

Titel: *Rapport 1: Licht & Verlichting; algemene begrippen in de verlichtingskunde toegespitst op de beleving van kunstlicht*

Opgesteld door: Koert Ringelenberg
De Bosjes 8
4112 NL BEUSICHEM
Student nummer: 1085024
Thuis : 0345 – 50 20 92
Mob : 06 – 27 304 814
Email : gebr.ringelenberg@12move.nl

Afstudeerbedrijf: TNO Bouw / TUE
Vertigo
De Wielen 1
5600 MB EINDHOVEN
Tel : 040 247 3411

Begeleiding: Intern:
M. van der Laan
C. Hensbergen

Extern:
L. Zonneveldt
M. Aarts

Inhoudsopgave

Hoofdstuk	Titel	Blad
1.	Inleiding	3
2.	Licht	4
2.1.	Grootheden	5
2.1.1.	Lichtstroom, Φ eenheid: lumen (lm)	5
2.1.2.	Lichtrendement, η eenheid: lm/W	5
2.1.3.	Lichtsterkte, I eenheid: candela (cd)	6
2.1.4.	Verlichtingstrekte, E eenheid: lux (lx)	6
2.1.5.	Luminantie, L eenheid: cd/m ²	7
2.2.	Absorptie, reflectie en transmissie	7
3.	Verlichtingsmethoden	10
3.1.	Lichtbronnen	10
3.1.1.	Daglicht	10
3.1.2.	Kunstlicht	10
3.2.	Armaturen	12
3.3.	Lichteigenschappen en kenmerken	14
3.3.1.	Lichthoeveelheid	14
3.3.2.	Diffuus en gericht licht	15
3.3.3.	Modelering	15
3.3.4.	Schittering (glans, glinstering)	16
3.3.5.	Verblinding	16
3.3.6.	Kleurweergave	17
3.3.7.	Kleurtemperatuur	18
3.4.	Typering verlichtingsmethoden	19
4.	Zicht en perceptie	21
4.1.	Adaptatie	21
4.2.	Waarnemingspsychologie	22
4.2.1.	Constantheid	22
4.2.2.	Gestaltwetten	24
4.3.	Beleving van ruimteverlichting	26
4.4.	Niet visuele (biologische) effecten	29
5.	Lichtplannen	30
5.1.	Keuze lichtstelsel	30
6.	Literatuurlijst	31

1. Inleiding

Onderliggend rapport is een deelrapport over de kennisoverdracht van de mogelijkheden en het belang van kunstverlichting. Het eindwerk bestaat uit drie rapporten en een website, te weten:

- Rapport 1: *Licht & Verlichting*; algemene begrippen in de verlichtingskunde toegespitst op de beleving van kunstlicht.
- Rapport 2: *Het proces*; de gemaakte keuzes op weg naar het einddocument over de beleving van kunstlicht.
- Rapport 3: *Toelichting resultaten*; methodieke analyse van de simulaties (aan de hand van voorbeelden).
- Einddocument: http://sts.bwk.tue.nl/artificial_light (nog in opbouw)

Dit rapport dient als inleidend verhaal op de volgende twee rapporten. De basisbegrippen van licht en verlichting worden in dit rapport uitgelegd.

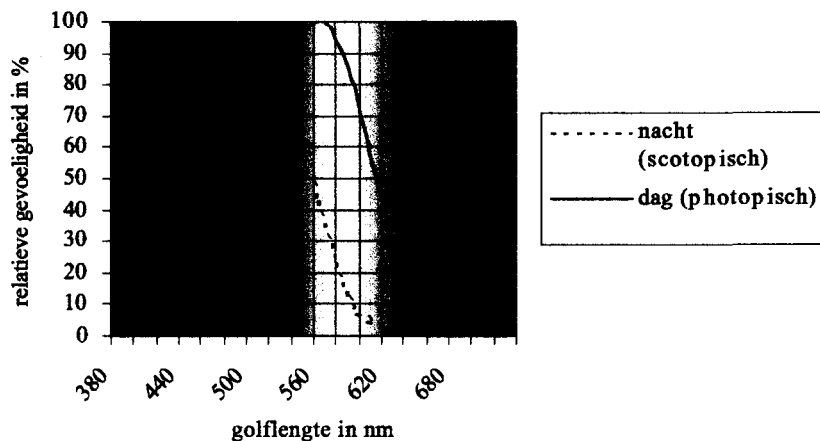
2. Licht

Licht is de basis van het zien. Het menselijke oog is gevoelig voor het verschijnsel licht en zet het ontvangen licht om in een visuele prikkel. Hoewel er verschillende theorieën bestaan over de precieze aard van de kenmerken van licht, wordt in de verlichtingskunde licht als een elektromagnetisch (EM) golfverschijnsel beschouwd. Het oog is gevoelig voor EM golven met een golflengte van 380 tot 780 nm. Het oog van de mens neemt maar een klein deel van het totaal aan EM golven waar. Het menselijke oog informeert ons over de omgeving door stralen op te vangen welke door objecten worden uitgestraald of gereflecteerd.



figuur 1, EM spectrum

Het oog is het meest gevoelig voor licht met een golflengte van 555 nm. Dit is de golflengte die bij de kleur geel-groen hoort. In vergelijking tot een andere kleur is bij deze golflengte relatief het minste vermogen nodig om een bepaalde helderheidindruk te geven. Voor licht van een andere golflengte is meer vermogen nodig om dezelfde helderheidindruk te geven. Zo heeft rood licht ongeveer 4 keer zoveel vermogen nodig als groen licht om een gelijke helderheidindruk te geven. De verlichtingsgrootheden die gebruikt worden om de lichthoeveelheden aan te geven zijn 'gewogen' tegen de spectrale ooggevoeligheid. [DBO04, LH93]



figuur 2, Relatieve spectrale ooggevoeligheid

2.1. Grootheden

2.1.1. Lichtstroom, Φ eenheid: lumen (lm)

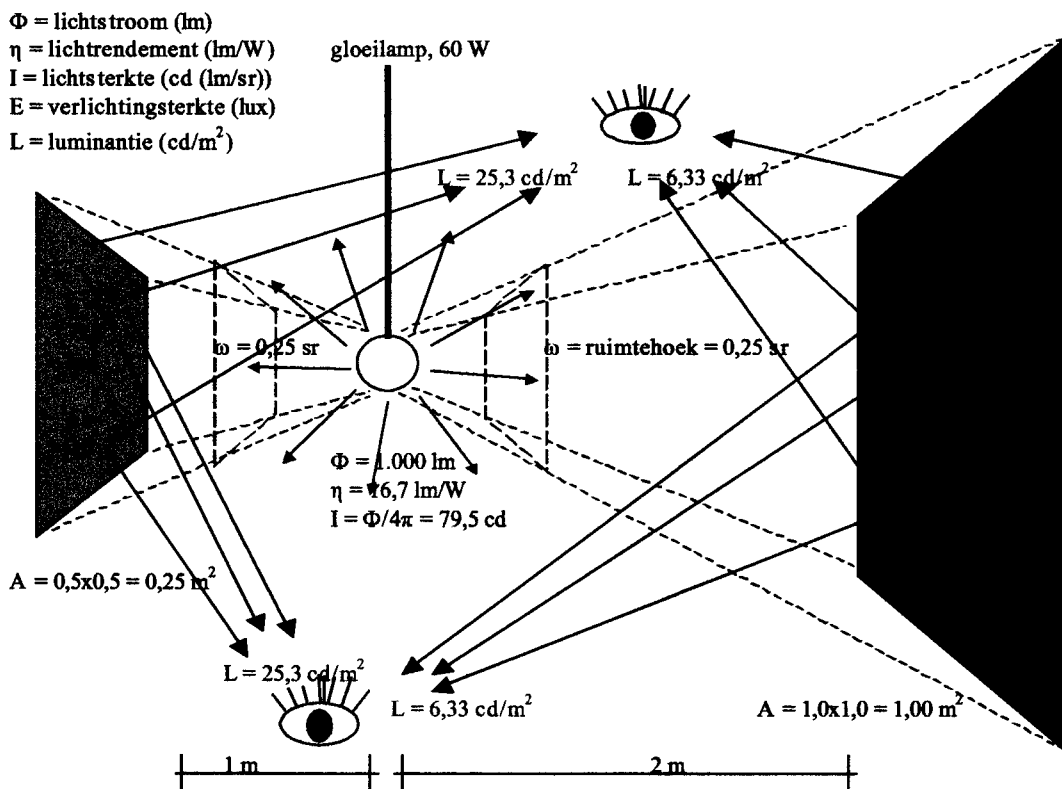
De lichtstroom beschrijft het totale vermogen dat door een lichtbron wordt afgegeven. Eigenlijk kan dit vermogen van afgegeven energie in de eenheid Watt worden uitgedrukt. Dit is echter geen doeltreffende manier omdat geen rekening wordt gehouden met de spectrale gevoeligheid van het oog. Een stralingsstroom van 1 Watt met de golflengte van 555 nm veroorzaakt een lichtstroom van 683 lm (Lumen). [DBO04, HdL92]

2.1.2. Lichtrendement, η eenheid: lm/W

Het lichtrendement zegt iets over de effectiviteit van een lichtbron. Het lichtrendement wordt weergegeven door de verhouding van afgegeven lichtstroom en het verbruikte vermogen van de lichtbron. Het lichtrendement verschilt per lichtbron. Bij lichtbronnen met een laag lichtrendement gaat vaak veel energie verloren in de vorm van warmte i.p.v. licht. Het energieverbruik van een bron met een hoog lichtrendement (zoals de fluorescentielamp) ligt hierdoor lager dan bij een lichtbron met een gelijk vermogen en een lager rendement (zoals de gloeilamp). [DBO04, HdL92]

2.1.5. Luminantie, L eenheid: cd/m^2

De luminantie beschrijft de lichtstroom welke door een bepaald oppervlak wordt uitgestraald in de richting van een punt. Deze lichtstroom kan door het vlak zelf worden uitgestraald of d.m.v. reflectie door het vlak worden weerkaatst. De luminantie beeldt een begrip voor de waargenomen helderheid. De helderheid zelf wordt echter door de adaptatie toestand van het oog en de contrasterende omgeving bepaald. [DBO04, HdL92]

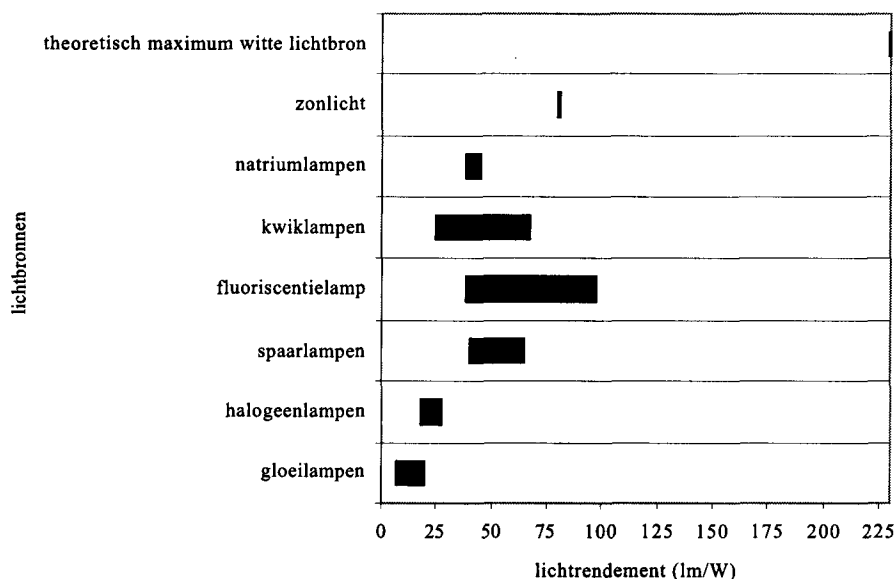


figuur 5, Voorbeeld grootheden licht, oppervlakken volledig diffuus

2.2. Absorptie, reflectie en transmissie

Licht alleen is niet genoeg om te kunnen zien. Om een object te kunnen zien dat zelf geen lichtbron is, is een interactie tussen het opvallende licht en het object nodig. Een object wordt pas zichtbaar wanneer licht via het oppervlak van het object op ons oog valt. Ieder materiaal kan op drie wijzen het invallende licht verwerken, te weten:

- absorptie, α
- reflectie, ρ
- transmissie, τ



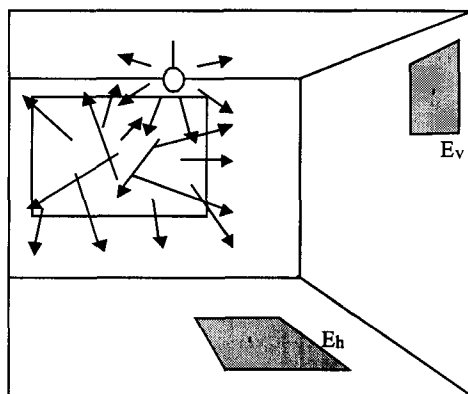
figuur 3, Voorbeelden lichtrendement

2.1.3. Lichtsterkte, I eenheid: candela (cd)

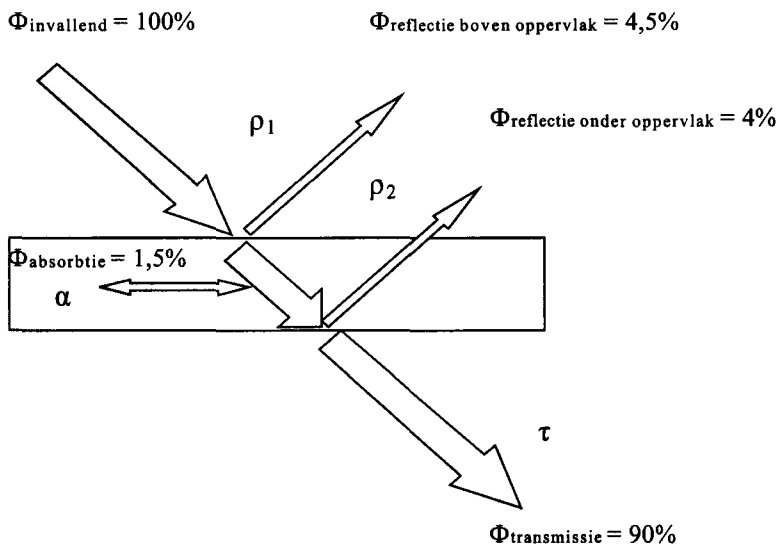
Een ideale puntvormige lichtbron straalt zijn lichtstroom gelijkmatig in alle richtingen uit. De lichtsterkte is in alle richtingen gelijk. In de praktijk zijn veel lichtbronnen echter voorzien van een onderdeel (reflector bijv.) dat de richting van het licht stuurt. Het is hierom zinvol om een maat voor de ruimtelijke verdeling van de lichtstroom te hanteren. Dit noemen we de lichtsterkte. Dit is de lichtstroom per eenheid van ruimtehoek. [DBO04, HdL92]

2.1.4. Verlichtingsterkte, E eenheid: lux (lx)

De verlichtingssterkte is een maat voor de hoeveelheid lichtstroom die op een bepaald oppervlak neerkomt. De verlichtingssterkte is niet afhankelijk van de richting waaruit de lichtstroom het vlak bereikt. De verlichtingsterkte kan in ieder willekeurig punt van een ruimte bepaald worden, onafhankelijk van het oppervlakte. [DBO04, HdL92]



figuur 4, Horizontale en verticale verlichtingsterkte



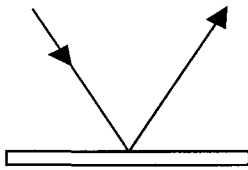
figuur 6, Materiaal glas: verdeling van een invallende lichtstroom

De mate van verdeling bepaald hoe we een object zien. Een object dat 90% van het opvallende licht absorbeert en maar 10% reflecteert, zal zwart aandoen. Omgekeerd zal een wit vlak zeer weinig absorberen en juist veel reflecteren. Objecten die tussen deze twee extremen inzitten, zien we als grijs.

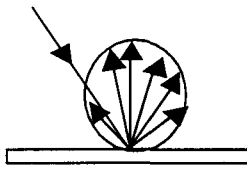
Niet alles dat we zien is zwart, wit of grijs. Een object kan ook een groot deel van het licht absorberen, maar juist een klein spectrum van de zichtbare EM-straling reflecteren. Een vlak dat uitsluitend licht met een golflengte rond de 400 nm reflecteert zien bij voldoende lichtintensiteit als blauw.

Daarnaast geeft ieder materiaal het gereflecteerde licht een richting mee. Hierbij bestaan twee uitersten; spiegelende reflectie en diffuse reflectie. Tussen deze uitersten zijn vele mengvormen mogelijk. De aard van het oppervlak bepaalt de richting waarin licht wordt gereflecteerd. Een gewone spiegel is een goed voorbeeld van een materiaal met een bijna volledig spiegelend oppervlak. De matte verf, die veel voor wanden wordt gebruikt, benadert een volledig diffuus oppervlak. De lak van een auto is een goed voorbeeld van een mengvorm. [DBO04, LH93]

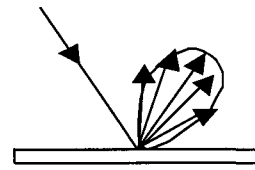
reflectie typen



polished surface (specular)

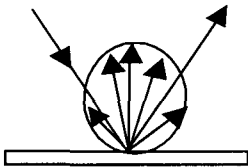


matte surface (diffuse)

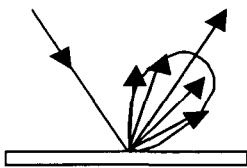


rough surface (spread)

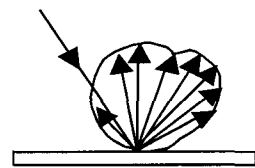
gecombineerde reflectie



specular & diffuse



specular & spread



diffuse & spread

figuur 7, Verschillende reflectie typen

3. Verlichtingsmethoden

3.1. Lichtbronnen

Er bestaan diverse mogelijkheden om een object of ruimte te verlichten. Zeer globaal kunnen we licht verdelen in dag- en kunstlicht. [DBO04, LH93]

3.1.1. Daglicht

Wanneer er over daglicht wordt gesproken, dient een onderscheid gemaakt te worden in direct zonlicht en hemellicht. Direct zonlicht bereikt het aardoppervlak rechtstreeks en laat kenmerkende rechte schaduwen van objecten achter. Naast licht bevat de door de zon uitgezonden straling ook infrarode straling. Deze straling ervaren wij als warmte, zodra deze onze huid bereikt.

Een deel van het zonlicht wordt door deeltjes in de atmosfeer verspreid. Dit licht komt via één of meerdere reflecties op aarde. Indien we buiten staan en om ons heen kijken is dit hemellicht te schematiseren als een halve bol, waar we midden in staan. De luminantie van deze halve bol is niet overal even groot. De grootste luminantie treffen we aan in de zenit (loodrecht boven ons). De luminantie is bij een volledig bewolkte lucht hier wel drie keer zo groot als vlak boven de horizon. Van invloed op de daglicht hoeveelheid zijn:

- tijdstip (zon hoogte)
- datum (zon hoogte)
- weer (bewolking)

3.1.2. Kunstlicht

Het kunstlicht dat wordt gebruikt om ruimten te verlichten wordt meestal onderverdeeld aan de hand van de werkingswijze. Hierbij bestaan drie hoofdgroepen:

- gloeilampen;
- halogeen(gloeilampen)
- gasontladingslampen

Gloeilampen

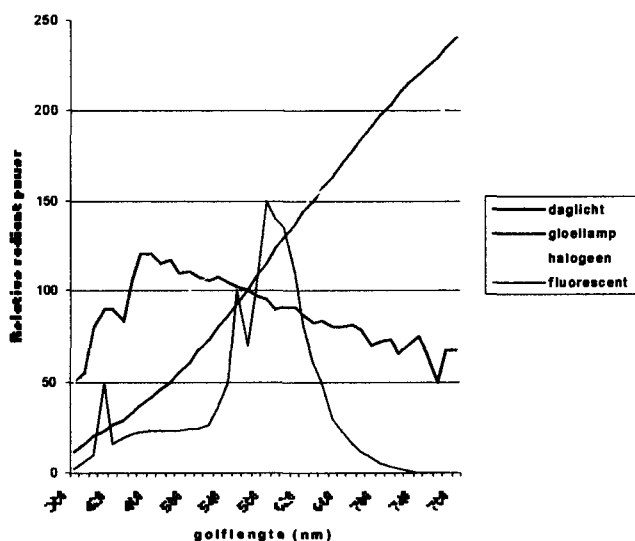
De gloeilamp is een temperatuurstraler. Zijn werking berust daarop dat een metaaldraad begint te gloeien als deze door elektrische stroom verhit wordt. Bij toenemende temperatuur verschuift het spectrum van het uitgestraalde licht in het bereik van de kortere golflengtes. Een normale gloeilamp zendt meer infrarode straling uit, dan straling in het zichtbare gebied. Wat betekent dat de gloeilamp meer warmte produceert dan licht. Meestal wordt wolfram als materiaal voor de metaaldraad gebruikt. Wolfram verdampt echter wel langzaam, met als gevolg dat na verloop van tijd de gloeilamp niet meer functioneert. Een ander gevolg van het verdampen van het wolfram is dat de glazen bol om de metaaldraad vervuilt, wat de afgegeven hoeveelheid licht doet afnemen. Om het oxideren van de draad tegen te gaan, wordt de glazen bol vaak gevuld met een gas. Meestal is dit gas stikstof, of een menging van stikstof met een edelgas.

