0
4H	2H	12.8	13.8	13.1	14.0	14.3	17.1	18.1	17.5	18.4	18.6
	3H	12.7	13.5	13.0	13.8	14.1	18.7	19.5	19.1	19.8	20.2
	4H	12.6	13.3	13.0	13.6	14.0	19.3	20.0	19.7	20.3	20.7
	6H	12.5	13.1	12.9	13.5	13.9	19.6	20.3	20.1	20.6	21.0
	8H	12.5	13.1	12.9	13.4	13.8	19.7	20.3	20.1	20.7	21.1
	12H	12.4	13.0	12.9	13.4	13.8	19.7	20.2	20.1	20.6	21.1
8H	4H	12.6	13.2	13.0	13.6	14.0	19.2	19.8	19.6	20.1	20.6
	6H	12.5	13.0	13.0	13.4	13.9	19.5	20.0	20.0	20.4	20.9
	8H	12.5	12.9	13.0	13.4	13.8	19.6	20.0	20.1	20.4	20.9
	12H	12.5	12.8	12.9	13.3	13.8	19.6	20.0	20.1	20.4	20.9
12H	4H	12.6	13.1	13.0	13.5	14.0	19.1	19.7	19.6	20.1	20.5
	6H	12.5	12.9	13.0	13.4	13.9	19.5	19.9	20.0	20.4	20.8
	8H	12.5	12.8	13.0	13.3	13.8	19.5	19.9	20.0	20.4	20.9
Välitele katsaan pölkön vääntämisen etäisyksien tarkastelun osaksi S											
S =	1.0H	+1.6 /	-2.5				+0.9 /	-1.3			
	1.5H	+3.2 /	-12.8				+1.8 /	-1.8			
	2.0H	+4.3 /	-15.8				+2.9 /	-2.5			
Väiko- Toukukset		BK01					BK04				
Korjaus- yhteisluokittelu		-5.7					2.0				
Korjaus- ja välikäsitteiden määrittäminen 5000m Korjausluokitus											

**Osat:**

- (sisältää valonjakautumiskäyrän)

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 2 - Yhteenvedo



Tilan korkeus: 12.000 m, Alenemakerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:750

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	279	113	373	0.40
Lattia	20	274	113	360	0.41
Katto	70	50	24	65	0.49
Seinät (4)	30	101	23	307	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 39 x 28 Pisteet  
Reuna-alue: 0.000 m

Valaistusvoimakkuussuhde (LG3:2001 n mukaan): Seinät / Käyttötaso: 0.361, Katto / Käyttötaso: 0.178.

**Luettelo valaisimista**

Tyyppi	Kappale	Tunnus	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	384	IDMAN Instra 460TMS/58 RI 1xTL-D58W/830	5000	56

kokonaan: 1920000 21504

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $4.52 \text{ W/m}^2 = 1.62 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $4756.00 \text{ m}^2$ )

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 2 - Luettelo tilan valaisimista

384  
Kappale

IDMAN Instra 460TMS/58 RI 1xTL-D58W/830

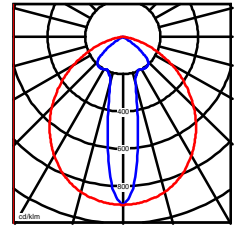
Tavaranumero:

Valaisimien valovirta: 5000 lm

Valaisimien teho: 56 W

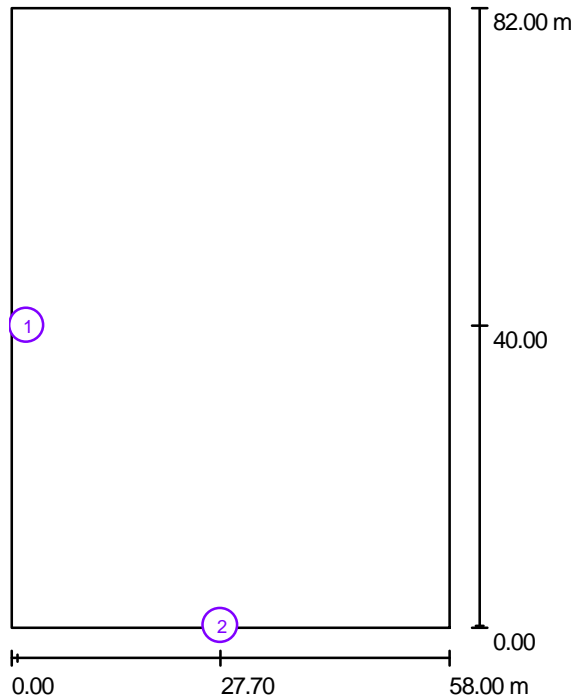
Valaisinten luokittelu DIN: A50

Varustus: 1 x 1 x TL-D58W (Korjaustekijä 1.000 ).



Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 2 - UGR-katsojaluetelo



Mittakaava 1 : 1000

### UGR laskelmapisteluettelo

Numero	Tunnus	Sijainti [m]			Näkökulma [°]	Arvo
		X	Y	Z		
1	UGR-laskelmapiste 1	0.800	40.000	1.200	0.0	<10
2	UGR-laskelmapiste 2	27.700	0.300	1.200	90.0	20

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 2 - Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 1920000 lm  
Kokonaisteho: 21504 W  
Alenemakerroin: 0.80  
Reuna-alue: 0.000m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m <sup>2</sup> ]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	243	37	279	/	/
Laskettava pinta 1	58	37	95	/	/
Laskettava pinta 2	58	57	115	/	/
Lattia	238	36	274	20	17
Katto	0.00	50	50	70	11
Seinä 1	67	39	106	30	10
Seinä 2	75	33	108	30	10
Seinä 3	47	38	85	30	8.11
Seinä 4	75	33	108	30	10

Yhdenmukaisuus käyttötasolla

$E_{\min} / E_m$ : 0.40

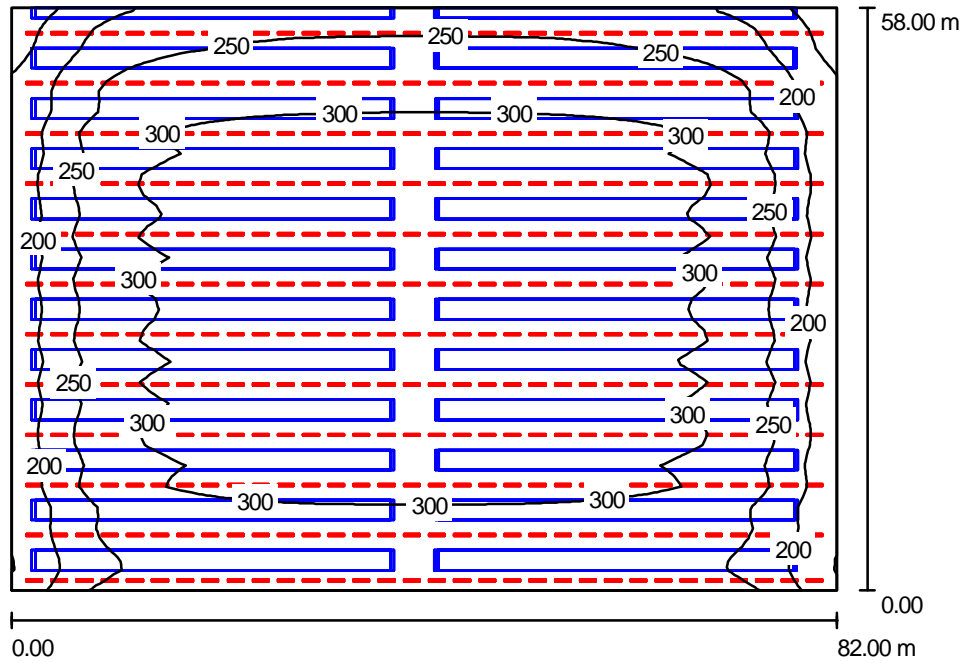
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.30

Valaistusvoimakkuussuhde (LG3:2001 n mukaan): Seinät / Käyttötaso: 0.361, Katto / Käyttötaso: 0.178.

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $4.52 \text{ W/m}^2 = 1.62 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala: 4756.00 m<sup>2</sup>)

Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 2: Käyttötaso - Isolux-käyrät (E)



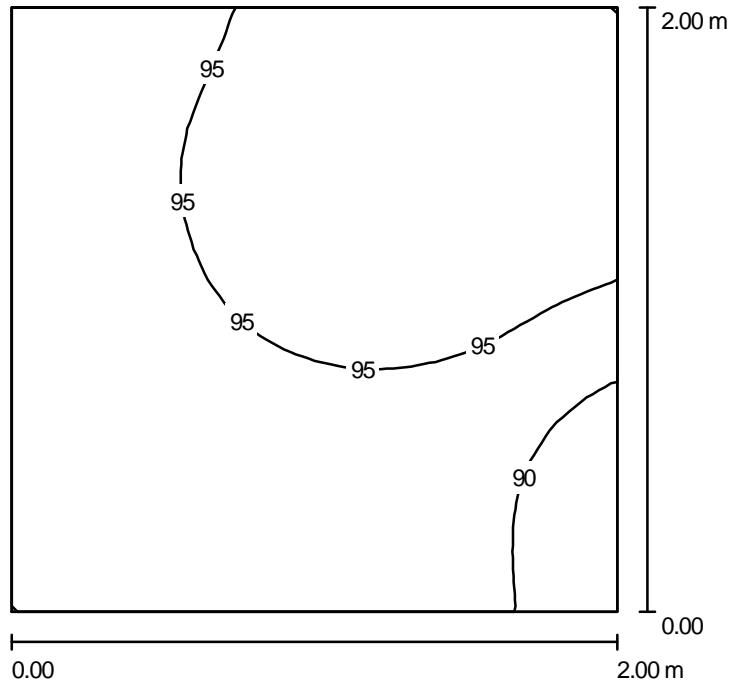
Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 750