Halogeen(gloeilampen)

De halogeenlamp werkt op gelijke wijze als de gloeilamp. Alleen wordt bij een halogeenlamp halogeengas als vulmiddel van de lamp gebruikt. Bij deze lamp verbindt het verdampte wolfram zich met het halogeengas. De verbinding kan niet tegen de glazen bol neerslaan, maar zal bij de hete draad weer uiteenvallen. De halogeenlamp heeft in vergelijking met de oorspronkelijke gloeilamp een witter licht door de hogere temperatuur van de gloeidraad. Tevens heeft de halogeenlamp een twee tot viermaal zo lange levensduur.

Gasontladingslampen (fluorescentie lampen)

Bij een gasontladingslamp wordt in een met gas of metaaldamp gevulde ruimte een spanning tussen twee elektroden opgewekt. Deze spanning zorgt voor een elektronenstroom tussen de elektroden. De elektronen botsen op hun weg naar de positieve elektrode tegen gasatomen aan. Als de snelheid van de elektronen groot genoeg is, geven de aangeslagen gasatomen een straling af. Ieder gas geeft zo zijn eigen straling in een meestal smal bereik af. Als de snelheid van de elektronen wordt vergroot, dan worden de gasatomen niet meer aangeslagen maar geïoniseerd. Het gasatoom splitst zich dan in een ion en een elektron. Het aantal werkzame deeltjes in de ruimte wordt zo verhoogd, waardoor in totaal meer straling wordt afgegeven. Het gebruikte gasmengsel is bepalend voor de afgegeven straling. Dit is bij gasontladingslampen nooit een continu spectrum. Meestal worden door deze lampen pieken uitgezonden, waarvan de golflengte niet binnen het zichtbare licht valt. Door de binnenkant van het glazen omhulsel van de lamp te voorzien van een dun poeder, kan de door het gas uitgezonden straling gedeeltelijk worden omgezet in straling die wel binnen het zichtbare licht valt. Vooral fluor poeder wordt hiervoor toegepast. Fluor poeder zet ultraviolet licht om in zichtbaar licht.



figuur 8, Spectrale verdeling lichtbronnen

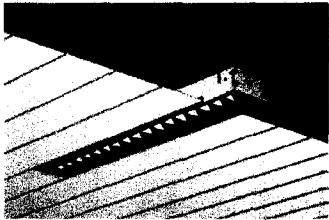
3.2. Armaturen

Terwijl de lamp primair de bron van het licht is, zijn reflectors en lamellen vereist om het licht te helpen verspreiden en richten naar waar het nodig is. De armatuur is het apparaat dat deze functies uitvoert. Ook heeft de armatuur een functie in het beschermen van de gebruiker tegen verblinding. Daarbij beschermt de armatuur de gebruiker voor de vaak verhitte lamp en de elektrische bedrading, andersom dient de armatuur als beschermhoes voor de breekbare lamp. [PLV04]

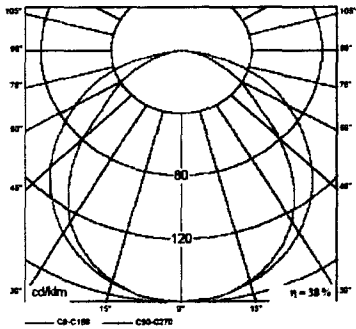
Armatuurtype:

Inbouwarmaturen

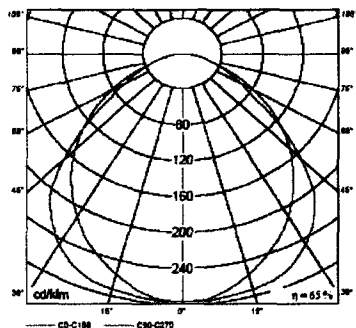
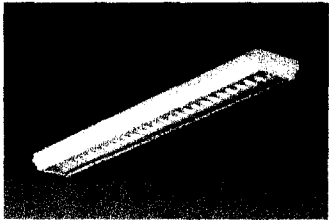
Illustratie:



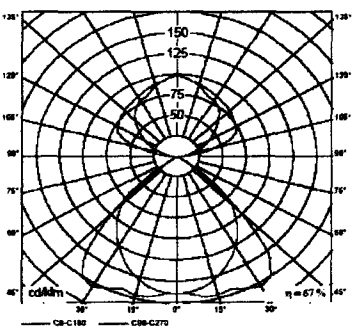
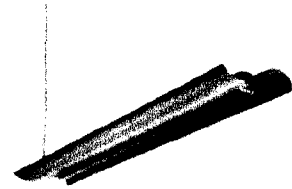
Distributie:



Opbouwarmaturen

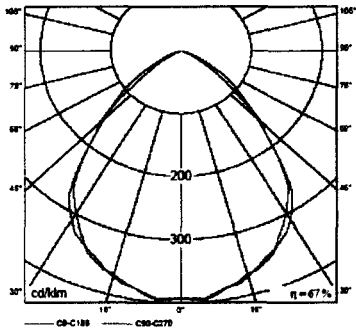
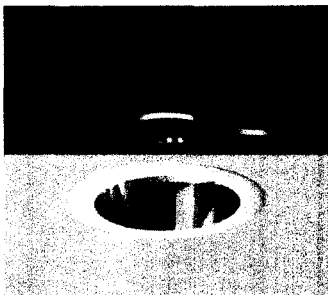


Pendelarmaturen

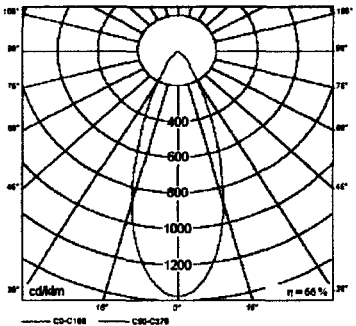
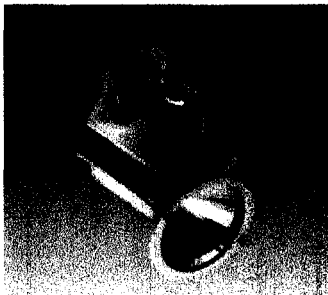


Tabel 1, Voorbeelden van armatuurtypen van Philips

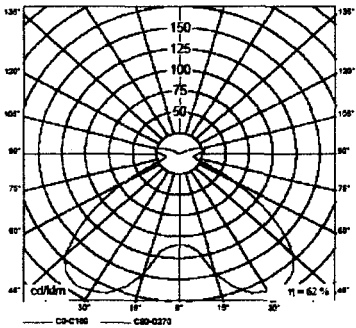
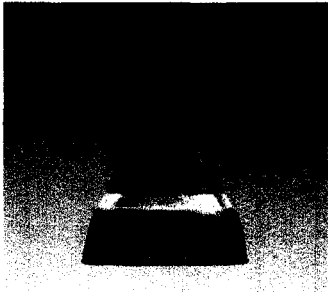
*Downlights /
Uplights*



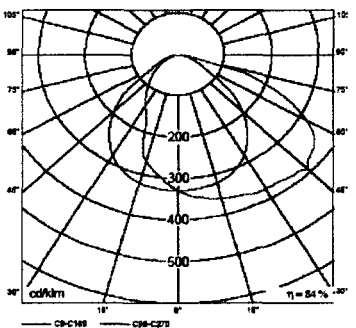
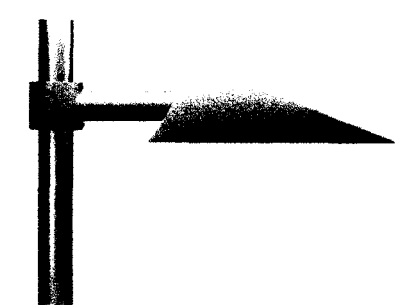
Spots/projectors



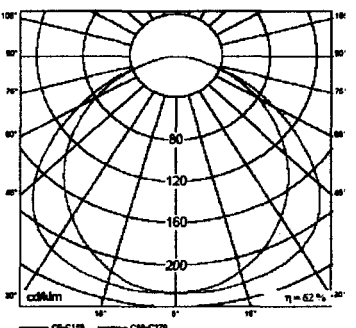
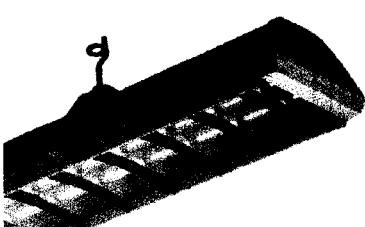
*Decoratieve
armaturen*



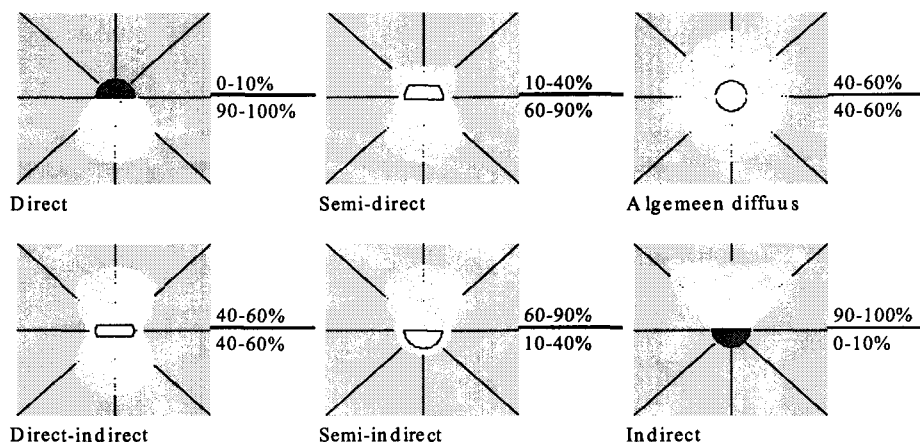
*Vrijstaande
vloerarmaturen*



Lichtlijnsystemen



Armaturen kunnen ook worden onderverdeeld naar de verticale lichtverdeling. De directe verlichting is hierin het licht dat rechtstreeks naar het werkvlak wordt uitgestraald, terwijl de indirecte verlichting naar het plafond wordt uitgestraald en via één of meerdere reflecties het werkvlak bereikt. [LH93]



figuur 9, Classificatie voor algemene verlichting door het CIE

3.3. Lichteigenschappen en kenmerken

3.3.1. Lichthoeveelheid

De basis voor ieder verlichtingsplan is de hoeveelheid licht, die voor een bepaalde oogtaak ter beschikking staat. Er is uitgebreid onderzoek verricht naar de onder- en bovengrens van de lichtsterkte voor bepaalde situaties. In het bijzonder de lichtcondities van de werkplaats, onder welke men een oogtaak optimaal kan uitvoeren, zijn uitgebreid onderzocht.

Tot 1000 lux stijgt de zichtprestatie steil (het vermogen om objecten of details van kleine omvang te onderscheiden). De ondergrens voor de verlichtingsterkte in een werkplaats is 200 lux. Voor precisie taken zoals fijnmontage is 1000 lux vereist. In uitzonderlijke gevallen, zoals bij operaties, kan een plaatselijke verlichtingsterkte van 10.000 nodig zijn.

De verlichtingsterkte alleen zegt niet veel over de daadwerkelijke waarneming. Het is immers niet de op een object vallende verlichtingsterkte die wordt waargenomen, maar de door een object uitgestraalde en gereflecteerde straling. Bepalend voor de daadwerkelijke waarneming is de luminantie van het object. Ook voor de luminantie bestaan aanbevelingen. Zowel voor de absolute luminantie als voor de luminantiecontrasten tussen object en omgeving. Deze aanbevelingen optimaliseren de oogtaken op de werkplaats. Te hoge absolute luminanties leiden tot verblinding. Voor luminantiecontrasten geldt dat gezocht moet worden naar een goede balans. Te grote contrasten maken een ruimte onrustig, terwijl te weinig contrast een ruimte saai doet ogen. [DBO04, LH93, HdL92]

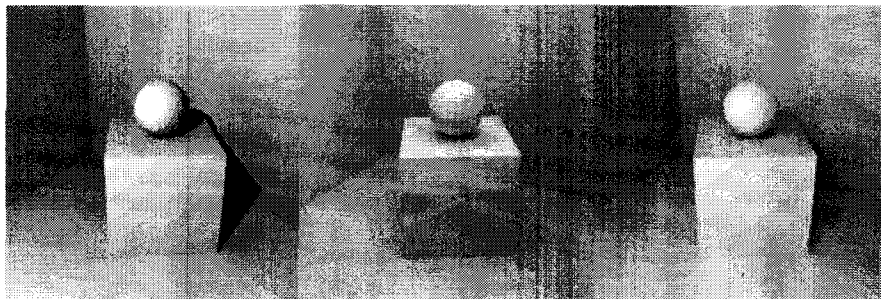
3.3.2. Diffuus en gericht licht

Het bekendste voorbeeld dat het verschil tussen diffuus en gericht licht goed illustreert, kennen we van de weersituatie buiten. Een volledig bewolkte hemel zorgt voor een gelijkmatige, bijna schaduwloze weergave van objecten. Terwijl het gerichte licht van de zon bij een wolkenloze hemel kenmerkende schaduwen te voorschijn doet komen.

Diffuus licht gaat van grote lichtende vlakken uit. Dit kunnen vlakvormige lichtbronnen zijn, zoals de hemelkoepel. Tevens kan diffuus licht het gevolg zijn van aangelichte vlakken, zoals binnenwanden, die het licht diffuus reflecteren. De kenmerken zijn een zeer gelijkmatige verlichting en nauwelijks schaduwen en spiegeling in vlakken.

Gericht licht ontstaat uit puntvormige bronnen. De eigenschappen van gericht licht zijn het creëren van schaduwen op objecten en oppervlakken met een structuur. De eigenschappen worden zichtbaar indien het aandeel van diffuus licht niet te groot is.

In een ruimte kan het aandeel van diffuus licht vergroot worden door vlakken als de wanden en het plafond te verlichten. Het gebruik van een lichtabsorberende afwerking op deze vlakken heeft een tegenovergesteld effect.



figuur 10, ¹Gericht licht, ²diffuus licht (lichtvlak boven), ³combinatie gericht en diffuus

Gericht licht biedt veel mogelijkheden bij het maken van lichtplannen, door het uitgebreide aanbod lampen met een andere uitstralingshoek, -en richting. [HdL92]

3.3.3. Modelering

Een kenmerk van de verwerking van het beeld dat ons netvlies bereikt, is dat wij in staat zijn om diepte in het beeld te zien. Wij ervaren de omgeving als driedimensionaal. Het effect hiervan is dat wij in staat zijn om afstanden te bepalen. De driedimensionaliteit verschaft ons zo informatie over de plaats en de oriëntering van objecten in een ruimte en ook over de ruimtelijke vorm en de oppervlakte structuur. Vooral voor de waarneming van de ruimtelijke vorm en de oppervlakte structuur van een object is de modelering door licht en schaduw onmisbaar. Een bol ziet er onder volledig diffuse verlichting uit als een platte schijf. Op dezelfde manier wordt de structuur van een oppervlak pas zichtbaar als schaduwen op het oppervlak ontstaan als gevolg van gericht licht.

Gericht licht helpt ons dus informatie te verkrijgen over de modelering van objecten. Een aandeel van diffuus licht is echter ook in de meeste gevallen gewenst, om te voorkomen dat objecten of onderdelen van objecten verdwijnen in een donkere schaduw. [HdL92]

3.3.4. Schittering (glans, glinstering)

Een andere eigenschap van de werking van gericht licht is schittering. Schittering wordt veroorzaakt door compacte puntvormige lichtbronnen, en treedt vooral op bij een klein aandeel van diffuus licht. Schittering kan optreden door lichtbronnen zelf, zoals een kaars. Verder kan schittering het gevolg zijn van breking van het licht, zoals bij geslepen edelstenen. Ook door reflectie in spiegelende oppervlakken, zoals porselein, glas en gepolijst metaal ontstaat schittering.



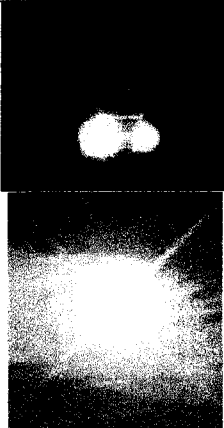
figuur 11, Gebruik van schittering als aandachtstrekker

Door schittering in een ruimte aan te brengen, ziet een ruimte er vaak interessanter en levendiger uit. Een ruimte kan door schitterende lichtbronnen feestelijk versierd worden, zoals bij kerstversiering in de vorm van kaarsen en de kerstboomverlichting tijdens de kerst. [HdL92]

3.3.5. Verblinding

Een belangrijk aspect bij het opstellen van lichtplannen is het voorkomen van verblinding. Onder verblinding verstaan we niet alleen het verminderen van het zichtvermogen als gevolg van een sterke lichtbron, maar ook subjectieve onbehaaglijkheid door het optreden van hoge luminanties of luminantiecontrasten in het gezichtsveld. Verblinding kan natuurlijk net zo goed door een spiegeling optreden als door een directe lichtbron.

Op de volgende pagina staan de eigenschappen van twee typen verblinding. [DBO04, HdL92]

Typen	Omschrijving	Kenmerken	Vormen	Voorbeelden
Storende verblinding	Sensatie van irritatie of pijn veroorzaakt door hoge of niet-gelijke distributie van helderheid in het gezichtsveld	- Verminderde waarneming details - Verstrooiing van licht van het object over het netvlies	- Direct - Reflectie (spiegeling)	
Onbehaaglijke verblinding	Subjectieve storende beleving veroorzaakt door relatief hoge luminanties in het gezichtsveld	- Afleiding doordat het oog zich automatisch richt op de hoogste luminantie - Informatie waarde van storende luminantie bepalend voor onbehaaglijkheid	- Direct - Reflectie (spiegeling)	

Tabel 2, Twee vormen van verblinding

Sluier luminantie

Een bekend verschijnsel is zien van een soort sluier, een wazige overgang van de contouren van een helder object met de achtergrond. Dit wordt veroorzaakt doordat het oog geen perfecte lens is. Mede door vertroebeling van de niet volledig vlakke ooglens wordt ieder binnenvallend licht in het oog verstrooid. Dit gebeurt zowel met licht gereflecteerd door het object waar we naar kijken, als door licht vanuit de achtergrond. Wanneer het contrast tussen object en achtergrond groot is, zien we het verstrooide licht van het object op delen van ons netvlies waar ook de achtergrond op wordt weergegeven. [LH93, HdL92]

3.3.6. Kleurweergave

Een rood oppervlak zien we als rood indien deze wordt bekeken onder wit licht dat bestaat uit een continu spectrum. Maar in wit licht dat is samengesteld uit een mengsel van geel en blauw licht zal het oppervlak een bruine, grijze kleur hebben. De kleurweergave is een belangrijk aspect van kunstlicht. Lichtbronnen die geen temperatuurstralers zijn, zenden niet altijd een continu spectrum uit. Om lichtbronnen te kunnen classificeren op basis van hun kleurweergave eigenschappen is de zogenaamde kleurweergave-index (R_a) ingevoerd. De schaal van de R_a loopt van 0 naar 100. Het belang van een goede kleurweergave in een ruimte is afhankelijk van de functie van deze verlichting. Over het algemeen zijn lichtbronnen met een slechte kleurweergave zuiniger in gebruik. Dit komt doordat veel van het uitgestraalde licht wordt uitgezonden met een golflengte waar het menselijke oog het meest gevoelig voor is. Het lichtrendement is hierdoor hoog, maar de kleurweergave slecht. Een lichtbron met een slechte kleurweergave is aantrekkelijk

voor plaatsen waar oriëntatie belangrijker is dan kleur, zoals snelwegen. [DBO04, PLV04]

R_a = 90-100	Uitstekende kleurweergave-eigenschappen
R_a = 80-90	Goede kleurweergave-eigenschappen
R_a = 60-80	Matige kleurweergave-eigenschappen
R_a < 60	Slechte kleurweergave-eigenschappen

Tabel 3, Kleurweergave-index

3.3.7. Kleurtemperatuur

Hoewel wit licht bestaat uit een mengsel van kleuren, zijn niet alle witte lichten hetzelfde. Zoals eerder bij de kleurweergave vernoemt, kan wit licht op verschillende wijzen zijn samengesteld.

Gedurende de dag verloopt de kleur van het daglicht. In de middag heeft het daglicht een blauw-witte kleur, wat wij associëren met koel licht. In de avond verloopt de kleur naar rood-wit wat wij als warm ervaren. De verandering van de samenstelling van daglicht gedurende de dag ontstaat doordat het licht van de zon in de avond een andere weg door de atmosfeer aflegt, dan in de middag.

Om de verschillende types wit licht te kunnen aanduiden, wordt het concept van de kleurtemperatuur toegepast die wordt gedefinieerd als de kleurimpressie van een perfecte zwarte straler bij bepaalde temperaturen.

Wanneer een gloeilamp wordt verhit tot een temperatuur van 1000 K, zal het licht dat deze uitstraalt een rode tint hebben. Bij 2000-3000 K zal de tint geel zijn. Zodra de gloeilamp nog verder verhit wordt zal de kleur verlopen van neutraal wit tot koel wit. Het uitgestraalde licht krijgt dus een wittere kleur, naarmate de temperatuur van de straler stijgt.

Bij veel (halogeen-) gloeilampen is het mogelijk om met een simpele schakeling de stroomspanning van de lamp te regelen. Het verlagen van de spanning (dimmen) leidt tot een lagere temperatuur van de straler, waardoor de lamp relatief meer geel en rood licht uitstraalt. De kleurtemperatuur van fluorescentielampen laat zich niet veranderen door het verlagen van de spanning.

De kleurtemperatuur van de verlichting in een ruimte is mede bepalend voor de sfeer van die ruimte. Als de verlichting een kleurtemperatuur heeft die kleiner is dan 2500 K, oogt de ruimte gezellig en warm. Een kleurtemperatuur van de verlichting die groter is dan 5000 K geeft de ruimte een zakelijke, koele uitstraling. [DBO04, HdL92, PLV04]

Lichttype	Kleurtemperatuur (K=Kelvin)
kaars	1900-2500
wolfraamgloeilampen	2700-3200
fluorescentielampen	2700-6500
hoge druk natriumlampen	2000-2500
maanlicht	4100
zonlicht	5000-5800
volledige bewolking	6000-6900

Tabel 4, Voorbeelden kleurtemperatuur

3.4. **Typering verlichtingsmethoden**

In de binnenverlichting bestaan vele verlichtingssystemen. De diverse verlichtingssystemen kunnen op verschillende wijzen geordend worden. Richard Kelly heeft in de jaren 50 de lichtsystemen gerangschikt naar functie. Hij onderscheidt drie grondfuncties van de binnenverlichting: [HdL92]

- ambient light
- focal glow
- play of brilliance

Ambient light (licht om te kunnen zien)

Ambient light betreft de kwantitatieve voorstelling van licht. Er is een basisverlichting nodig, die toerijkend is voor de gegeven oogtaken. Deze oogtaken bestaan uit de waarneming van objecten en gebouwstructuren, de oriëntatie in een gebouw en de oriëntatie bij het voortbewegen. Het gaat hier om een algemene verlichting die ervoor zorgt dat de omgeving, zijn objecten en de mensen zichtbaar zijn.

Focal glow (licht om naar iets te kijken)

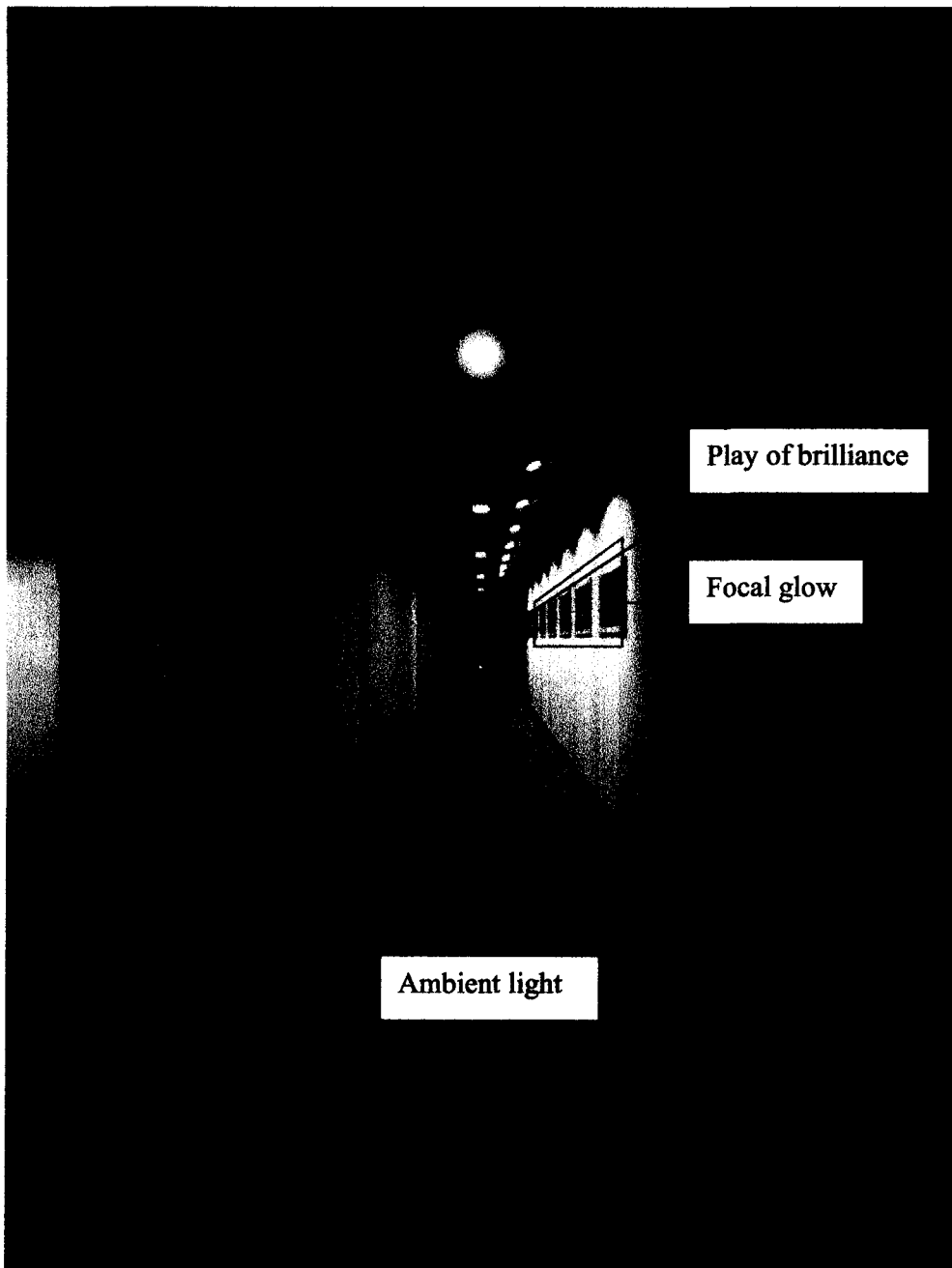
Focal glow is een verdere verfijning van ambient light, het gaat aan deze basisverlichting voorbij en houdt rekening met de waarnemende mens in de betreffende ruimte. Door het verlichten om de aandacht te trekken wordt bewust bepaalde informatie uit de algemene verlichting benadrukt: Betekenisvolle onderdelen worden getoond, terwijl onbelangrijke informatie achterblijft. Focal glow berust zich op het principe dat heldere objecten onwillekeurig de aandacht van de waarnemer trekt.

Play of brilliance (licht als informatiebron of object)

In de derde functie van binnenverlichting wordt licht niet gebruikt om op informatie van objecten of een ruimte zichtbaar te maken, maar heeft het zelf een informatiewaarde. In deze vorm kan licht tot een esthetische verbetering van de omgeving bijdragen. Dit kan bijvoorbeeld door met licht vormen of patronen op een wand te creëren. Tevens kunnen schitteringen ontstaan door de plaatsing van kleine puntvormige lichtbronnen. Een ruimte krijgt zo een levendiger sfeer. Het gebruik van gekleurd licht roept onbewust associaties op. Zo kan helder blauw-wit licht een ruimte koel en zakelijk doen ogen.

Functie	Kenmerken
<i>Ambient light</i>	- algemene verlichting - taakverlichting - oriëntatie
<i>Focal glow</i>	- accentueren architectuur - accentueren objecten
<i>Play of brilliance</i>	- esthetische verlichting - creëren sfeer, stemming

Tabel 5, Grondfuncties binnenverlichting volgens Richard Kelly



figuur 12, Ambient light, focal glow & play of brilliance

4. **Zicht en perceptie**

4.1. **Adaptatie**

Een van de meest opmerkelijke prestaties van het menselijke oog is de eigenschap om zich op verschillende verlichtingsterkten in te stellen. We zijn in staat om zowel 's avonds in het maanlicht, als overdag in het zonlicht de omgeving te zien. Dit terwijl verlichtingsterkte in deze uitzonderlijke gevallen een factor 100.000 verschilt. De eigenschap van het oog om zich aan verschillende lichtniveaus aan te passen wordt *adaptatie* genoemd.

Deze adaptatie wordt gedeeltelijk bewerkstelligt door de pupil. Deze regelt de invallende lichthoeveelheid door de opening in de iris te vergroten of te verkleinen. De verhouding tussen de maximale en minimale lichtinval die wordt geregeld door de pupil is 1:16. Het grootste deel van het adaptatie vermogen van het oog wordt echter door het netvlies geleverd. Hierbij wordt een groot bereik van verschillende lichtniveaus afgedekt. [LH93, HdL92]

Lichtbron	Verlichtingsterkte, E (lx)
Zonlicht	100.000
Bedekte hemel	10.000
Kantoorplaatsverlichting	500-1000
Straatverlichting	10
Maanlicht	1
Lichtbron	Luminantie, L (cd/m ²)
Zon	1000.000.000
Gloeilamp	100.000
Fluorescentielamp	10.000
Blauwe hemel	5.000
Wit papier bij modale verlichtingsterkte	100
Beeldscherm	10-50

Tabel 6, Voorbeelden typerende verlichtingssterkten en luminanties

4.2. Waarnemingspsychologie

Visuele waarneming is een proces waarbij de mens door het medium licht zich over zijn omgeving informeert. Bij de visuele waarneming draait alles om drie factoren:

- licht
- object
- waarnemer

De visuele weergave kan worden uitgedrukt in termen van hoeveelheden die meetbaar zijn in de objectieve omgeving:

- luminantie van het object
- luminantie van de achtergrond
- contrast
- spectrale uitstraling van het object en de achtergrond
- verlichtingsterkte
- tijdsduur
- plaats t.o.v. kijkrichting
- beweging in het gezichtsveld
- ongelijkheden van luminanties in het object en de achtergrond

Bij de beoordeling van een lichtplan gelden niet alleen de fysieke eigenschappen van het licht, maar evenzo belangrijk is de daadwerkelijke werking op de mens, de subjectieve waarneming.

De waarnemer verwerkt namelijk het op zijn netvlies vallende licht. Het ontvangen beeld wordt geordend waargenomen. Dit is een complex verwerkingsproces, waarbij een beeld door de hersenen wordt gereduceerd tot zinvolle informatie.

Voor een goed begrip van de visuele waarneming is de werking van dit verwerkingsproces van belang. De verwerking van het op ons netvlies ontvangen beeld tot zinvolle informatie wordt omschreven in de *waarnemingspsychologie*.

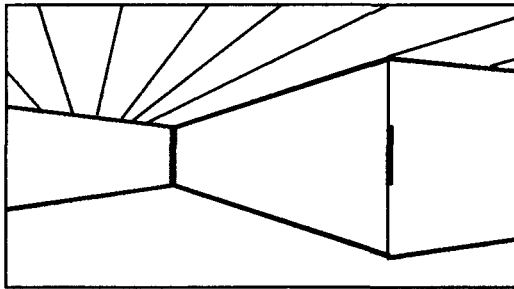
De organisatie van de waarneming is gedeeltelijk aangeboren. Anderzijds is de interpretatie van het beeld op ons netvlies afhankelijk van eerdere ervaringen. Zo verloopt de interpretatie van een complexe visuele omgeving sneller, wanneer in een eerdere waarneming al door de hersenen betekenissen aan de omgeving zijn toegekend.

De manier waarop de waargenomen omgeving wordt geordend, hangt van meerdere mechanismen af. De volgorde waarin deze verschillende mechanismen functioneren, is weer afhankelijk van de taak die we uitvoeren. We stellen ons in om de, voor een bepaalde taak, belangrijke informatie uit een omgeving de voorkeur te geven. Tijdens het autorijden zijn vooral het overige wegverkeer en de baan waarop we rijden essentiële informatie. Informatie over de omgeving waarin we is minder relevant en zal dus vaak onopgemerkt blijven. Anders is dit tijdens een bezoek aan een museum, waar de omgeving aandachtig door ons wordt opgenomen. [DBO04, LH93, HdL92]

4.2.1. Constantheid

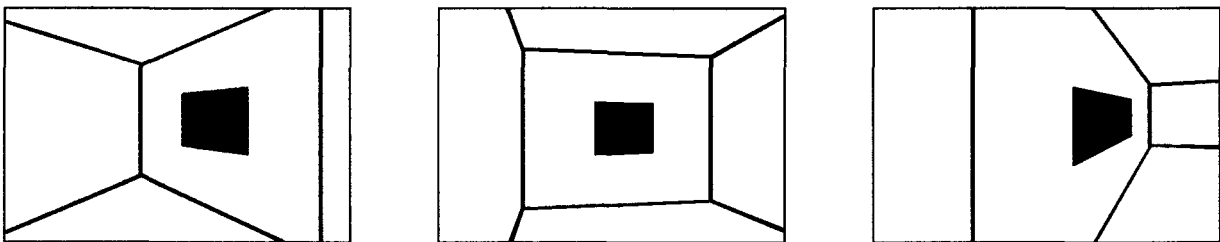
Het is een kenmerk van de waarneming om in een continu veranderend beeld op ons netvlies stilstaande objecten als constant waar te nemen. Dit terwijl de stil-

staande objecten, door veranderende verlichting en verandering van onze positie ten opzichte van de objecten, een wisselend netvliesbeeld achterlaten. Voor het bepalen van een grootte van het object geldt dat dit altijd in samenspraak met de achtergrond gebeurt. Zo ervaren we de grootte van een bal die zich van ons af beweegt als constant en niet als krimpende bal. Dit terwijl de bewegende bal een kleiner wordend beeld op ons netvlies achterlaat.



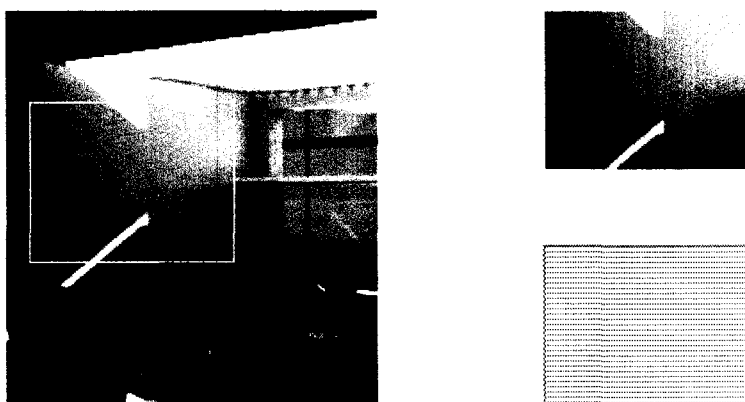
figuur 13, Constantheid: grootte object afhankelijk van omgeving

Een vergelijkbaar mechanisme houdt de vorm van een object constant wanneer de projectie van dit object op het netvlies verandert als gevolg van perspectiefwerking door verandering van de positie van object of waarnemer.



figuur 14, Constantheid: object gelijkvormig ondanks perspectieve vervorming op netvlies

Ook bestaat er een mechanisme dat de waarneming van helderheidsvariëaties op vlakken negeert. Vooral op oppervlakken zijn als gevolg van een niet diffuus lichtstelsel verschillen in luminanties te zien. Toch wordt een oppervlak als een vlak ervaren dat een constante structuur heeft en uit eenzelfde materiaal en kleur bestaat.



figuur 15, Luminantieverschil; wand wordt ervaren als vlak met een egale kleur dat ongelijkmatig is verlicht

In het geval van een rond object ontstaan de helderheidsverschillen juist als gevolg van de vorm van het object. Hier blijft het luminantieverschil niet onopgemerkt, maar wordt het als eigenschap van het object geïnterpreteerd.



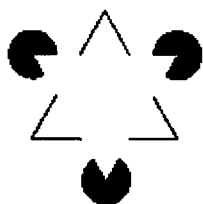
figuur 16, Luminantieverloop; bal wordt als ruimtelijk ervaren met een egale kleur

Het is dus een eigenschap van het verwerkingsproces van het beeld van objecten op het netvlies om deze om te zetten in eenvoudige en begrijpelijke betekenissen. Vaak wordt de achtergrond van objecten bij dit proces als referentie gebruikt. Pas dan kunnen namelijk verhoudingen worden beoordeeld die, deels aangevuld met ervaringen, een betekenis aan een object geven. [HdL92]

4.2.2. Gestaltwetten

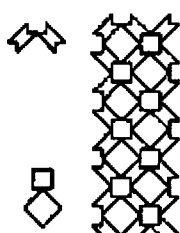
Bovenstaand is besproken dat objecten als constant worden ervaren. Hoe het komt dat we objecten in een beeld van hun omgeving weten te onderscheiden wordt door de gestalt wetten beschreven. Met behulp van de Gestaltwetten kan duidelijk worden gemaakt volgens welk ordeningsprincipe een beeld tot herkenbare figuren of patronen wordt gereduceerd. Deze Gestaltwetten zijn ook voor de lichtplanner van belang; voorkomen dient te worden dat een onrustig beeld ontstaat, veroorzaakt door onregelmatige patronen. [DBO04, HdL92]

Het Gestaltprincipe berust op het onderscheid tussen *figuur en achtergrond*



figuur 17, Figuur komt te voorschijn uit achtergrond

Het principe van het samenvoegen van regelmatigheden tot apart geheel noemt men *Prägnanz*.

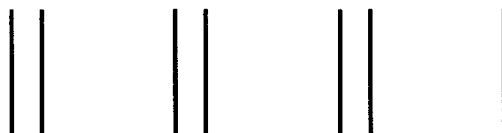


figuur 18, Prägnanz: In een beeld worden eenvoudige en gesloten vorm en figuurkenmerken gezien. Het simpelste patroon (linksonder) is dominant dan het complexe patroon (linksboven)

Enkele Gestaltwetten:

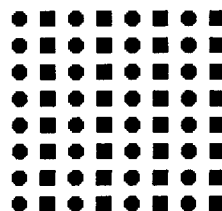
Wet van nabijheid

Die delen van het veld worden tot figuur gemaakt die dicht bij elkaar liggen.



Wet van gelijkheid

Gelijkende onderdelen hebben de neiging om samen een geheel te vormen.



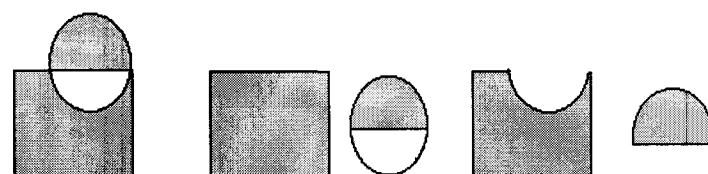
Wet van geslotenheid

Ontbrekende delen van een figuur worden automatisch aangevuld.



Wet van goede vorm

Regelmatige vormen domineren boven onregelmatige.



4.3. Beleving van ruimteverlichting

Het maken van lichtontwerpen is het plannen van het visuele milieu van mensen. Het doel is het creëren van waarnemingscondities die het volgende mogelijk maken:

- effectief uitvoeren van taken
- een goede oriëntatie
- een behaaglijk gevoel in de omgeving
- esthetische werking van de omgeving

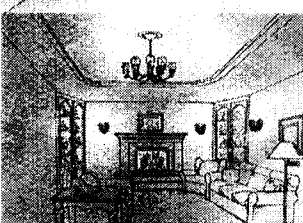
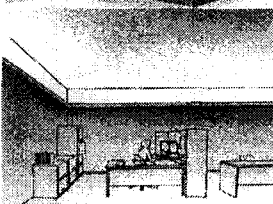
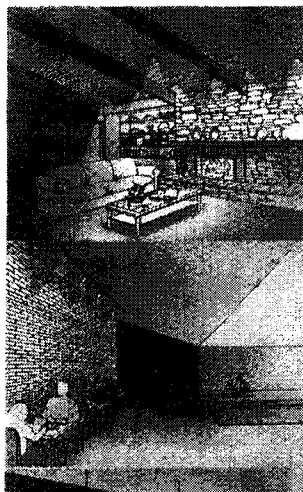
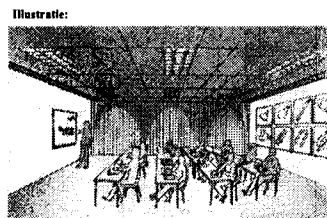
Verlichting is dus niet alleen van belang voor het uitvoeren van taken, maar heeft ook een diepgaand effect op onze stemming en in mindere mate op onze gezondheid en welzijn. Dit wordt alles beïnvloed door een combinatie van verschillende criteria zoals onderstaand is weergegeven. [LH93]

<i>Verlichtingsniveau</i>	Het verlichtingsniveau dient hoog genoeg te zijn om voldoende visuele prestaties te garanderen voor de onder handen zijnde taken. Bij een stijgend verlichtingsniveau verbetert de snelheid en nauwkeurigheid waarmee objecten worden opgemerkt en herkend. Door vertroebeling van de ooglenzen op hogere leeftijd is ook de leeftijd bepalend voor de eisen aan het verlichtingsniveau.
<i>Luminantiecontrast</i>	Luminantiecontrast binnen het zichtveld is evenzo belangrijk als het verlichtingsniveau. Een te laag luminantiecontrast resulteert in een saaie en egale omgeving. Te hoge contrasten zijn afleidend en leveren adaptatieproblemen op bij het wisselen van blikveld.
<i>Beperken van verblinding</i>	Verblinding kan leiden tot slechtere visuele prestaties, maar ook tot ongemak. In extreme gevallen leidt verblinding tot vermoeide ogen en hoofdpijn. Plaatsing van de lamp en het gebruikte lamp-type en armatuur zijn primair verantwoordelijk voor het optreden van verblinding door kunstlicht. Een grote luminantie van de raamopeningen kan leiden tot verblinding door daglicht.
<i>Ruimtelijke verdeling van het licht</i>	De ruimtelijke verdeling van het licht bepaalt het gerealiseerde patroon van de verlichtingssterktes. Een gelijkmatige verdeling van de lichtbronnen verspreidt een diffuus licht dat geen informatie van objecten verbergt. Gericht verlichting accentueert bepaalde informatie uit een omgeving. De luminantieverschillen die de verlichting op de wanden achterlaat hebben een esthetische waarde. Ze kunnen namelijk een patroon aan een wand toevoegen.
<i>Kleur en kleurweergave</i>	De manier waarop de kleuren om ons heen worden weergegeven, hangt sterk af van de kleursamenstelling van de verlichting. Algemeen gesproken moet de verlichting die in een interieur wordt toegepast zodanig worden gekozen dat vertrouwde voorwerpen prettig en natuurlijk overkomen.