Rasteri: 39 x 28 Pisteet

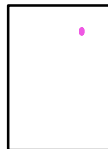
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
279	113	373	0.40	0.30

Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 2: Laskettava pinta 1 - Isolux-käyrät (E)



Pinnan sijainti tilassa:



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

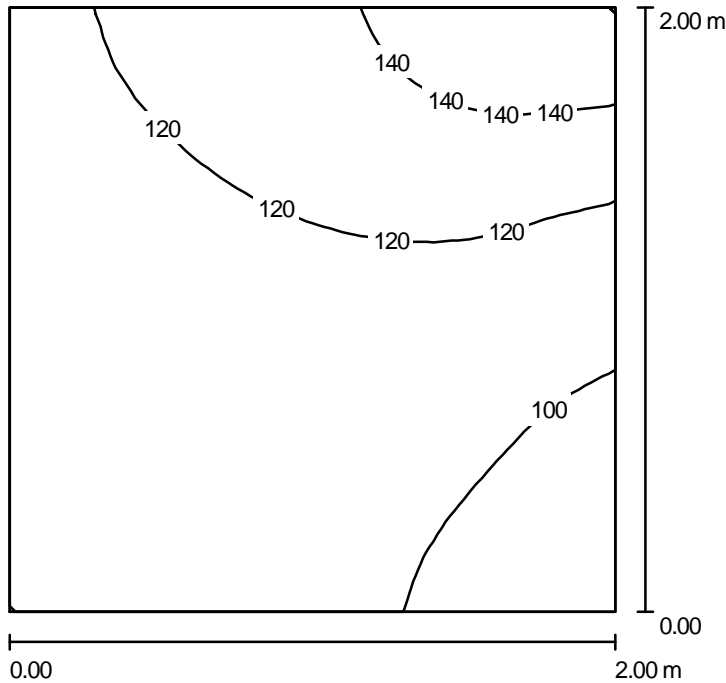
Rasteri: 10 x 10 Pisteet

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
95	86	101	0.91	0.86



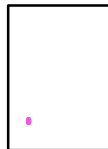
Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

Vaihtoehto 2: Laskettava pinta 2 - Isolux-käyrät (E)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

Pinnan sijainti tilassa:

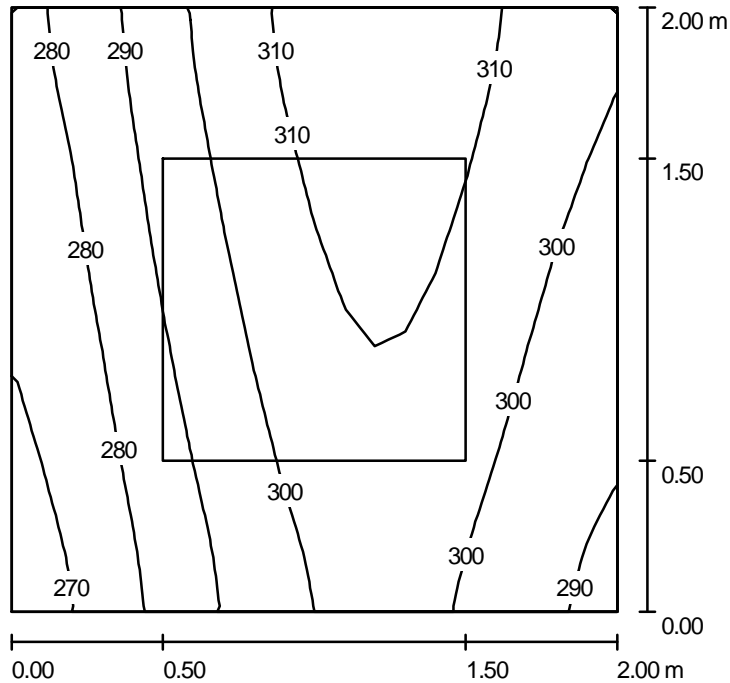


Rasteri: 10 x 10 Pisteet

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
115	91	157	0.79	0.58

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 2: Työalue 1 - Isolux-käyrät (työalue)