Tabel 7, Fysieke criteria bepalend voor de verlichtingskwaliteit

In de tabel op de volgende bladzijde uit de Lighting Handbook van IES staan enkele effecten geïllustreerd, welke met licht kunnen worden bereikt.

Effect: <i>Enlarging</i> (verruimen)	Gecreëerd door: Indirect of algemeen licht. Helder en gelijke verticale plafonds, wanden of vloeren. Oppervlakken moeten een hoge reflectiefactor hebben.	Lichtbron: Diffuse, punt- of lijnvormige lichtbron. Gloeï-, fluorescentielampen of HID.	Visuele effecten: Ruimte dimensies lijken groter. Verlichting meer uniform. Minder drama, minder contrast in de ruimte. Kleuren minder helder.	Effect op mensen, objecten en taken: Contrasten en schaduwen verminderen. Objecten worden minder dominant dan oppervlakken. Glinster van juwelen, kristal, glanzende afwerkingen worden teruggebracht. Architectonische vorm van de ruimte is beter zichtbaar. Ruimte verschijnt minder scherp. Licht	Toevoegingen: Direct afgeschermd licht helpt de aandacht te focussen op werkvlakken. Om objecten te accentueren dienen deze 2 tot 20 keer zo helder te zijn.
<i>Smaller and intimate</i> (smaller en intiemer)	Directe, afgeschermd lampen opgenomen in het plafond, of aan de muur of plafond bevestigd.	Puntvormige bronnen, gebundelde straal spreiding. Meestal gloeilampen.	Ruimte dimensies lijken smaller. Hoog contrast. Heldere kleuren en glans.	Creëert dramatische, stimulerende sfeer. Creëert intieme sfeer. Glinster verbetert. Trekt aandacht van heldere objecten. Dominante schaduwen kan textuur verbeteren, maar gezichten slechter weergeven. Hoge contrasten zijn niet bevordelijk voor het uito	Door toevoeging van ambient licht kunnen contrasten worden verminderd en worden gezichten beter zichtbaar. Meerdere voorgeprogrammeerde licht instellingen dienen aanwezig te zijn voor andere situaties.
<i>Grazing</i> (verbreden)	Goed afgeschermd, gerichte lampen opgenomen in het plafond of aan de muur bevestigde downlight of aan de wand bevestigde uplight. Scherpe invalshoek van het licht tegen oppervlak.	Puntvormige bronnen, hoge of lage intensiteit. Soms te bereiken door lijnvormige bronnen.	Ruimte wordt uitgebreid. Benadrukt textuur en kleur van oppervlak. Verminderd reflecties op spiegelende oppervlakken, zoals marmer en glas.	Voegt visueel interessante informatie aan de ruimte toe. Trekt de aandacht naar speciale oppervlakken. Voegt ambient licht toe aan de ruimte. Kan licht balanceren van andere lichtsystemen. Maakt echter ook oneffenheden en naden in wanden zichtbaar.	Aanvullende lichtsystemen zijn nodig voor balans. Oppervlakken met groffe structuur vormen prettige schaduwen.
<i>Washing</i> (oplichten)	Goed afgeschermd, gerichte lampen opgenomen in / of bevestigd op plafond, muur of vloer.	Punt- of lijnvormige bronnen, hoge of lage intensiteit. Gloei-, fluorescerende lampen, HID.	Zorgt voor gelijke verlichting over wand- vloeroppervlakken. Verzacht schaduwen. Breedt ruimte uit.	Vestigt de aandacht op belichte oppervlakken. Zacht, reflecterend licht op gezichten. Herleidt oppervlakken doen de ruimte vrolijk aanvoelen. Voegt ambient licht toe.	Aanbevolen voor matte oppervlakken anders trekken glanzende reflecties op. Aanvullende lichtsystemen zijn nodig voor balans.
<i>Framing (vormen)</i>	Projector met aanpasbare shutters opgenomen in / of bevestigd op het oppervlak.	Puntvormige bronnen, hoge intensiteit. Laag spanning of lijnsparing gloeilampen.	Achtergrond is donkerder, waardoor een groot contrast ontstaat. Met de shutters kan het licht nauwkeurig gericht worden. Geen gemorst licht.	Zeer dramatische effect op kunstwerken. Kunstwerk lijkt gloed te hebben. Focus de aandacht op kunst. Kan worden gebruikt voor schilderijen, beelden, rechthoekige dineertafels en andere horizontale vlakken. Als het contrast tussen kunstobject en achtergrond	Aanvullende lichtsystemen zijn nodig voor balans.
<i>Accent</i> (benadrukken)	Downlight met smalle straal opgenomen in / of bevestigd op het oppervlak. Aanpasbare richting.	Puntvormige bronnen, hoge intensiteit. Laag spanning of lijnsparing gloeilampen, of compacte metaalhalogeen lampen.	Focus licht op object zonder veel gemorst licht op de achtergrond. Creëert groot contrast.	Dramatisch effect dat de aandacht op het belichte object of vlak trekt. Verbeterd de kleur. Creëert een scherpe schaduw, welke vaak de vorm van het object verbetert. Voegt visueel interessante informatie aan de ruimte toe.	Aanvullende lichtsystemen zijn nodig voor balans. Spiegeling en reflectie kan een probleem zijn indien het licht niet goed is gericht.
<i>Ambient</i> (algemeen, omringend)	Algemene verlichting, zonder richting.	Diffuse, punt- of lijnvormige lichtbron. Gloeï-, fluorescentielampen of HID.	Licht is niet gericht, gebundeld. Zicht kan zacht aandoen of saai indien te uniform.	Objecten en achtergrond evenwaardig zichtbaar. Zachte schaduwen. Niks is sterker belicht. Ruwe schaduwen en sluis reflecties, die de zichtbaarheid tijdens oogtaken verminderen, verdwijnen.	Aanvullende lichtsystemen zijn nodig voor balans.
<i>Visible fixtures</i> (decoratief)	Aan de muur bevestigde of hangende lampen. Permanent of verplaatsbaar. Ook verplaatsbare tafel- of vloerlampen.	Diffuse, punt- of lijnvormige lichtbron. Gloeï-, fluorescentielampen of HID. Afgeschermd of niet-afgeschermd.	Draagt bij aan decoratieve stijl of ruimte. Kan glinster of glans toevoegen. Kan ook bijdrage leveren aan ambient licht.	Decoratieve lampen voegen visuele interessante informatie aan de ruimte toe. Als de lampen zichtbaar zijn en lichtsterkte te groot is, kan hinder ontstaan. Goed afgeschermd lampen en kandelaars kunnen tevens bijdrage aan ambient licht.	Andere lichtsystemen zijn nodig voor taakverlichting.



De manier waarop een belichte ruimte wordt geïnterpreteerd is subjectief. In welke relatie de fysieke verlichtingseigenschappen staan met de indrukken die een ruimte geven, is vaak lastig te bepalen. Het hanteren van enkele indrukken welke iets zeggen over de beleving van een ruimte biedt een houvast voor het beoordelen van de beleving van een ruimte. In onderstaand tabel worden enkele indrukken onderscheiden. [LH93]

Subjectieve indruk	Lichttechnisch te bereiken door:
Indruk van visuele duidelijkheid	- Eenduidig verlichtingssysteem - Hoge luminantie van het horizontale vlak - Hoge luminantie in het centrale deel van de ruimte - Koele lichtkleur van een lamp met een brede spectrum verdeling - Helderheid van de omringende wanden
Indruk van ruimtelijkheid	- Diffuse, gelijkmatige verlichting - Helderheid van de omringende wanden
Indruk van ontspanning	- Niet gelijkmatige verlichting - Niet gelijkmatig verdeelde wandverlichting - Warme, witte lichtkleur
Indruk van privacy of intimiteit	- Niet gelijkmatige verlichting - Neiging naar geringe lichtintensiteit in directe omgeving van de gebruiker, met hogere helderheid op afstand van de gebruiker - Benadrukken van de wanden
Indruk van welbehagen en voorkeur	- Niet gelijkmatige verlichting - Benadrukken van de wanden

Tabel 9, Subjectieve indrukken van een ruimte

4.4. Niet visuele (biologische) effecten

De niet visuele effecten van licht en zonnestralen omvatten een breed bereik van fenomenen, zoals beschadiging aan het oog, het ontstaan van tumoren en de synchronisatie van biologische ritmes. Licht wordt ook ingezet bij de behandeling van sommige huidziektes (UV-spectrum) en enkele psychische storingen.

De mens is gevoelig voor ultraviolet-straling, zichtbaar licht en infrarood-straling. Twee organen van de mens zijn gevoelig voor deze straling, te weten; de ogen en de huid. Onderdelen van het oog kunnen beschadigt raken na extreme waarden of langdurige blootstelling aan deze stralen.

Er zijn tenminste twee voordelen bekend van UV-straling op de huid; de productie van vitamine D en de ontwikkeling van beschermend pigment. Bekende schadelijke effecten zijn; het verbranden van de huid, huidkanker, verandering van vorm en structuur (vervroegde veroudering).

Vitamine D is essentieel voor normale absorptie van calcium en fosfor uit de voeding en voor de normale mineralisatie van botten.

Cyclische veranderingen in de biologische kenmerken van dieren en planten worden biologische ritmes genoemd. Alle biologische ritmes worden gecoördineerd door externe tijd signalen, met interne gangmakers. Externe signalen zijn afgeleid van één van de vier geofysische cyclussen die in de natuurlijke omgeving verschijnen; ebvloed cyclus, dag-nacht cyclus, maan cyclus en seizoen cyclus.

De dag-nacht cyclus bepaalt de variaties in de meeste van de lichamelijke ritmes, zoals:

- slaap patroon
- hormoon afscheiding (activiteit)
- lichaamstemperatuur
- bloed druk

Het omgevingslicht is hierbij de primaire stimulans uit de dag-nacht cyclus. Het oog is het orgaan dat deze informatie doorgeeft aan de hypothalamus in de hersenen. Deze scheidt hormonen af die diverse processen met betrekking tot de activiteit van het lichaam regelen. [LH93]

5. Lichtplannen

5.1. Keuze lichtstelsel

Het lichtontwerp is een creatief proces voor het ontwikkelen van lichtoplossingen voor een veilig, productief en aangenaam gebruik van de gebouwde omgeving. In het verleden werd de nadruk vaak gelegd op de kwantiteit van het licht. Het doel was hierbij om ervoor te zorgen dat er genoeg licht op het werkvlak aanwezig was. Het enige kwaliteitsaspect dat hierbij werd beschouwd was het voorkomen van verblinding.

Het ontwerpen van lichtplannen gaat echter verder dan deze aspecten. Licht is één van de gereedschappen om de omgeving vorm te geven, zowel visueel als emotioneel. Licht beïnvloedt ons gevoel van welzijn, stemming, comfort en motivatie. Licht patronen roepen psychologische reacties op, zoals 'helder', 'duister', 'magisch', 'saai', 'mysterieus', 'aangenaam' en 'verboden'.

Er zijn veel aspecten die overwogen moeten worden om tot een juist lichtontwerp te komen. Onderstaande vragen zijn belangrijk in het ontwerpproces. [LH93]

Vragen:

Wie is de gebruiker?

Hoe wordt de ruimte gebruikt?

Hoe belangrijk is de uit te voeren taak?

Waar vindt de oogtaak plaats?

Welke lichtkwantiteit en -kwaliteit hoort bij de uit te voeren taak?

Wordt de ruimte wel aangenaam om in te verblijven?

Wordt het verlichtingssysteem goed toegepast met de architectuur?

Wordt het verlichtingssysteem goed toegepast met het beschikbare daglicht?

Wat is de geschikte lichtkleur?

Is verblinding een probleem?

Valt het lichtstelsel binnen het budget?

Gebruikt het lichtstelsel energie en materialen verantwoord?

Is het lichtstelsel flexibel?

Hoe wordt het lichtstelsel bediend?

Wat zijn de van toepassing zijnde regels betreft de verlichting?

Is het lichtstelsel geïntegreerd met andere systemen van het gebouw?

Is het licht gecoördineerd met het meubilair?

Is het lichtstelsel gemakkelijk te onderhouden?

Aspecten:

Leeftijd en visuele behoefte en voorkeur
Activiteiten, oogtaken en functie van de ruimte

Prioriteit van oogtaken

Locatie oogtaken (bureau, schap in winkel)

Geschikte verlichtingseigenschappen bij de oogtaken

Psychologische behoefte

Architectonische eigenschappen

Combinatie met daglicht

Kleurtemperatuur en kleurweergave

Storende en onbehaaglijke verblinding

Budget

Levensduur, energieverbruik, duurzaamheid en belasting van het milieu

Flexibiliteit van functies en interieur

Lichtschakelingen, instellingen en keuzemogelijkheden

Regelgeving

Combinatie met andere installaties en bouwkundige onderdelen

Locatie en eigenschappen het meubilair

Onderhoud (reparatie, vervanging)

6. Literatuurlijst

- [DBO04] Dictaat Bouwfysisch Ontwerpen 1, TUE, 2004
- [LH93] Lighting Handbook, Illuminance Engineering Society (IES) of
 North America, 1993
- [HdL92] Handbuch der Lichtplanung (ERCO edition), Rüdiger Ganslandt &
 Harold Hofmann, 1992
- [PLV04] Principes van Licht en Verlichting, Philips, 2004

Titel: *Rapport 2: Het proces; de gemaakte keuzes op weg naar het einddocument over de beleving van kunstlicht.*

Opgesteld door: Koert Ringelenberg
De Bosjes 8
4112 NL BEUSICHEM
Student nummer: 1085024
Thuis : 0345 – 50 20 92
Mob : 06 – 27 304 814
Email : gebr.ringelenberg@12move.nl

Afstudeerbedrijf: TNO Bouw / TUE
Vertigo
De Wielen 1
5600 MB EINDHOVEN
Tel : 040 247 3411

Begeleiding: Intern:
M. van der Laan
C. Hensbergen

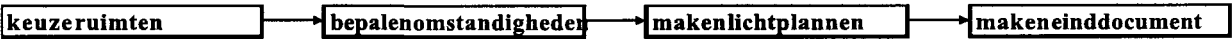
Extern:
L. Zonneveldt
M. Aarts

Inhoudsopgave

Hoofdstuk	Titel	Blad
1.	Samenvatting	3
2.	Inleiding	4
2.1.	Aanleiding	4
2.2.	Doelstelling	4
3.	Het proces	5
3.1.	Ruimten	5
3.2.	Omstandigheden	5
3.2.1.	Afmetingen	6
3.2.2.	Kozijn afmetingen	6
3.2.3.	Reflectie eigenschappen van materiaal afwerkingen	6
3.2.4.	Hemellicht	6
3.2.5.	Meubilair	7
3.2.6.	Schakelingen	7
3.2.7.	Uitzicht	7
3.2.8.	Views	7
3.3.	Lichtplannen	8
3.4.	Einddocument	10
3.4.1.	Database	10
3.4.2.	Aanvulling foto's	11
3.4.3.	Kunstlicht webpagina	11
4.	Software	13
4.1.	Radiance	13
4.1.1.	Ray-tracing	14
4.1.2.	Werken met Radiance	15
4.2.	DIALux	16
5.	Literatuurlijst	17
Bijlage I	Overzichtbladen kantoor gesloten, kantoor open, hal en vergaderruimte	
Bijlage II	Variantenbomen kantoor gesloten, kantoor open, hal en vergaderruimte	
Bijlage III	Voorbeelden inrichting kantoor gesloten en kantoor open	
Bijlage IV	Tabel 5.1, 5.3, 5.5 en 5.6 uit NEN 12464	
Bijlage V	DIALux gegevens van de lichtplannen kantoor gesloten, open en hal	
Bijlage VI	Webpagina's Daylight Design Variations Book & Virtual lighting simulator	
Bijlage VII	Gebruikte script in UNIX	
Bijlage VIII	Voorbeeld foto, radiosity en Radiance	

1. Samenvatting

De *aanleiding* voor dit afstudeerwerk is de beperkte kennis bij partijen in de bouw over de mogelijkheden van kunstlicht in binnenruimten. De *doelstelling* van het project is het maken van een bruikbaar document dat architecten, ontwerpers en opdrachtgevers op grafische wijze inzicht verschaft in de diverse mogelijkheden van het verlichten van ruimten door middel van kunstlicht. Het doorlopen *proces* dat tot de webpagina: http://sts.bwk.tue.nl/artificial_light heeft geleid, ziet er als volgt uit:



De uiteindelijke webpagina bevat een database met de volgende *uitgewerkte ruimten* en plaatjes:

	aantal lichtplannen	totaal aantal plaatjes
kantoor open	7	392
kantoor gesloten	7	196
hal	7	98
vergaderruimte	7	196
<i>totaal</i>	28	882

Per ruimte zijn 7 lichtplannen uitgewerkt. De concepten *comfort* en *ruimtelijkheid* vormen de basis voor de verschillen in de lichtplannen.

Voor het maken van de database is gebruik gemaakt van de software *Radiance* en *DIALux*.

2. Inleiding

Onderliggend rapport is een deelrapport over de kennisoverdracht van de mogelijkheden en het belang van kunstverlichting. Het eindwerk bestaat uit drie rapporten en een website, te weten:

- Rapport 1: *Licht & Verlichting*; algemene begrippen in de verlichtingskunde toegespitst op de beleving van kunstlicht.
Rapport 2: *Het proces*; de gemaakte keuzes op weg naar het einddocument over de beleving van kunstlicht.
Rapport 3: *Toelichting resultaten*; methodieke analyse van de simulaties (aan de hand van voorbeelden).

Einddocument: http://sts.bwk.tue.nl/artificial_light (nog in opbouw)

In dit rapport wordt dus besproken hoe het einddocument tot stand is gekomen en waarom bepaalde keuzes zijn gemaakt.

Hieronder volgt kort de aanleiding van het project en doelstelling uit het plan van aanpak.

2.1. Aanleiding

Een belangrijk aspect bij het ontwerpen van een gebouw is natuurlijk het binnenklimaat. Voldoende schone lucht, een goede binnentemperatuur, geen geluidsoverlast en genoeg licht veraangenamen het verblijf in een gebouw niet alleen, maar verbeteren ook de prestaties van de mens in het gebouw.

Van de vier bovengenoemde factoren wordt aan het licht waarschijnlijk de minste aandacht besteedt door het ontwerpteam.

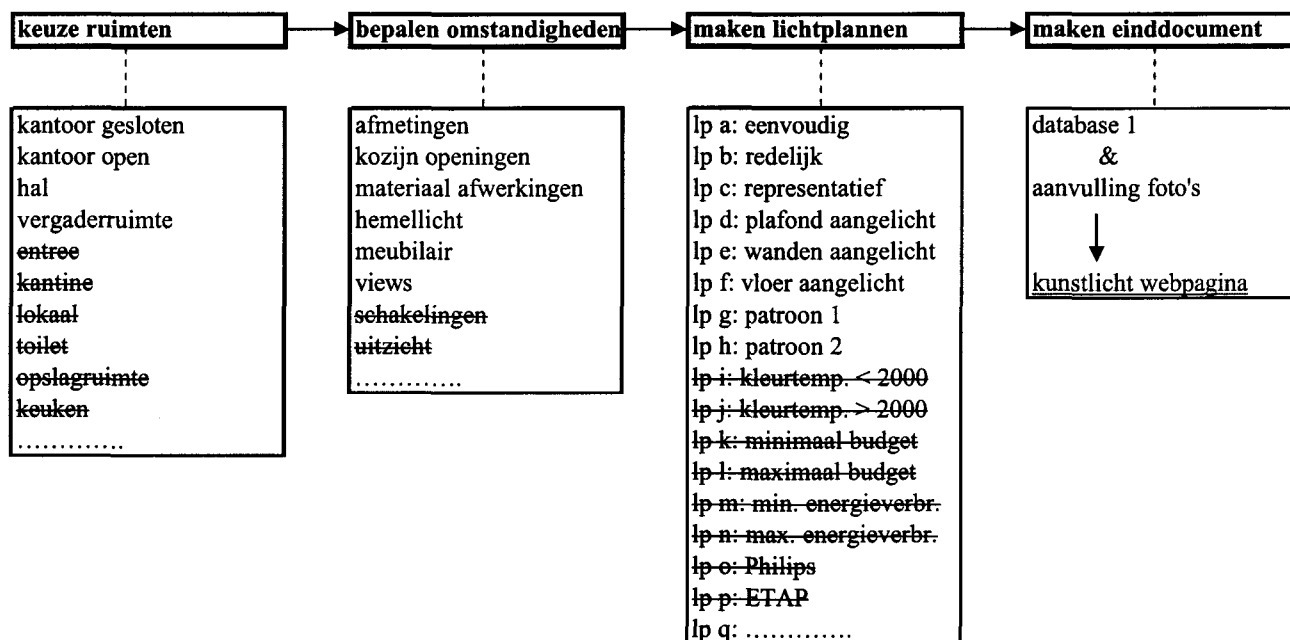
De reden voor de beperkte aandacht van dit onderwerp licht meestal bij het feit dat er onvoldoende kennis aanwezig is bij het ontwerpteam en de opdrachtgever over het goed verlichten van ruimten, de aspecten die daarop van invloed zijn en de alternatieven die bestaan. Het gevolg hiervan is dat bijna altijd voor een eenvoudig, standaard en goedkoop lichtsysteem wordt gekozen.

2.2. Doelstelling

Wat wordt er met het eindresultaat beoogd? Het eindresultaat is een bruikbaar document dat architecten, ontwerpers en opdrachtgevers op grafische wijze inzicht verschaft in de mogelijkheden van kunstlicht. Het document dient als hulpmiddel bij het kiezen van het verlichtingssysteem. Tevens maakt het inzichtelijk wat in een ruimte bereikt kan worden door een goedgekozen verlichtingssysteem.

3. Het proces

In dit hoofdstuk wordt beargumenteerd welke keuzes zijn gemaakt tijdens de ontwikkeling van het einddocument. Het onderstaande schema geeft het proces gestructureerd weer.



Figuur 1, Het doorlopen proces met een aantal mogelijkheden voor latere toevoegingen

3.1. Ruimten

In dit afstudeerwerk zijn ruimten in de woningbouw buiten beschouwing gelaten. De utiliteitsbouw biedt minder variatie in vorm en afwerking van ruimten dan de woningbouw. Er wordt in de utiliteitsbouw immers vaak gekozen voor een algemene en eenvoudige afwerking van de binnenkant van het gebouw. De uiteindelijk uitgewerkte ruimten zijn hierdoor beter herkenbaar voor een groot publiek. Daarnaast wordt in de utiliteitsbouw de keuze voor het lichtstelsel gemaakt door de doelgroep; architecten, ontwerpers en opdrachtgevers. Terwijl dit in de woningbouw meestal gebeurt door de koper van de woning.

Er zijn vier ruimten uitgewerkt, zie bijlage I. Uit bovenstaande selectie van mogelijke ruimten zijn het gesloten en open kantoor, de hal en de vergaderruimte verder uitgewerkt. Dit zijn veel voorkomende maar toch eenvoudige ruimten, die veel mogelijkheden bieden voor uiteenlopende lichtplannen.

3.2. Omstandigheden

Voor iedere uitgewerkte ruimte geldt dat er een veelvoud aan verschillende omstandigheden denkbaar is. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de plaatsing en de grootte van het kozijn, het aantal en de plaats van de werkplekken, de hoeveelheid daglicht, etc. Al deze aspecten zijn uiteindelijk van invloed op de verlichtingssterkte op de werkplek.

Tevens bepalen deze aspecten hoe bruikbaar het einddocument is. Zo zou een abstracte lege ruimte uitermate geschikt zijn om alleen de fysieke effecten van de verschillende lichtplannen weer te geven. Maar om een beleving van een lichtplan op een architect over te brengen, volstaat een lege ruimte niet. Het plaatsen van herkenbare objecten, zoals meubilair maakt de ruimte realistischer en daardoor visueel aantrekkelijker, zodat een sfeer beter kan worden overgebracht. De omstandigheden van de verschillende ruimten zijn daar waar mogelijk gelijk gehouden. Zo zijn hebben de ruimten een eenduidige uitstraling verkregen en kunnen de verschillende lichtplannen per ruimte op gelijke wijze vergeleken worden.

3.2.1. Afmetingen

Alle afmetingen van de diverse ruimten zijn gebaseerd op een veelvoud van 600 mm. Dit is een veelgebruikte maat in de bouw. De hoogte van de ruimten is 2700mm.

3.2.2. Kozijn afmetingen

In de ruimten met kozijnopeningen naar buiten toe zijn de openingen geplaatst op 800mm boven de vloer. Voor de openingen geldt dat deze ongeveer 50% van de betreffende gevel innemen.

3.2.3. Reflectie eigenschappen van materiaal afwerkingen

De reflectie eigenschappen van de materiaal afwerking van het plafond, de wanden en de vloer zijn van grote invloed op de verlichtingsterkte op het werkvlak. In een standaard situatie bereikt namelijk een deel van het licht het werkvlak via één of meerdere reflecties. Bij de meest voorkomende materiaal afwerkingen in de utiliteitsbouw zien we dat de reflectie factoren van de grote vlakken variëren van 0,2 tot 0,8. Het plafond heeft hierbij meestal de hoogste reflectie factor, terwijl de vloer nauwelijks licht reflecteert. In alle uitgewerkte ruimten zijn de reflectie factoren gelijk, te weten;

- wand: 0,7
- plafond: 0,8
- vloer: 0,2
- kozijnen: 0,8

De enige uitzondering is het gesloten kantoor. Deze ruimte kan naast een afwerking met bovengenoemde reflectie factoren ook worden bekeken met donkerdere wanden. De reflectie factor van de wanden is hierbij 0,2 in plaats van 0,8. De toegepaste materialen zijn verder allemaal volledig diffuus.

3.2.4. Hemellicht

De hoeveelheid daglicht die door een kozijnopening een ruimte binnenvalt fluctueert continu. De hoeveelheid is immers afhankelijk van het tijdstip op de dag, het seizoen, de bewolking en de plaats op aarde. Daarnaast verloopt ook het kleurenspectrum van het daglicht naarmate de dag vordert.

De nachtsituatie is echter het meest geschikt om de beleving van kunstlicht over te brengen. Om deze reden wordt de nacht situatie dan ook als uitgangspunt ge-

De views kunnen het beeld op meerdere manieren weergeven. Naast de gewone weergave, die beelden laat zien zoals ook het menselijke oog deze weergeeft, bestaat in Radiance de optie om de luminantie plaatjes weer te geven door middel van false-color¹.

Om inzicht te bieden in luminantie verhoudingen in de ruimte worden van enkele views ook false-color plaatjes gemaakt die de luminanties van de objecten in de ruimte laat zien.

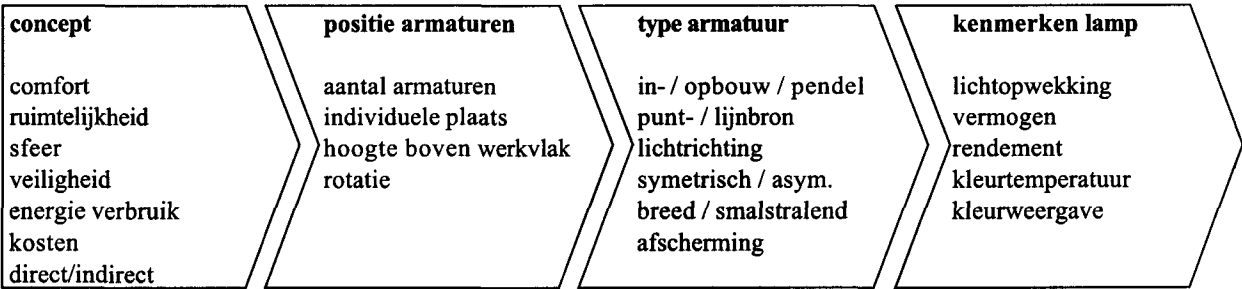
Ten slot wordt met contouren de verlichtingsterkte op het werkvlak (750mm) of op de vloer (voor de hal) in een figuur getoond.

3.3. Lichtplannen

Het aanbod van armaturen en lamptypen is bijna grenzeloos. Voor de verlichting van één ruimte zijn ondenkbaar veel lichtplannen mogelijk. Door bijvoorbeeld alle armaturen in een lichtplan iets te verplaatsen of te roteren, ontstaat al een nieuw lichtplan dat voor een eigen luminantieverdeling in een ruimte zorgt.

Een zeer belangrijke vraag binnen dit afstudeerwerk was dan ook waarin onderscheiden de diverse lichtplannen zich.

De verschillen in de lichtplannen kunnen op diverse schaalniveaus worden gemaakt. Van het lichtplan als geheel tot de technische kenmerken van de lichtbron. In onderstaand figuur wordt dit verder toegelicht.



Figuur 3, Verschillen in de lichtplannen op vier schaalniveaus

In dit afstudeerwerk vormt het eerste schaalniveau, het concept, de basis voor de verschillen tussen de lichtplannen onderling. Per concept zijn vaak meerdere lichtplannen mogelijk, welke samen de uitersten van het concept afbakenen. Alleen de concepten comfort en ruimtelijkheid zijn verder uitgewerkt.

Het concept comfort is uiterst geschikt om aan de doelgroep te laten zien, dat een ruimte op eenvoudige wijze te verfraaien is met een welgekozen lichtpan. Ook moet uit dit concept blijken hoe pover het veel gekozen standaard lichtplan is ten opzichte van een weldoordacht en op de ruimte afgestemd lichtplan.

Binnen het concept ruimtelijkheid kunnen effecten worden weergegeven die ontstaan door een bepaald vlak of object aan te lichten of juist in het donker te laten verdwijnen. Dit is voor architecten en ontwerpers belangrijke informatie omdat op deze wijze de beleving van ruimten gemanipuleerd kan worden.

¹ Een manier om grootheden weer te geven door de waarde als kleur op de simulatie te projecten waarbij met verschillende kleuren de uiteenlopende waarden worden aangeduid.

bruikt. Voor de volledigheid is het lichtplan tevens in de dagsituatie (13.00 uur, 21 maart, CIE overcast sky, Eindhoven) uitgewerkt. Gedurende het grootste deel van de dag komt namelijk licht van buiten via de glasopening in de ruimte.

3.2.5. Meubilair

Het meubilair kleedt de ruimte aan en functioneert als houvast bij het vergelijken van de effecten van de verschillende lichtsystemen. Bij een nauwkeurige beschouwing van de fysieke effecten van de lichtplannen op de ruimte schermt het meubilair echter delen van de vloer en de wanden af. Om deze redenen zijn beide situaties uitgewerkt.

In de situatie met meubilair zijn de meubelstukken op logische posities en zo neutraal mogelijk geplaatst. De bureaus hebben net als de foto's aan de wand een extra waarde in het geheel. Zij dienen namelijk als referentie om de luminantie en verlichtingsterkte op bepaalde plaatsen te kunnen vergelijken. In bijlage III zijn enkele voorbeelden van bestaande kantoor inrichtingen te zien.

3.2.6. Schakelingen

In veel gebouwen is het mogelijk om maar een bepaald deel van de verlichting in een ruimte aan te zetten. Zo bestaat bijvoorbeeld vaak een mogelijkheid om een rij met armaturen die dicht bij het kozijn is geplaatst, apart uit te zetten. In dit afstudeerwerk worden de mogelijkheden van gesplitste schakelingen buiten beschouwing gelaten.

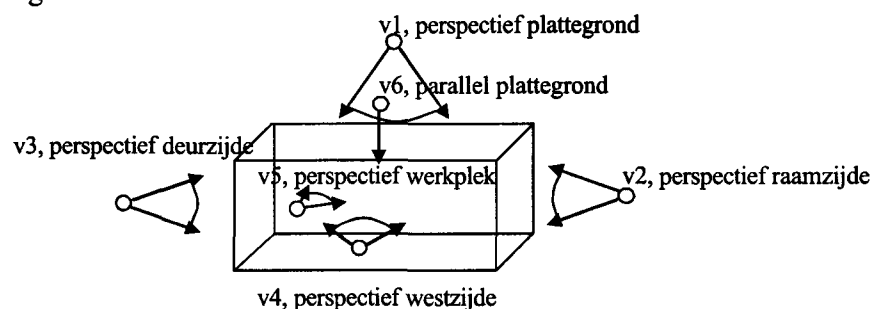
3.2.7. Uitzicht

Obstakels, zoals bomen en gebouwen voor een kozijnopening beïnvloeden de invallende hoeveelheid licht en de kleursamenstelling van dit licht. Omdat kunstlicht centraal staat in dit project en daglicht slechts een ondergeschikte rol heeft, blijven obstakels voor de kozijnopeningen buiten beschouwing.

Voor de raamopening is op het grondvlak wel een grijze strook aangebracht. Dit is gedaan om te voorkomen dat teveel groen licht via het grondvlak met het daglicht de ruimte binnen komt.

3.2.8. Views

Voor alle ruimten zijn meerdere views gedefinieerd die bij elkaar de volledige ruimte laten zien. Voor het gesloten kantoor zijn de onderstaande views aanwezig.



Figuur 2, Views van het gesloten kantoor

concept	type armatuur		kenmerken lamp		
	lichtplannen		lamp	kleurtemp.	kleurw.
comfort	standaard	inbouw armaturen, lijnvormig, direct	TL5	3000	>80
	redelijk	pendelarmaturen, direct-indirect	TL5	3000	>80
	representatief	spots, pendelarmaturen, direct & indirect	TL5 & halogeen / metaalhal.	3000	>80
ruimtelijkheid	plafond aangelicht	pendelarmaturen, indirect	TL5	3000	>80
	wanden aangelicht	pendelarmaturen, asymetrisch	TL5	3000	>80
	werkvlak aangelicht	spots, direct	metaalhalogeen	3000	>80
	patroon 1	afscherming: opalen kap	TL5 & compacte fluoresc.	3000	>80
	patroon 2	afscherming: opalen kap	TL5 & compacte fluoresc.	3000	>80

Tabel 1, Vertaling van de concepten comfort en ruimtelijkheid naar de keuze van het type armatuur en kenmerken van de lamp

In de volgende stap moeten de concepten worden ingevuld met de daadwerkelijke armaturen. NEN 12464 (bijlage IV) stelt, afhankelijk van de functie van de ruimte, eisen aan de verlichting in de ruimten. In onderstaande tabel staan de eisen voor de uitgewerkte ruimten.

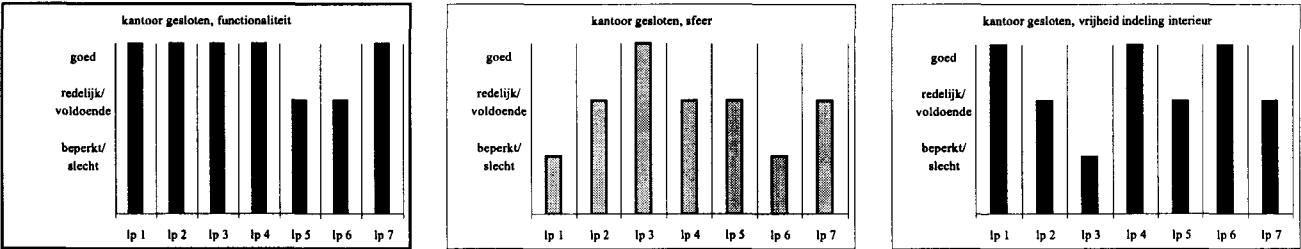
	Verlichtingsterkte, E _m (lux) op het gespecificeerd oppervlak	Afscherming t.b.v. verblinding, UGR	Kleurweergave, R _a
<i>Kantoor gesloten</i>	500	19	80
<i>Kantoor open</i>	500	19	80
<i>Hal</i>	100	28	40
<i>vergaderruimte</i>	500	19	80

Tabel 2, Eisen NEN 12464

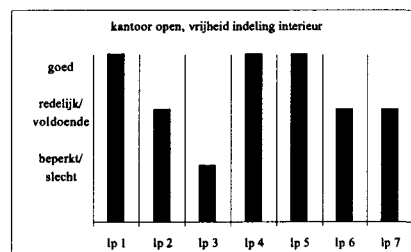
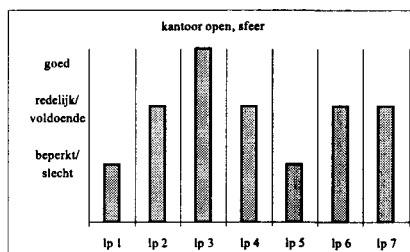
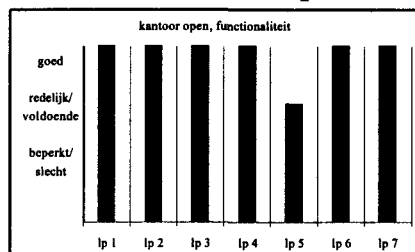
Aan de hand van de eisen kan een keuze worden gemaakt voor de uiteindelijke plaatsing van het armatuur. Uit de brede selectie van armaturen zijn die typen gekozen, die door de fabrikant voor de bepaalde ruimten zijn aanbevolen. De lichtplannen zijn ontworpen met DIALux. In bijlage V zijn per lichtplan enkele uitdraaien van DIALux toegevoegd.

In bijlage I is per ruimte een overzicht te zien met daarin de keuze opties en de omschrijving van de lichtplannen. In de onderstaande grafieken worden de lichtplannen globaal beoordeeld op voor opdrachtgevers vaak belangrijke punten als functionaliteit, sfeer en vrijheid van indeling van het interieur.

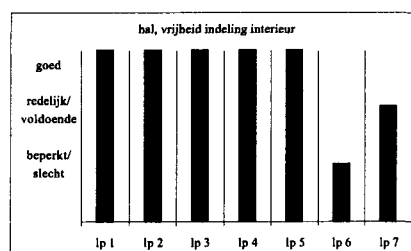
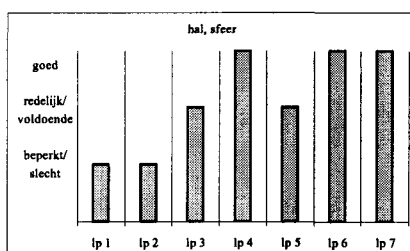
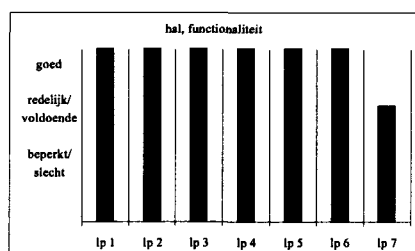
Kantoor gesloten



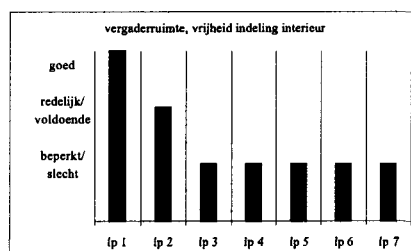
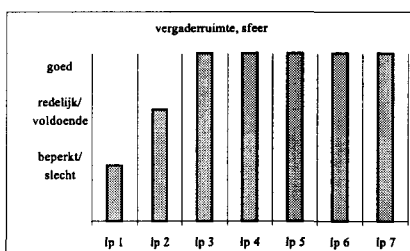
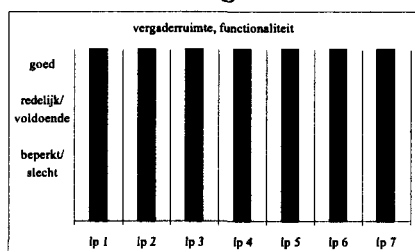
Kantoor open



Hal



Vergaderruimte



Figuur 4, Beoordeling van de lichtplannen op drie belangrijke punten; functionaliteit (uitvoeren taken in ruimte), sfeer en vrijheid van indeling van het interieur (zie bijlage I & V voor meer gegevens over de lichtplannen)

3.4. Einddocument

Het laatste deel van het proces is het maken van het einddocument. Het einddocument bestaat uit een webpagina waarop de gebruiker op snelle en eenvoudige wijze diverse lichtplannen met elkaar kan vergelijken. De webpagina is een samenstelling van de database aangevuld met foto's en een korte toelichting op de resultaten.