Pinnan sijainti tilassa:

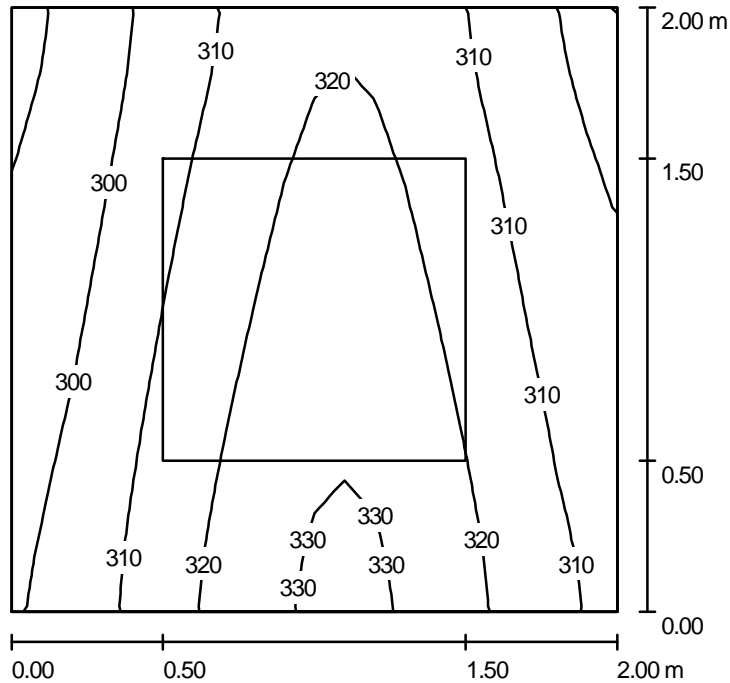


Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

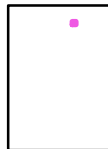
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Työalue	305	291	315	0.95	0.92
Ympäröivä alue	293	267	317	0.91	0.84

Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 2: Työalue 2 - Isolux-käyrät (työalue)



Pinnan sijainti tilassa:



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Työalue	321	311	329	0.97	0.95
Ympäröivä alue	309	290	332	0.94	0.87

## **VAIHTOEHTO 3**

Projekti: Hansa Logistiikkakeskus  
Kohde: Varastohalli

Päivämäärä: 26.04.2005  
Tekijä: Kati Asell

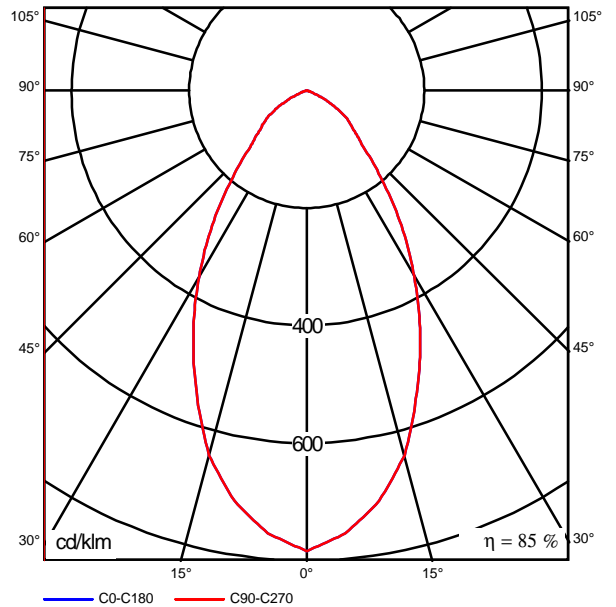
Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

**Valaisintietoarkki**

**PHILIPS HDK 100 SPK100 +GPK100 NB 1xSON250W**



Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu DIN: A60

Valaistu alue 1:

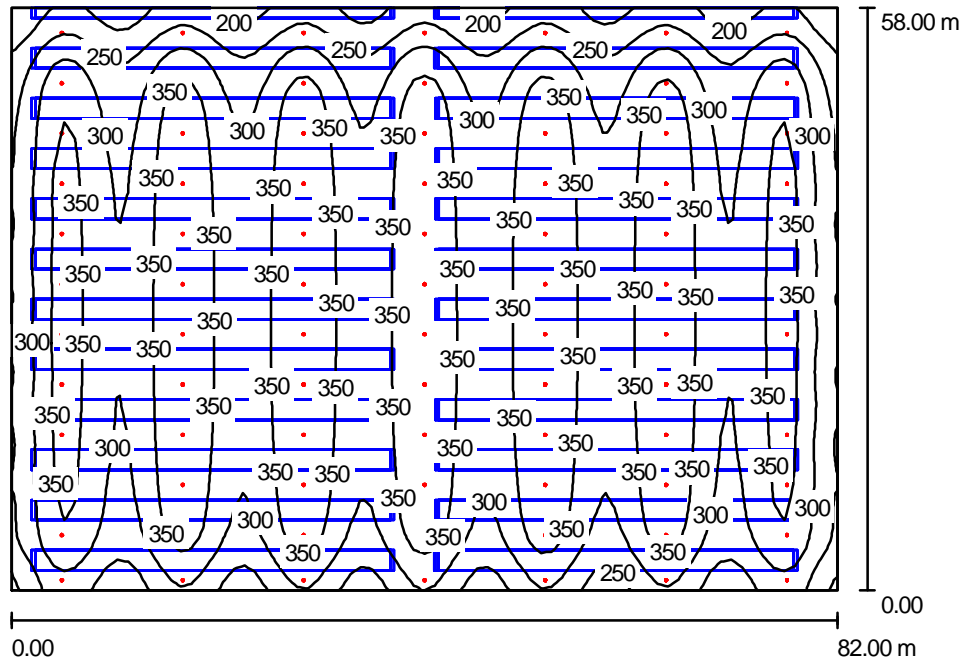
Häikäisyarvot UGR:N mukaan											
ρKatto	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
ρSeinät	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	30
ρLattia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tilan koko X Y	Näkökulma poikittain Lampun keskivivaan					Näkökulma pitkittäin Lampun keskivivaan					
2H	2H	21.4	22.3	21.6	22.6	22.8	21.4	22.3	21.6	22.6	22.8
	3H	21.5	22.4	21.8	22.6	22.9	21.5	22.4	21.8	22.6	22.9
	4H	21.4	22.2	21.7	22.5	22.8	21.4	22.2	21.7	22.5	22.8
	6H	21.3	22.1	21.7	22.4	22.7	21.3	22.1	21.7	22.4	22.7
	8H	21.3	22.0	21.7	22.3	22.6	21.3	22.0	21.7	22.3	22.6
	12H	21.3	22.0	21.6	22.3	22.6	21.3	22.0	21.6	22.3	22.6
4H	2H	21.5	22.4	21.9	22.6	22.9	21.5	22.4	21.9	22.6	22.9
	3H	21.7	22.4	22.0	22.7	23.0	21.7	22.4	22.0	22.7	23.0
	4H	21.6	22.2	22.0	22.5	22.9	21.6	22.2	22.0	22.5	22.9
	6H	21.5	22.1	21.9	22.4	22.8	21.5	22.1	21.9	22.4	22.8
	8H	21.5	22.0	21.9	22.4	22.8	21.5	22.0	21.9	22.4	22.8
	12H	21.4	21.9	21.9	22.3	22.7	21.4	21.9	21.9	22.3	22.7
8H	4H	21.5	22.0	21.9	22.4	22.8	21.5	22.0	21.9	22.4	22.8
	6H	21.4	21.8	21.9	22.3	22.7	21.4	21.8	21.9	22.3	22.7
	8H	21.4	21.7	21.8	22.2	22.6	21.4	21.7	21.8	22.2	22.6
	12H	21.3	21.6	21.8	22.1	22.6	21.3	21.6	21.8	22.1	22.6
12H	4H	21.4	21.9	21.9	22.3	22.7	21.4	21.9	21.9	22.3	22.7
	6H	21.4	21.7	21.8	22.2	22.6	21.4	21.7	21.8	22.2	22.6
	8H	21.3	21.6	21.8	22.1	22.6	21.3	21.6	21.8	22.1	22.6
Välitelekatsojan paikasta valaistimen etäisyyden tarkastelun osaksi S											
S =	1.0H	+0.9 /	-1.1			+0.9 /	-1.1				
	1.5H	+2.1 /	-2.8			+2.1 /	-2.8				
	2.0H	+3.6 /	-6.5			+3.6 /	-6.5				
Väko- Toukukset	BK01					BK01					
Korjaus- yhitesilaskettava	3.0					3.0					
<small>Koska: Häikäisyarvot laskettaessa 2700lm Kikrovalaistimella</small>											

**Osat:**

- (sisältää valonjakautumiskäyrän)

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 3 - Yhteenvedo



Tilan korkeus: 12.000 m, Alenemakerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:750

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	323	143	417	0.44
Lattia	20	319	145	396	0.46
Katto	70	56	26	70	0.45
Seinät (4)	30	106	24	1214	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 39 x 28 Pisteet  
Reuna-alue: 0.000 m

Valaistusvoimakkuussuhde (LG3:2001 n mukaan): Seinät / Käyttötaso: 0.325, Katto / Käyttötaso: 0.174.