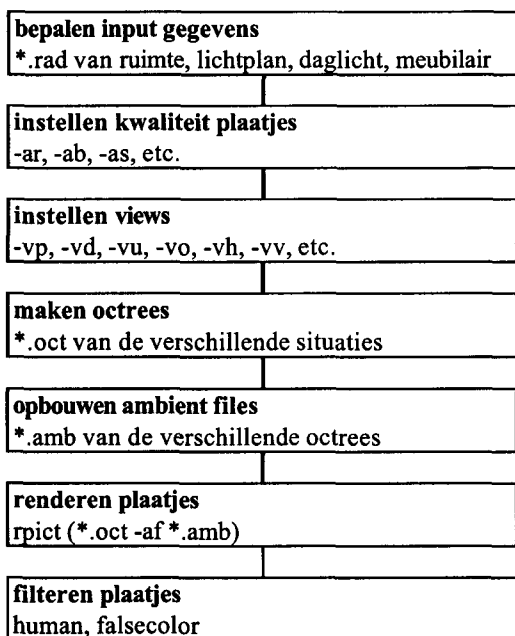
3.4.1. Database

De database bestaat uit alle in Radiance gegenereerde plaatjes met een beschrijving van de lichtplannen uit DIALux. In bijlage II zijn de variantenbomen van de ruimten te zien.

	aantal situaties	gem. aant. plaatjes per situatie	plaatjes per lichtplan	aantal lichtplannen	totaal aantal plaatjes
kantoor open	8	7	56	7	392
kantoor gesloten	4	7	28	7	196
hal	2	8	16	7	112
vergaderruimte	4	7	28	7	196
<i>totaal</i>	<i>18</i>	<i>29</i>	<i>128</i>	<i>28</i>	<i>896</i>

Tabel 3, Overzicht aantal simulaties in de database

De plaatjes in de database zijn gegenereerd met behulp van een script. Het voordeel van het werken in een UNIX omgeving, is de mogelijkheid om processen eenvoudig te automatiseren. In bijlage VII is het script te lezen dat voor genereren van de simulaties van het gesloten kantoor is gebruikt.



Figuur 5, Werking van het script ten behoeve van het automatisch genereren van de simulaties

3.4.2. Aanvulling foto's

In een laatste vertaalslag naar architecten, ontwerpers en opdrachtgevers toe worden bij de uitgewerkte ruimten verschillende foto's van vergelijkbare bestaande kantoorruimten toegevoegd. De foto's dienen als referentie, ondersteuning en vergelijkingsmateriaal bij de simulatie plaatjes.

3.4.3. Kunstlicht webpagina

De uiteindelijke webpagina is momenteel nog in ontwikkeling maar zal te zien zijn op:
http://sts.bwk.tue.nl/artificial_light

De kunstlicht webpagina is gebaseerd op de volgende pagina's (zie bijlage VI):

<http://sts.bwk.tue.nl/daylight>

Een vergelijkbare pagina tevens gemaakt door TNO Bouw en TUE genoemd:
Daylight Design Variations Book. De pagina laat de effecten van verschillende daglicht openingen op een kantoorruimte van 3600*5400*2700 zien.

<http://gaia.lbl.gov/rid>

Virtual Lighting Simulator gemaakt door Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory uit Berkeley, California.

De pagina laat op snelle en eenvoudige wijze de effecten van enkele belangrijke parameters in het dag- en kunstlicht ontwerp zien.

4. Software

Centraal in het gehele proces staat de gebruikte software. De nauwkeurige simulaties van Radiance vormen de basis voor dit afstudeerwerk. In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de software zelf.

4.1. Radiance

Radiance is een verzameling van programma's voor het analyseren en visualiseren van licht in ontwerpen. Input bestanden specificeren de geometrie, de materialen, de lichtbronnen en de daglicht omstandigheden. Berekende waarden omvatten de luminantie en de verlichtingssterkte en een indicatie van verblindende punten of vlakken. Simulatie resultaten kunnen worden weergegeven als kleuren plaatjes, numerieke waarden en iso-lijnen.

Het voornaamste voordeel van Radiance boven eenvoudigere lichtberekening- en renderingsoftware is dat er geen grenzen zijn aan de geometrie of de materialen die worden gesimuleerd. Radiance wordt gebruikt door architecten en ingenieurs om luminantie, visuele kwaliteit en de verschijning van innovatieve ontwerpen te voorspellen. Door onderzoekers wordt Radiance gebruikt om nieuwe licht en daglicht technologieën te beoordelen. Radiance is gratis te downloaden en is een 'open source' software product. Dit laatste houdt in dat een ieder toegang heeft tot de bestanden en de programma's die de software aansturen. Op deze manier kan de software zich ontwikkelen door de feedback van de gebruikers.

Radiance is dus een hulpmiddel voor onderzoekers, een gebruiksvriendelijke interface ontbreekt. Dit wordt echter gecompenseerd door de vele mogelijkheden en instellingen die Radiance biedt. Radiance gaat voorbij aan beperkingen die de meeste simulatie software met zich mee draagt.

Renderen is het proces waarbij een 3D geometrische omschrijving wordt omgezet in een 2D plaatje vanuit een gespecificeerde kijkrichting.

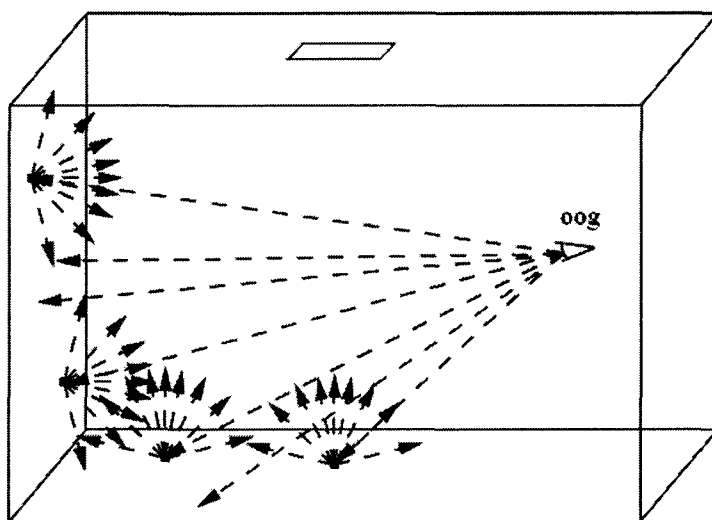
Er bestaat een wezenlijk verschil tussen Radiance en vergelijkbare rendering software. Een plaatje dat gerenderd wordt door software gebaseerd op de 'radiosity' methode kan er zeer fotorealistisch uitzien. In werkelijkheid is het plaatje echter niet nauwkeurig, omdat de volledige fysische basis ontbreekt. (zie bijlage VIII)

Sommige van de meer geavanceerde licht programma's berekenen interreflecties alleen in beperkte omstandigheden zoals lege rechthoekige ruimten. Zonder rekening te houden met obstructies (zoals meubilair), kleur, en het effect van non-Lambertian oppervlakken (zoals metaal en glas).

Radiance is vergeleken met metingen in schaalmodellen en vergelijkingen van lege ruimten en diffuse oppervlakken. De vergelijkingen tonen een goede correlatie met gemeten data. [HoRa, RWR98, SzA00]

4.1.1. Ray-tracing

De licht simulatie engine van Radiance gebruikt een gecombineerde benadering van Monte Carlo² en deterministische³ ray-tracing als methode om een afdoende nauwkeurig resultaat in een redelijke tijd te bereiken. De toegepaste methode start bij een meetpunt (meestal een viewpoint) en traceert lichtstralen (ray-tracing) achterwaarts naar de bronnen.



Figuur 6, 'Backwards ray-tracing', de lichtstralen worden naar de bron teruggevolgd

De berekening kan worden opgedeeld in drie delen: de directe component, de spiegelende (specular) indirecte component en de diffuse indirecte component.

De directe component bestaat uit het licht dat bij een oppervlak direct van een lichtbron of via één of meer perfect spiegelende reflecties van een ander oppervlak arriveert. Een lijst van licht stralers wordt gebruikt en gesorteerd op basis van potentiële contributie om het aantal stralen, dat benodigd is voor het testen van zichtbaarheid, te minimaliseren. Monte Carlo sampling is gekoppeld met adaptieve onderverdeling van grote bronnen voor nauwkeurige schaduwverloop berekening. Spiegelende reflecties van grote rechte oppervlakken worden efficiënt behandeld door het gebruik van virtuele lichtbronnen, welke de directe berekening naar de originele bronnen leiden.

De spiegelende indirecte component bestaat uit licht dat bij een oppervlak arriveert vanaf andere oppervlakken en met een bepaalde richting wordt gereflecteerd of uitgezonden. Perfect spiegelende reflecties worden behandeld door het op eenvoudige wijze veranderen van de richting van de straal in de geschikte gereflecteerde of uitgezonden richting. Ruwe spiegelende reflecties zijn gemodelleerd met Monte Carlo sampling van de gereflecteerde of uitgezonden richting.

² Rekenmethode waarbij meerdere stralen per pixel (één punt in het plaatje) worden uitgezonden en waarbij de verdeling van deze stralen over het gebied van de pixel willekeurig is.

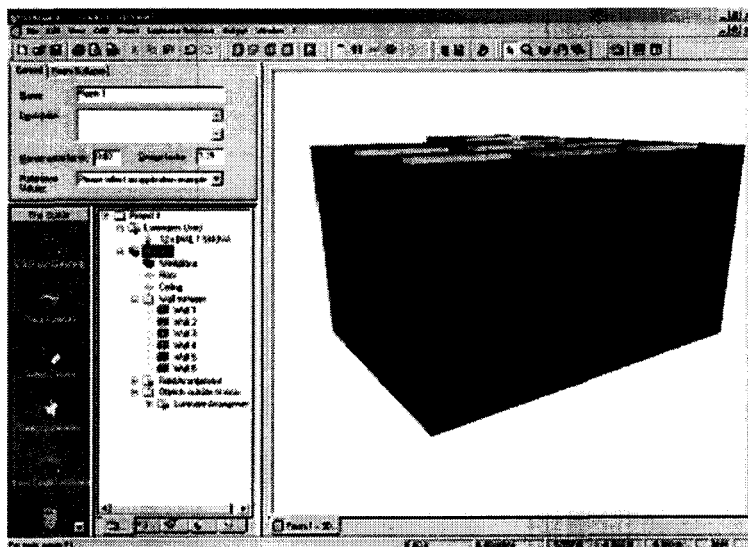
³ Rekenmethode die is gebaseerd op een vereenvoudiging van het model door consequent tussenresultaten te gebruiken.

4.2. DIALux

DIALux is een programma waarmee snel en op eenvoudige wijze een lichtplan voor een ruimte kan worden gemaakt. Het berekent vervolgens de verdeling van het licht in de ruimte en visualiseert de resultaten.

DIALux, in Duitsland ontwikkeld, geeft de volgende resultaten weer in de vorm van tabellen, iso-lijnen en grey-scale figuren:

- verlichtingsterkte
- luminantie
- UGR
- 3D-rendering



Figuur 8, Interface van DIALux

Wat DIALux onderscheidt van gelijkwaardige software is het feit dat alle grote fabrikanten van lampen en armaturen een eigen plug-in hebben. Hierdoor kunnen armaturen uit de catalogus van de fabrikant rechtstreeks in een lichtplan worden ingevoerd.

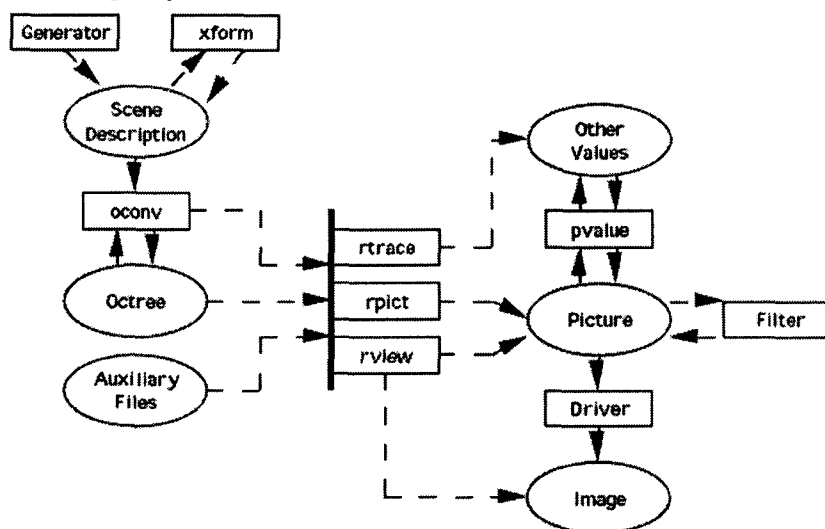
De diffuse indirecte component bestaat uit licht dat arriveert bij een oppervlak en dat zonder een voorkeur voor de richting wordt gereflecteerd of uitgezonden. De eigenschap van deze component vereist dat honderden richtingen moeten worden onderzocht voor een redelijke Monte Carlo schatting. Gelukkig verandert de diffuse indirecte component langzaam over oppervlakken, zodat een paar voorzichtig berekende waarden bij ver genoeg uit elkaar liggende intervallen kunnen worden geïnterpoleerd bij de tussenpunten. Dit is de basis veronderstelling van de 'radiosity' methode, welke gelijk is aan de diffuse indirecte berekening van Radiance, maar aanvullende restricties aan de input (eenvoudige geometrie en diffuse oppervlakken) plaatst. Radiance maakt ook gebruik van gradiënt informatie, beschikbaar tijdens iedere Monte Carlo beoordeling om het interpoleren verder te verbeteren. [HoRa]

4.1.2. Werken met Radiance

In onderstaand figuur is de overdracht tussen programma's (rechthoeken) en data (ovalen) te zien. Het centrale programma is rpict, dat een plaatje vanuit een omgevingsomschrijving genereert. Rview is een variant op rpict dat een interactief plaatje genereert.

Een omgevingsomschrijving bestand omvat de oppervlakken en materialen die samen een omgeving vormen. De oppervlak typen zijn gebaseerd op een polylijn (polygons), een bol (spheres) en een pion (cones). Ze kunnen worden gemaakt van diverse uiteenlopende materialen. Lichtbronnen kunnen zowel op oneindige afstand staan als plaatselijke kunstlichtbronnen zijn.

Vanuit een driedimensionale omgevingsomschrijving en een gespecificeerde kijkrichting produceert rpict een tweedimensionaal plaatje. Het door rpict geproduceerde bestand is een ingepakte binaire representatie van de pixels in het plaatje. Het plaatje kan vervolgens worden gefilterd en worden omgezet naar bijvoorbeeld een JPEG-plaatje.



Figuur 7, Schematische weergave van de relatie tussen diverse programma's van Radiance

5. Literatuurlijst

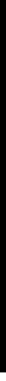
- [HoRa] Homepage Radiance: <http://radsite.lbl.gov/radiance>
- [RwR98] Rendering with Radiance, Greg Ward Larson & Rob Shakespeare, 1998
- [SzA00] Studie zur Anwendung und Grenzen derzeitiger Programmtypen zur photo-realistischen Darstellung von Licht en Beleuchtung in der Architectur, Kurt Altmann & Peter Apian-Bennewitz, 2000

BIJLAGE I

Overzichtbladen kantoor gesloten, kantoor open, hal en vergaderruimte

functies:

- 1 Kantoor gesloten**
- 2 Kantoor open**
- 3 Hal**
- 4 Vergaderruimte**

	afmeting:	l=	5400 mm
		b=	3600 mm
		h=	2700 mm
	inhoud:		52,49 m ³
	orientatie:	W=	↑
		Z=	←
	raam:	l=	1000 mm
		h=	1800 mm
		glas:	isolatieglas, helder
	afwerking	wand:	0,7
(refl. factor)	plafond:	0,8	
	vloer:	0,2	
	kozijn:	0,8	

meubilair: W wel meubilair
G geen meubilair

hemellicht: N nacht
O overdag, 13.00, lente, bewolkt

afwerking: S standaard
B kantoor wanden bruin, refl. 0.2

lichtplan: luminaire coordinates chart + luminaire part list (DIALux)

simulatie: v1 perspectief plattegrond (radiance)
(human) v2 perspectief raanzijde (radiance)
v3 perspectief deurzijde (radiance)
v4 perspectief westzijde (radiance)
v5 perspectief zicht vanaf bureaustoel naar pc (radiance)

luminantie: v2_fc perspectief raamzijde (radiance)
v5_fc perspectief zicht vanaf bureaustoel naar pc (radiance)

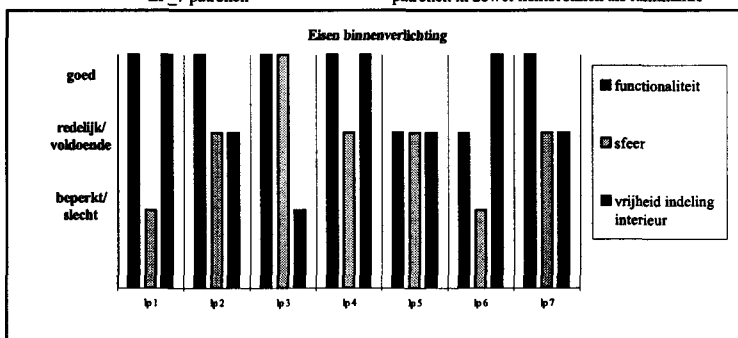
verlichtingsterkte: v6 parallel plattegrond werkvlak (0,75m)

Lichtplannen: **comfort** LP_1 standaard inbouwarmaturen, lijnvormig, direct verlicht
LP_2 redelijk pendelarmaturen, direct-indirect
LP_3 representatief spots, pendelarmaturen, onderdelen geaccentueerd

LP_4	plafond aangestraald	pendelarmaturen (indirect)
LP_5	wanden aangestraald	indirect niet-symmetrische stralers
LP_6	vloer en werkvl. aangestr.	direct verlicht, donkere wanden en plafond
LP 7	patronen	patronen in zowel lichtbronnen als luminantie

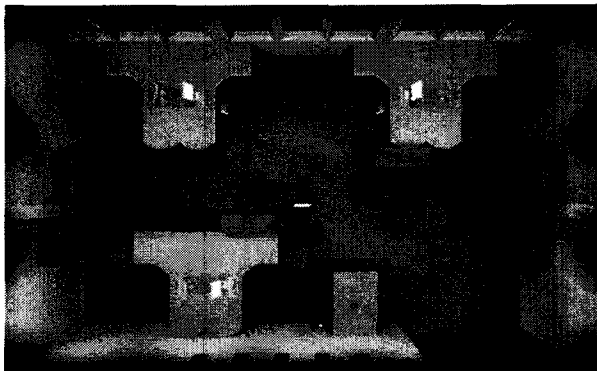
algemeen
+ pendelarmaturen
+ spots & afstemming op
inrichting

helder plafond
heldere wanden
helder werkvlak
lichtbronnen vormen figuur,
regelmatig
luminantieverloop



- Ruimten: **functies:**
- 1 Kantoor gesloten
 - 2 Kantoor open
 - 3 Hal
 - 4 Vergader ruimte

Omstandigheden:



afmeting:	l=	7200 mmr
	b=	10800 mmr
	h=	2700 mmr
inhoud:		209,95 m ³
orientatie:	Z=	↑
	O=	←
raam:	l=	1000 mmr
	h=	1800 mmr
	glas:	isolatieglas, helder
afwerking	wand:	0,7
(refl. factor)	plafond:	0,8
	vloer:	0,2
	kozijn:	0,8

meubilair:

- W wel meubilair
- G geen meubilair

hemellicht:

- N nacht
- O overdag, 13.00, lente, bewolkt

lichtplan: luminaire coordinates chart + luminaire part list (DIALux)

simulatie:

- v1 perspectief plattegrond (radiance)
- v2 perspectief raamzijde (radiance)
- v3 perspectief deurszijde (radiance)
- v4 perspectief oostzijde (radiance)
- v5 perspectief zicht vanaf bureaustoel naar pc (radiance)

luminantie:

- v2_fc perspectief raamzijde (radiance)
- v5_fc perspectief zicht vanaf bureaustoel naar pc (radiance)

verlichtingsterkte: v6 parallel plattegrond werkvlak (0,75m)

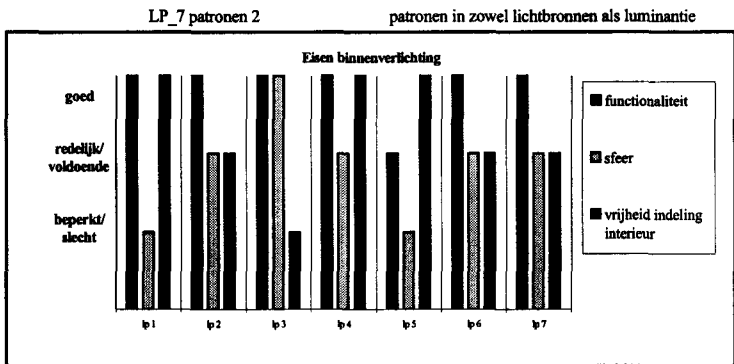
Lichtplannen: **comfort:**

- LP_1 standaard inbouwarmaturen, lijnvormig, direct verlicht
- LP_2 redelijk pendelarmaturen, direct-indirect
- LP_3 representatief spots, pendelarmaturen, onderdelen geaccentueerd

ruimtelijkheid:

- LP_4 plafond aangestraald pendelarmaturen (indirect)
- LP_5 vloer en werkvl. aangestr. direct verlicht, donkere wanden en plafond
- LP_6 patronen 1 patronen in zowel lichtbronnen als luminantie

- ↓ algemeen + pendelarmaturen + spots & afstemming op inrichting
- helder plafond
- helder werkvlak
- achterwand aangestraald met downlights (MBS170), eenvoudige algemene verlichting
- lichtbronnen vormen figuur, regelmatig luminantieverloop