**Luettelo valaisimista**

Tyyppi	Kappale	Tunnus	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	84	PHILIPS HDK 100 SPK100 +GPK100 NB 1xSON250W	27000	274

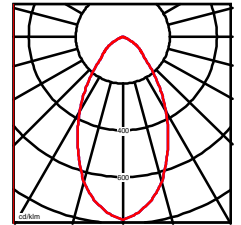
kokonaan: 2268000 23016

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $4.84 \text{ W/m}^2 = 1.50 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $4756.00 \text{ m}^2$ )

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

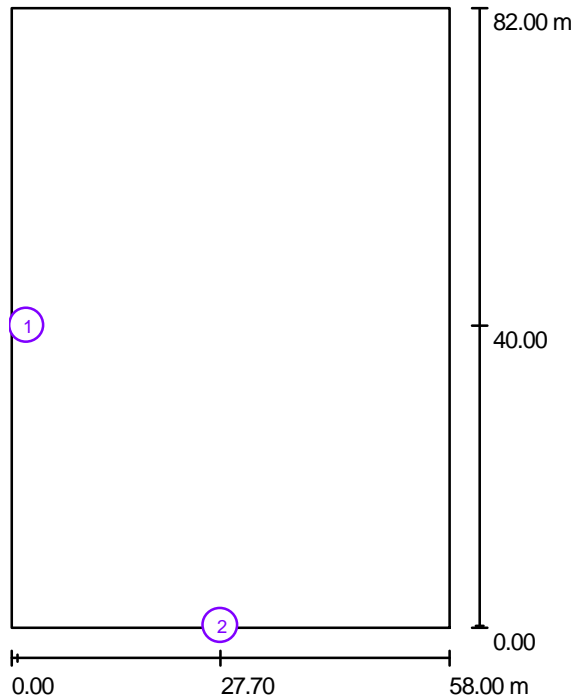
### Vaihtoehto 3 - Luettelo tilan valaisimista

84 Kappale PHILIPS HDK 100 SPK100 +GPK100 NB  
1xSON250W  
Tavaranumero:  
Valaisimien valovirta: 27000 lm  
Valaisimien teho: 274 W  
Valaisinten luokittelu DIN: A60  
Varustus: 1 x 1 x SON250W (Korjaustekijä  
1.000 ).



Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

## Vaihtoehto 3 - UGR-katsojaluetelo



Mittakaava 1 : 1000

### UGR laskelmapisteluettelo

Numero	Tunnus	Sijainti [m]			Näkökulma [°]	Arvo
		X	Y	Z		
1	UGR-laskelmapiste 1	0.800	40.000	1.200	0.0	22
2	UGR-laskelmapiste 2	27.700	0.300	1.200	90.0	16



Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 3 - Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 2268000 lm  
Kokonaisteho: 23016 W  
Alenemakerroin: 0.80  
Reuna-alue: 0.000m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m <sup>2</sup> ]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	282	42	323	/	/
Laskettava pinta 1	55	81	135	/	/
Laskettava pinta 2	43	51	94	/	/
Lattia	278	41	319	20	20
Katto	0.00	56	56	70	13
Seinä 1	83	43	127	30	12
Seinä 2	56	40	96	30	9.18
Seinä 3	59	40	99	30	9.48
Seinä 4	56	40	96	30	9.18

Yhdenmukaisuus käyttötasolla

$E_{\min} / E_m$ : 0.44

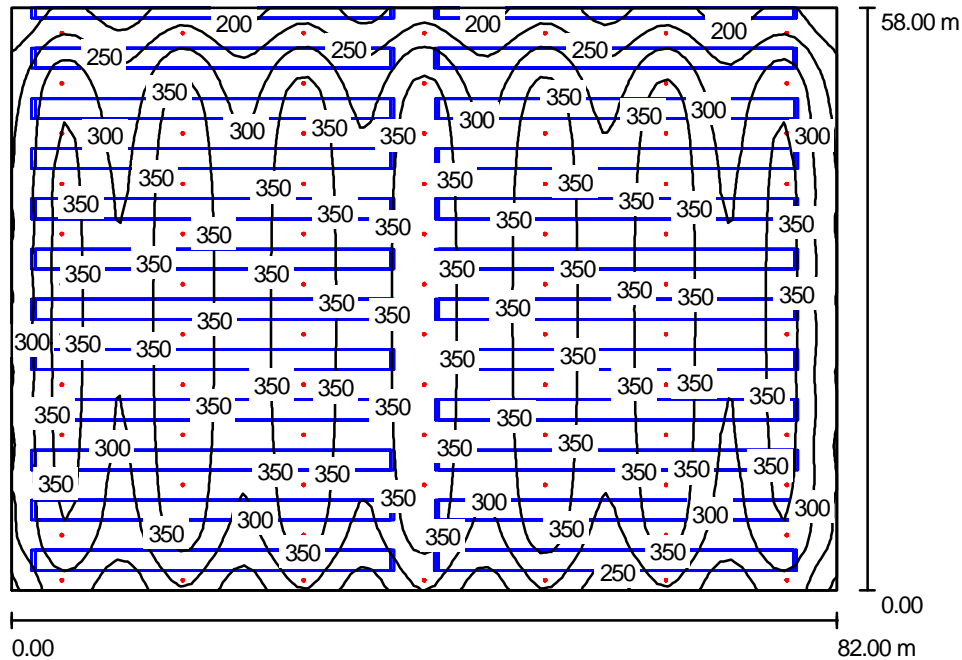
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.34