- Ruimten: functies: 1 Kantoor gesloten
2 Kantoor open
3 Hal
4 Vergader ruimte

Omstandigheden:

afmeting:	l=	13100 mnr
	b=	2000 mnr
	h=	2700 mnr
inhoud:		70,74 m³
orientatie:	Z=	↑
	O=	←
afwerking	wand:	0,7
(refl. factor)	plafond:	0,8
	vloer:	0,2
	kozijn:	0,8

meubilair: W wel meubilair
G geen meubilair

lichtplan: luminaire coordinates chart + luminaire part list (DIALux)

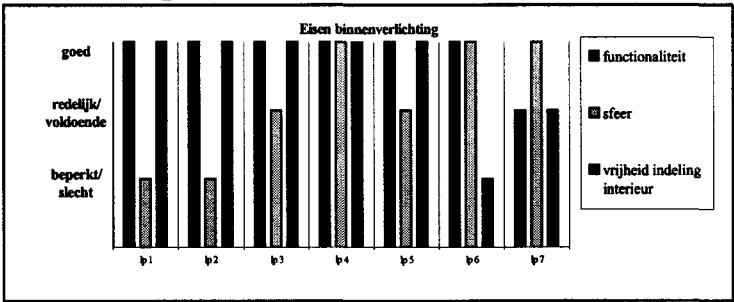
simulatie: v1 perspectief plattegrond (radiance)
(human) v2 perspectief openzijde (radiance)
v3 perspectief klapdeurzijde (radiance)
v4 perspectief fotozijde (radiance)
v5 perspectief deurkozijnzijde (radiance)

luminantie: v2_fc perspectief openzijde (radiance)
v5_fc perspectief deurkozijnzijde (radiance)

verlichtingsterkte: v6 parallel plattegrond werkvlak (0,00m)

- Lichtplannen: ruimtelijkheid LP_1 standaard 1 inbouwarmaturen, lijnvormig, direct verlicht
LP_2 standaard 2 zie LP_1, maar dan armaturen 90 graden gedraaid
LP_3 standaard 3 zie LP_1, maar dan armaturen verschoven naar fotozijde
LP_4 standaard 4 zie LP_1, maar dan positie arm. afgestemd op ruimte
LP_5 standaard 5 ruimte verlicht met spotlights
LP_6 standaard 6 wand met foto's aangelicht
LP_7 standaard 7 ruimte verlicht met uplights

- algemeen
- rotatie armaturen
- verschuiven armaturen
- afstemming geometrie met ruimte
- spots
- algemene verlichting met spots gericht op foto's
- uplights



Ruimden: functies: 1 Kantoor gesloten
2 Kantoor open
3 Hal
4 Vergaderruimte (nog in opbouw)

Omstandigheden:

afmeting: l= ? mtr
b= ? mtr
h= ? mtr
inhoud: ? m³
orientatie: Z=
O=
raam: l= ? mtr
h= ? mtr
glas: isolatieglas, helder
afwerking wand: 0,7
(refl. factor) plafond: 0,8
vloer: 0,2
kozijn: 0,8

meubilair: W wel meubilair
G geen meubilair

hemellicht: N nacht
O overdag, 13.00, lente, bewolkt

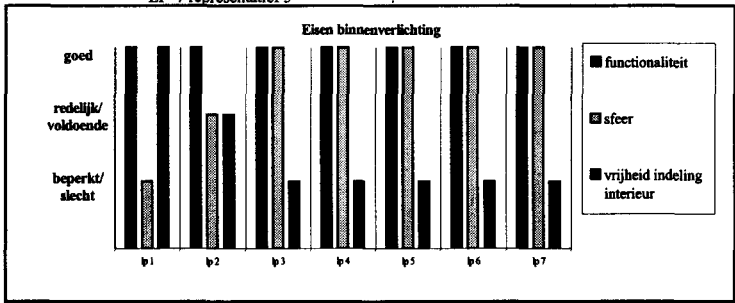
lichtplan: luminaire coordinates chart + luminaire part list (DIALux)

simulatie: v1 perspectief plattegrond (radiance)
(human) v2 perspectief raamzijde (radiance)
v3 perspectief deurszijde (radiance)
v4 perspectief oostzijde (radiance)
v5 perspectief zicht vanaf zitplaats (radiance)

luminantie: v2_fc perspectief raamzijde (radiance)
v5_fc perspectief zicht vanaf zitplaats (radiance)

verlichtingsterkte: v6 parallel plattegrond werkvlak (0,75m)

Lichtplannen: compare: LP_1 standaard ?
LP_2 redelijk ?
LP_3 representatief 1 ?
LP_4 representatief 2 ?
LP_5 representatief 3 ?
LP_6 representatief 4 ?
LP_7 representatief 5 ?



BIJLAGE II

Variantenbomen kantoor gesloten, kantoor open, hal en vergaderruimte

Ruimte:

kantoor gesloten

Omstandigheden:

wel meubilair

nacht

standaard

Lichtplannen:

Simulaties:

lp 1	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 2	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 3	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 4	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 5	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 6	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 7	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 1	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 2	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 3	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 4	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 5	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 6	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 7	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 1	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 2	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 3	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 4	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 5	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 6	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 7	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 1	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 2	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 3	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 4	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 5	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 6	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 7	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 1	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 2	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 3	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 4	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 5	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 6	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 7	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 1	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 2	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 3	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 4	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 5	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 6	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 7	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 1	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 2	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 3	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 4	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 5	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 6	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 7	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		

geen meubilair

nacht

standaard

kantoor wanden bruin

dag

standaard

kantoor wanden bruin

Ruimte:

kantoor open

Omstandigheden:

wel meubilair

nacht

dag

geen meubilair

nacht

dag

Lichtplannen: Simulaties:

lp 1	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 2	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 3	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 4	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 5	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 6	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 7	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 1	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 2	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 3	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 4	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 5	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 6	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 7	v1	v2	v3	v4	v5	v2_fc	v5_fc	v6
lp 1	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 2	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 3	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 4	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 5	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 6	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 7	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 1	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 2	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 3	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 4	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 5	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 6	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		
lp 7	v1	v2	v3	v4	v2_fc	v6		

Ruimte:

hal

Omstandigheden:

wel meubilair

geen meubilair

Lichtplannen: Simulaties:

lp 1	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 2	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 3	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 4	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 5	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 6	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 7	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 1	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 2	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 3	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 4	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 5	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 6	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6
lp 7	v1	v2	v3	v4	v5	v2 fc	v5 fc	v6

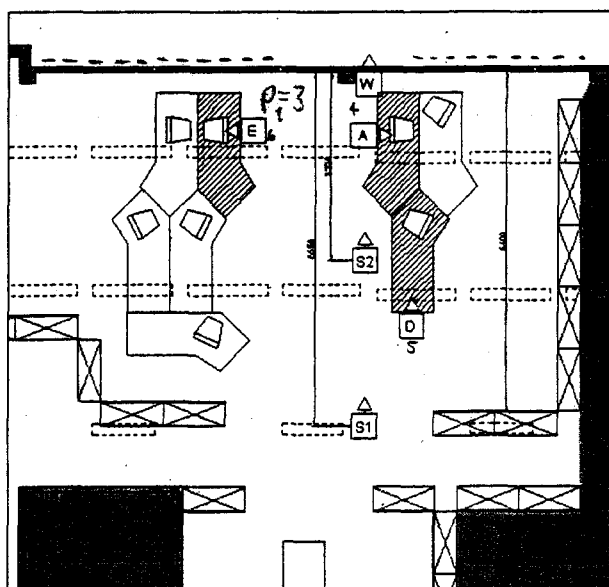
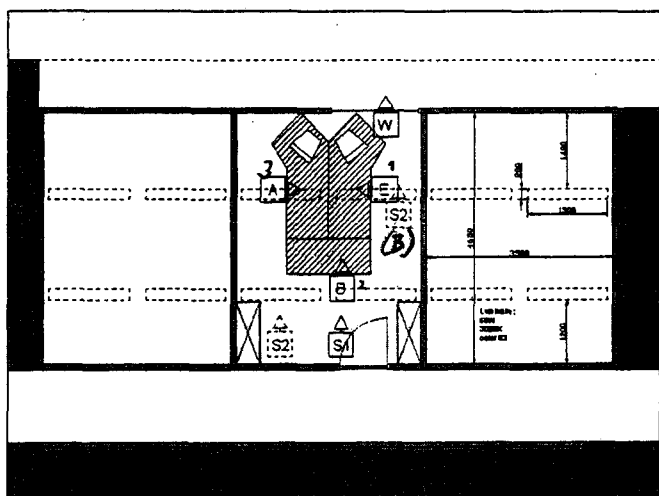
BIJLAGE III

Voorbeelden inrichting kantoor gesloten en kantoor open

Contents

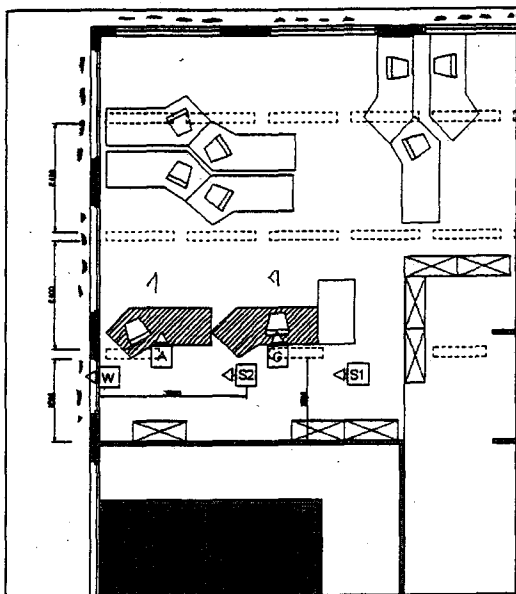
1.	VGZ	1
2.	RABO I.....	3
3.	RABO II.....	5
4.	ISL.....	7
5.	EDW	10
6.	Natlab WB	13
7.	Maas.....	15
8.	TNO	18
9.	UWV	21
10.	HVG.....	24

1. VGZ

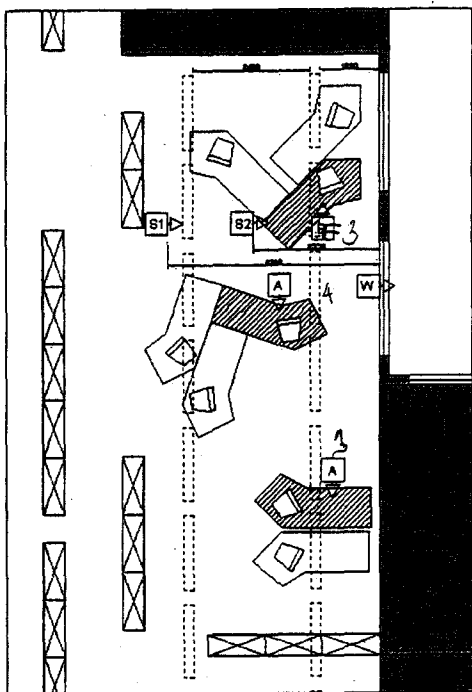


$$P_1 = 3$$

$$r_1 = 1$$



718

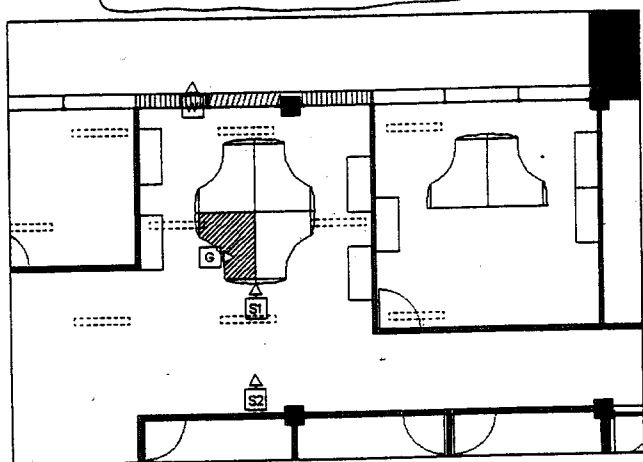


11
9

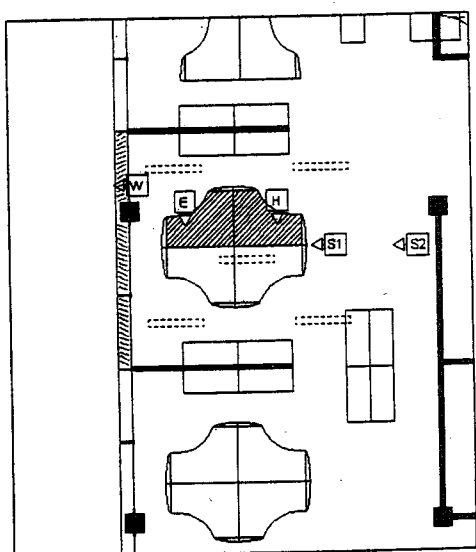
6

Postkamer
= 12.

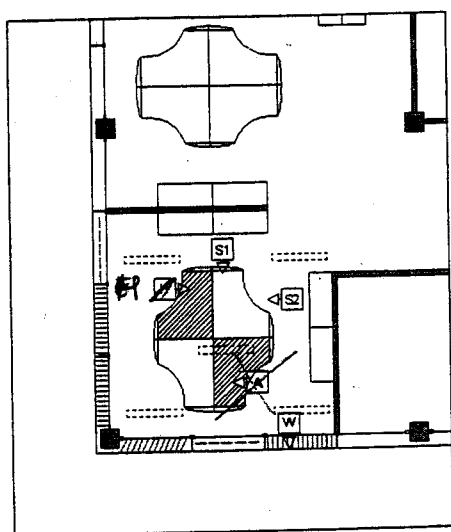
2. RABO I



13

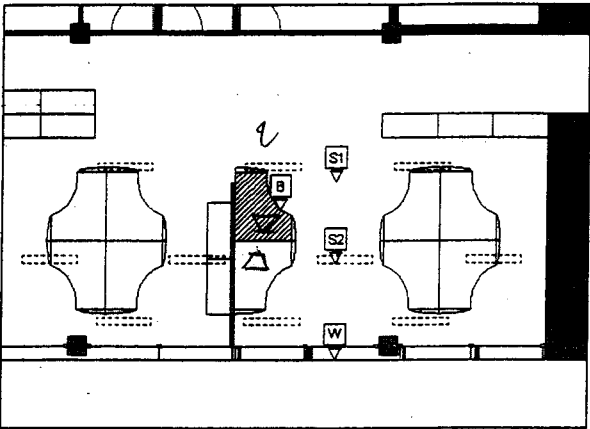


14 / 15



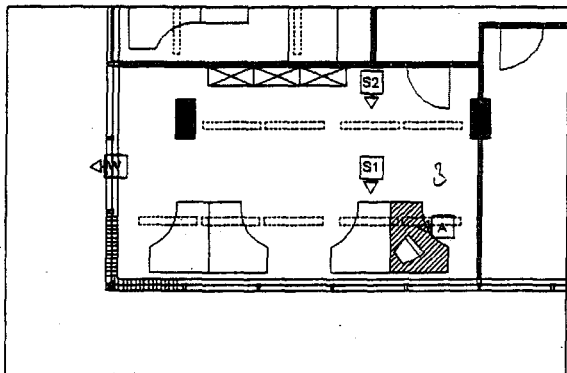
16

(16a)