Valaistusvoimakkuussuhde (LG3:2001 n mukaan): Seinät / Käyttötaso: 0.325, Katto / Käyttötaso: 0.174.

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $4.84 \text{ W/m}^2 = 1.50 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $4756.00 \text{ m}^2$ )

Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 3: Käyttötaso - Isolux-käyrät (E)



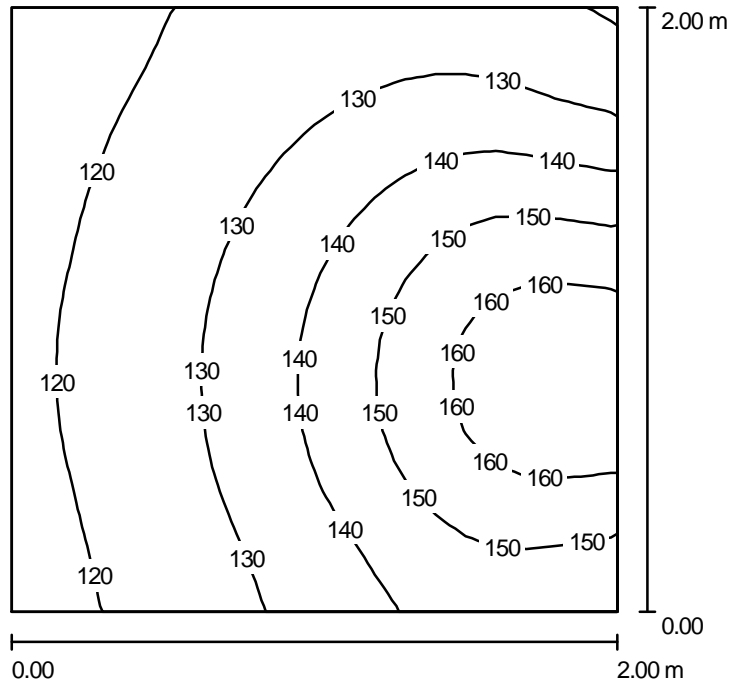
Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 750

Rasteri: 39 x 28 Pisteet

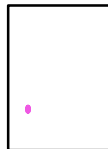
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
323	143	417	0.44	0.34

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 3: Laskettava pinta 1 - Isolux-käyrät (E)



Pinnan sijainti tilassa:



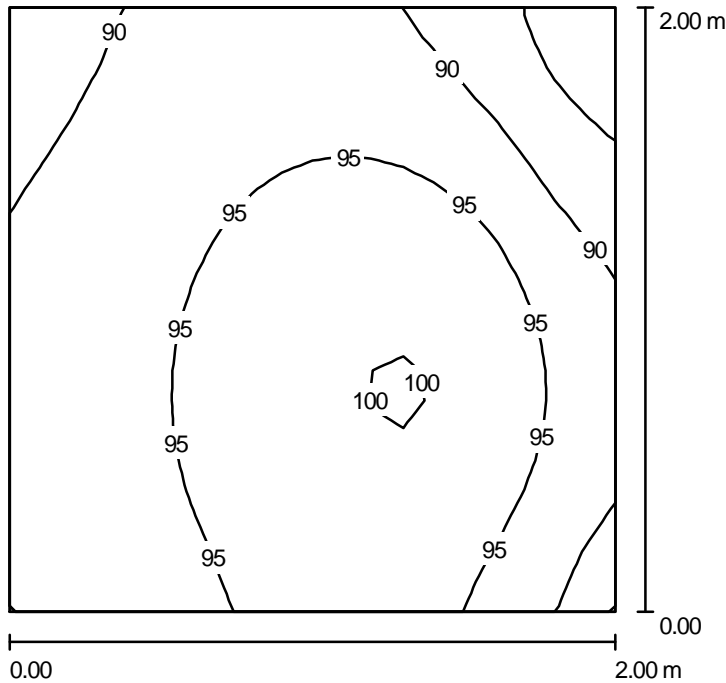
Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

Rasteri: 10 x 10 Pisteet

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
135	116	169	0.86	0.69

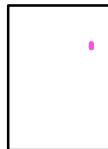
Tekijä Kati Asell  
 Puhelin  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite

Vaihtoehto 3: Laskettava pinta 2 - Isolux-käyrät (E)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

Pinnan sijainti tilassa:

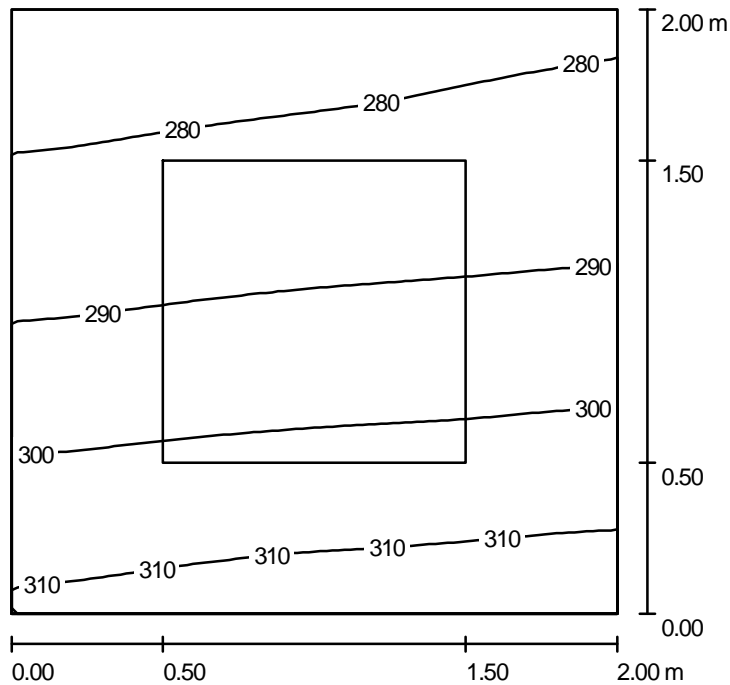


Rasteri: 10 x 10 Pisteet

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
94	81	101	0.86	0.80

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 3: Työalue 1 - Isolux-käyrät (työalue)



Pinnan sijainti tilassa:

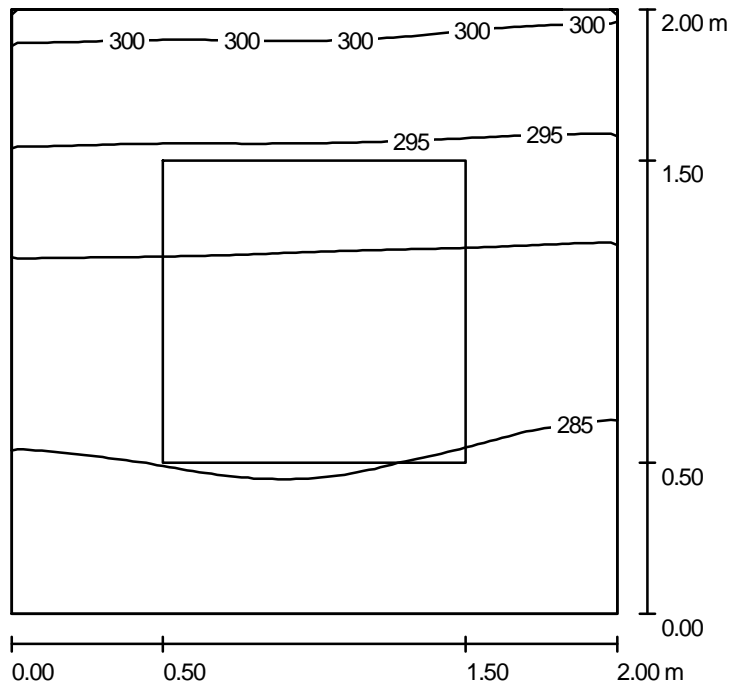


Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

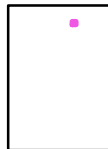
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Työalue	292	283	301	0.97	0.94
Ympäröivä alue	293	276	313	0.94	0.88

Tekijä Kati Asell  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

### Vaihtoehto 3: Työalue 2 - Isolux-käyrät (työalue)



Pinnan sijainti tilassa:



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 25

	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Työalue	288	285	293	0.99	0.97
Ympäröivä alue	290	284	300	0.98	0.95