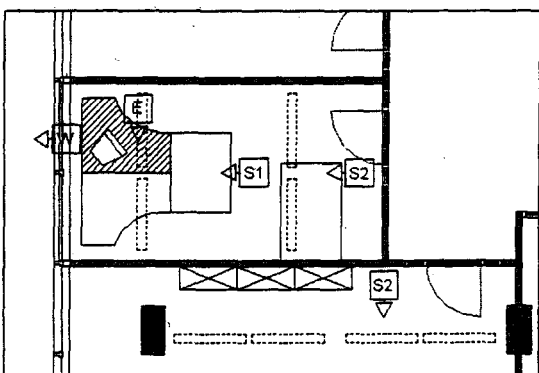


17

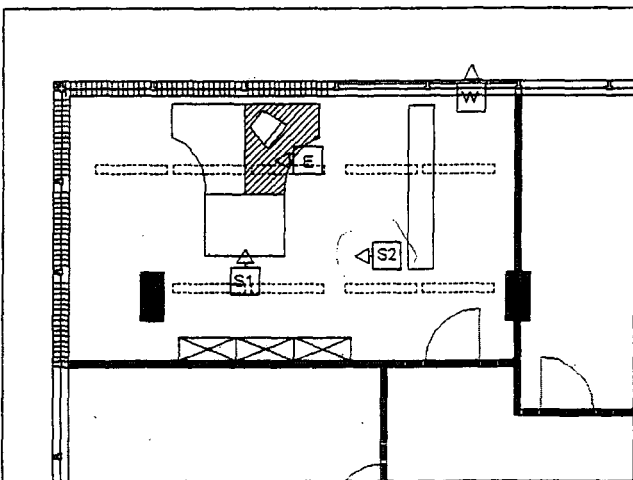
3. RABO II



18

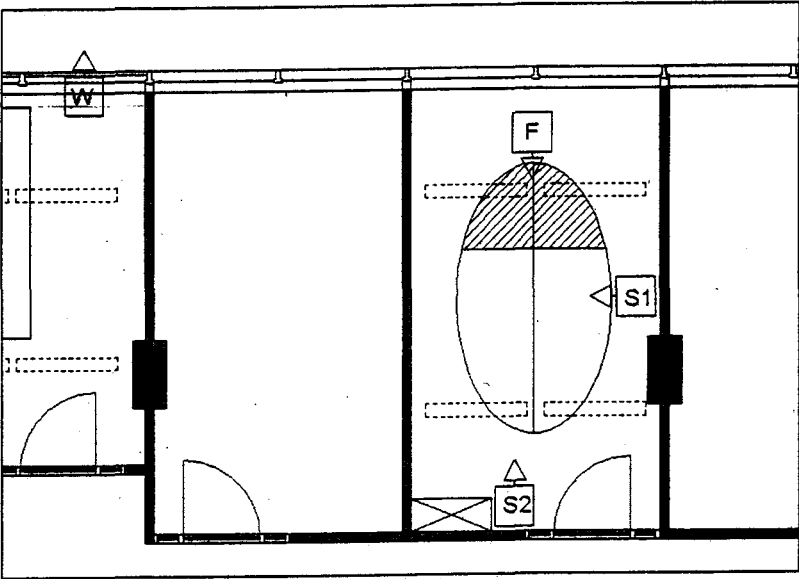


19

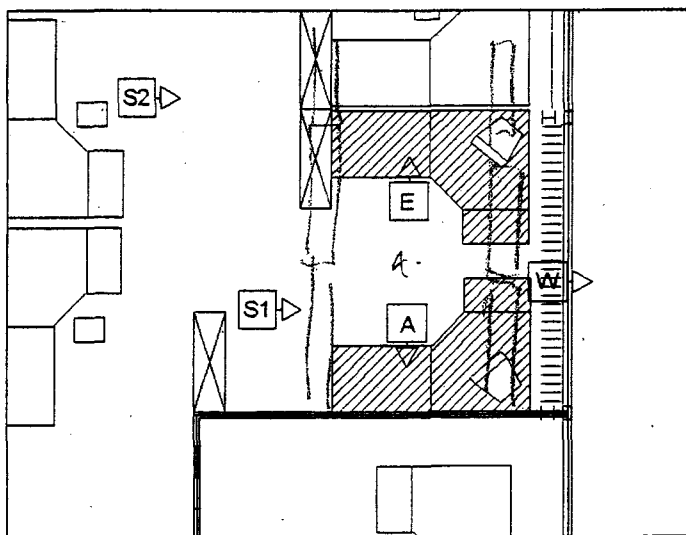


20

1d-20

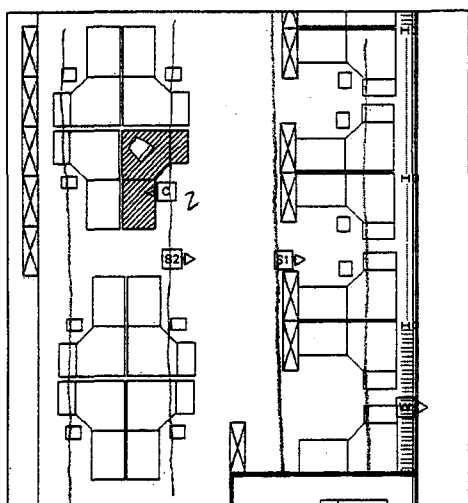


4. ISL

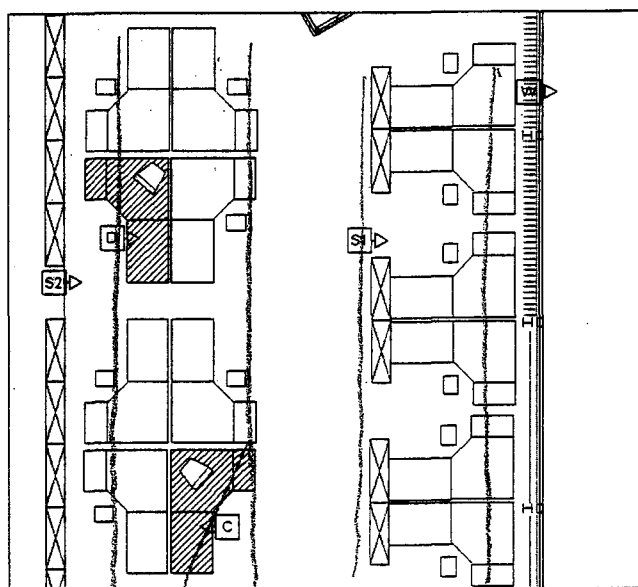


23

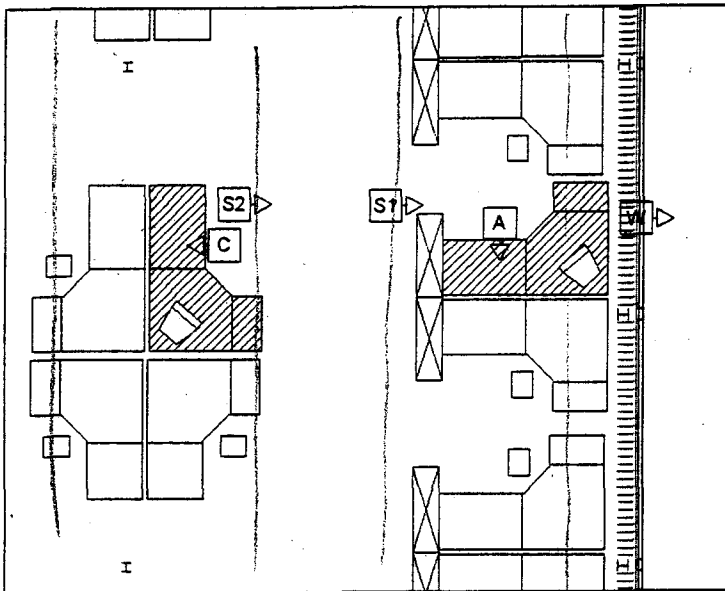
22



24

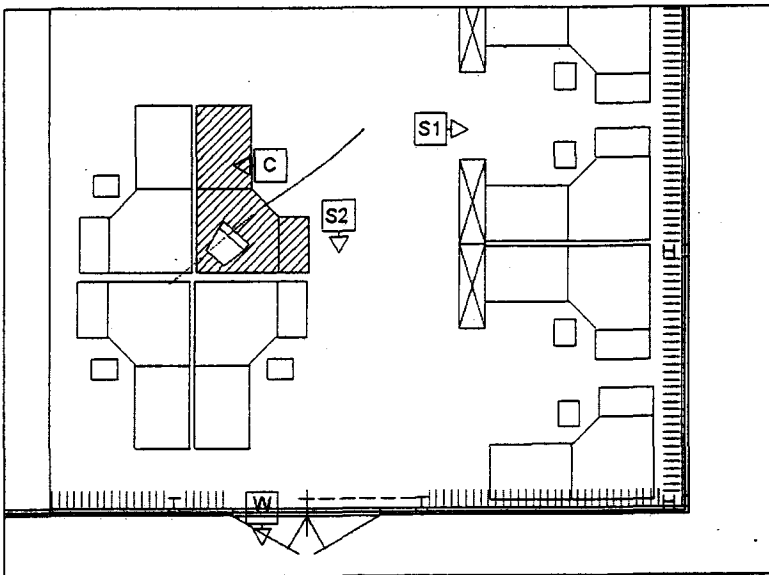


27



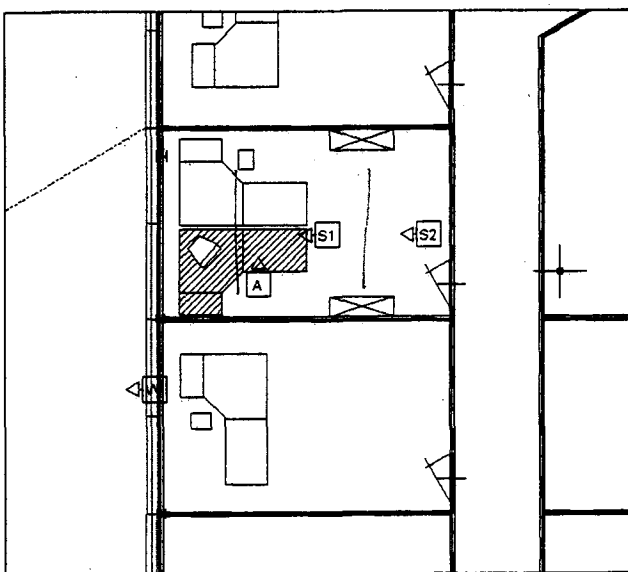
20/25

3



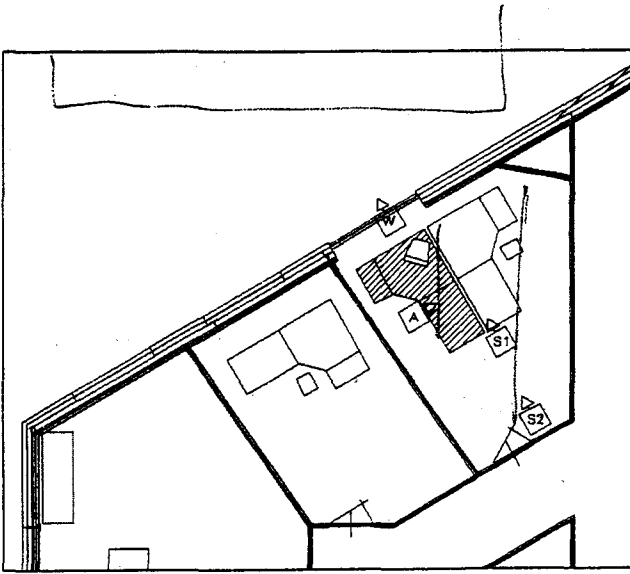
26

4



28

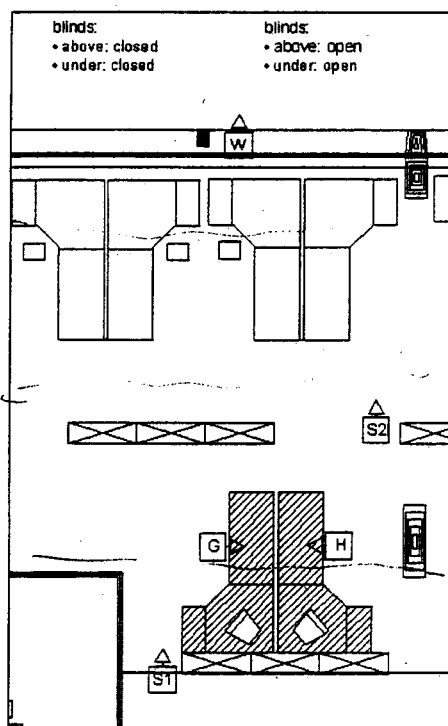
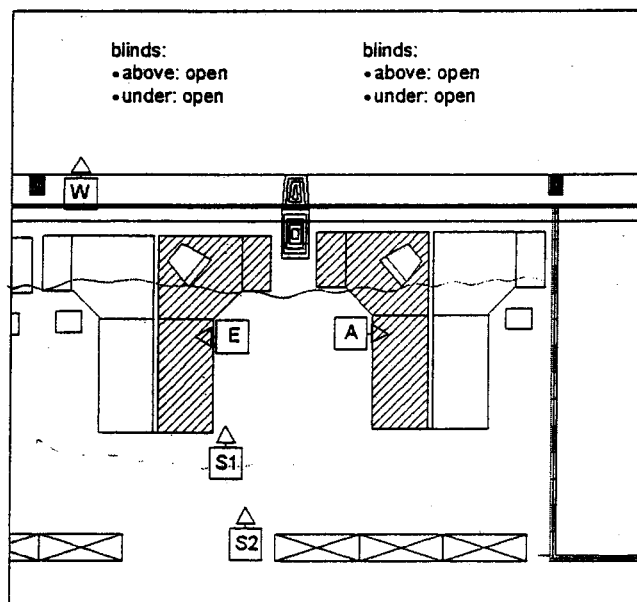
6

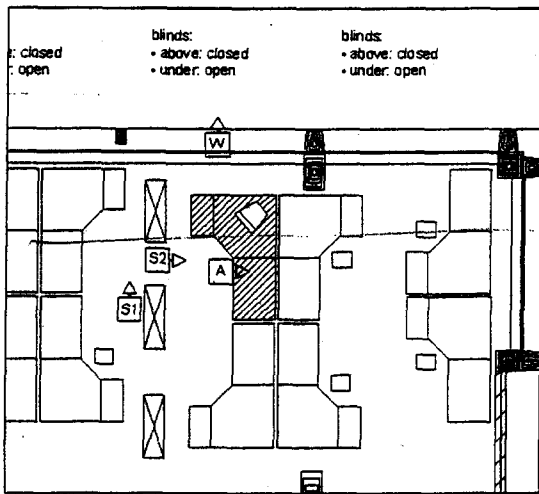


29

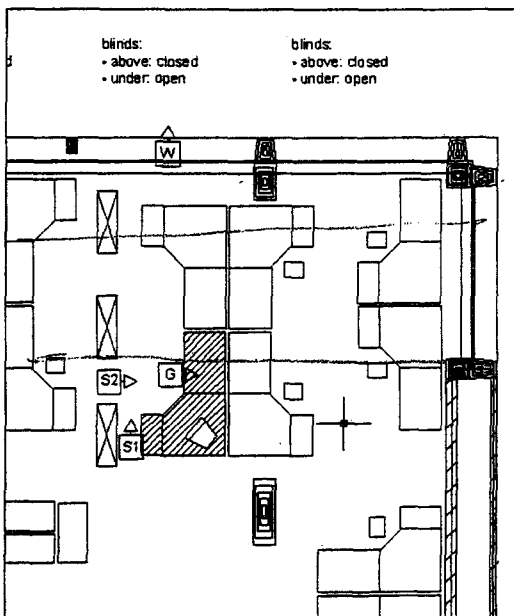
7

5. EDW

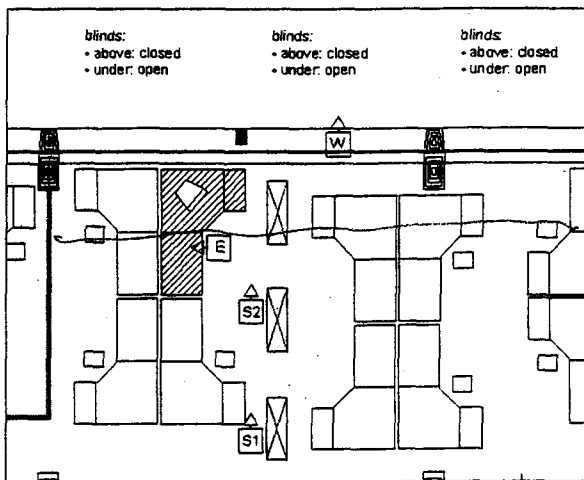




id:
36

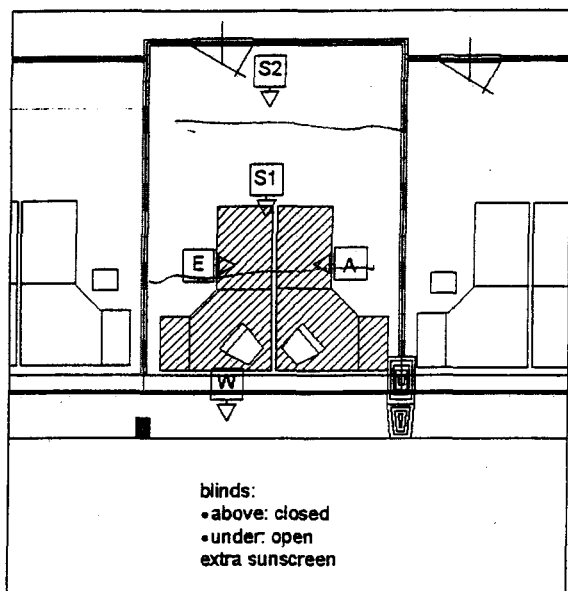


37

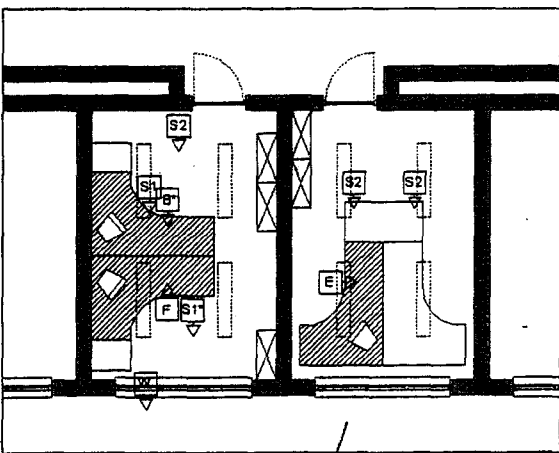
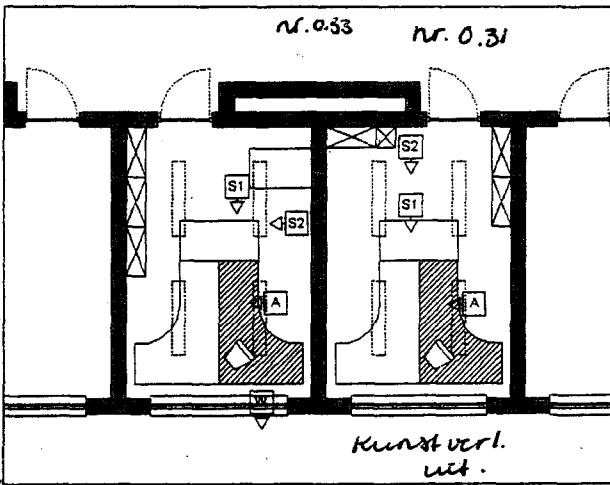
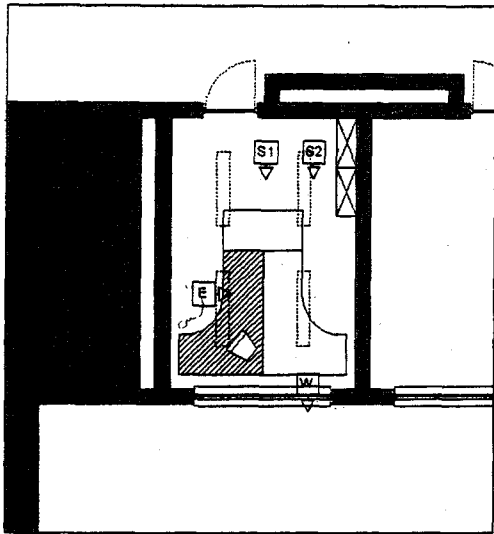


38

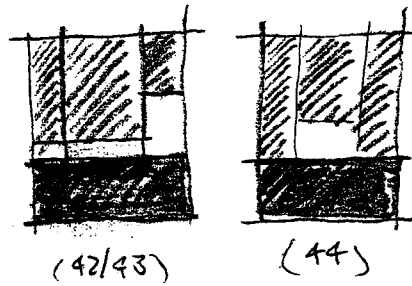
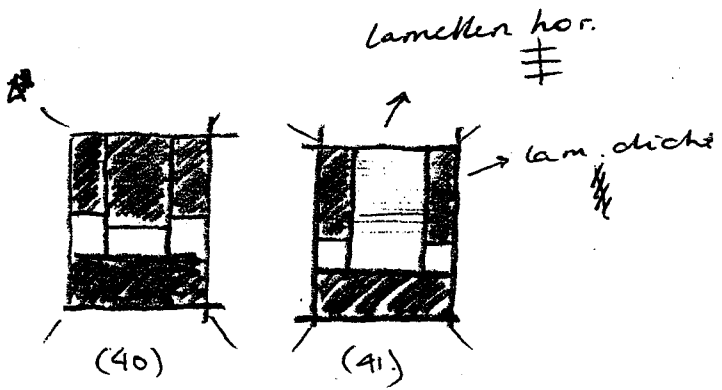
x35



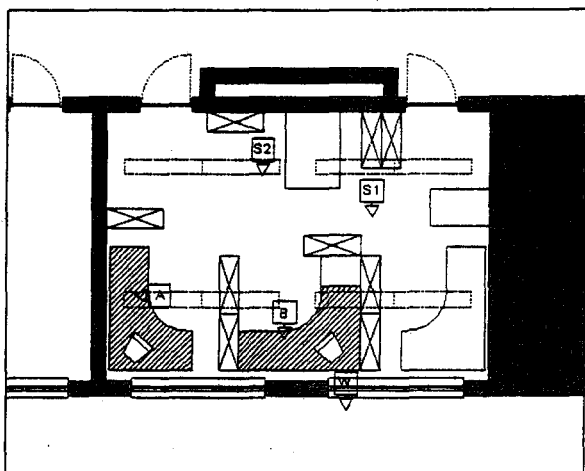
6. Natlab WB



blauw screen.



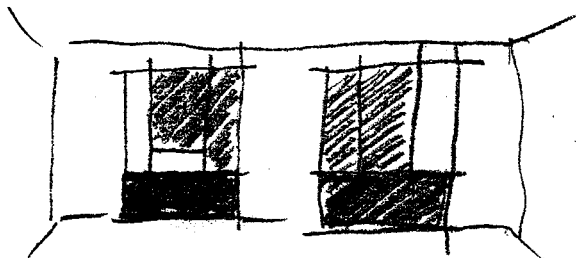
6



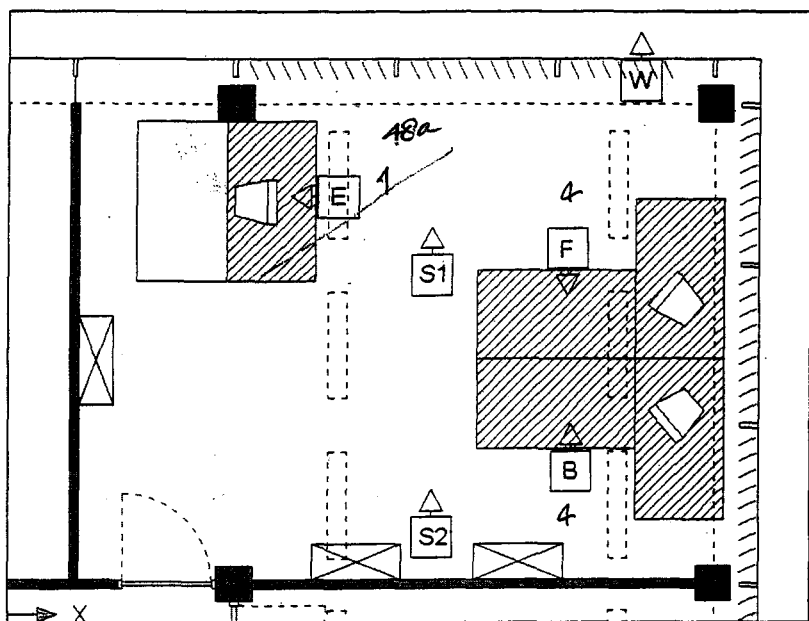
46

45

kamer paw.

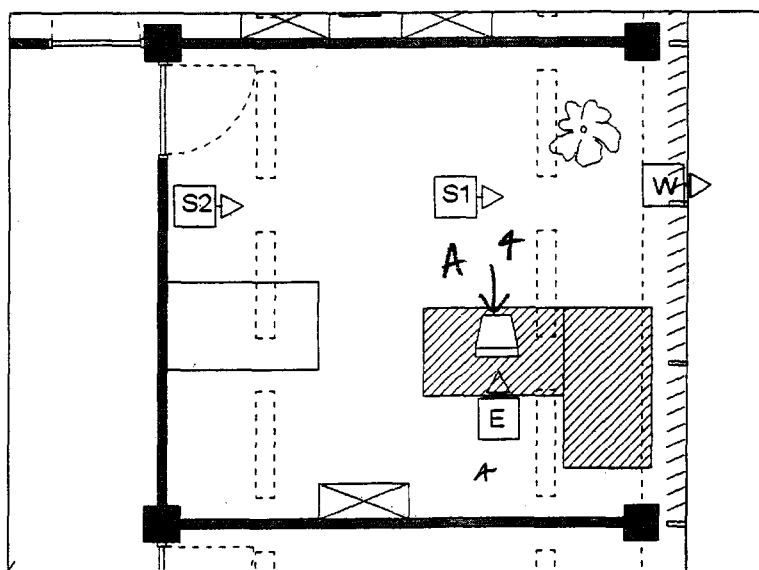


7. Maas



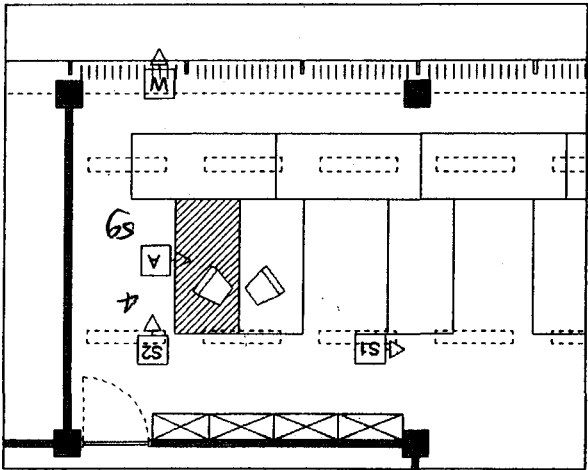
48

47



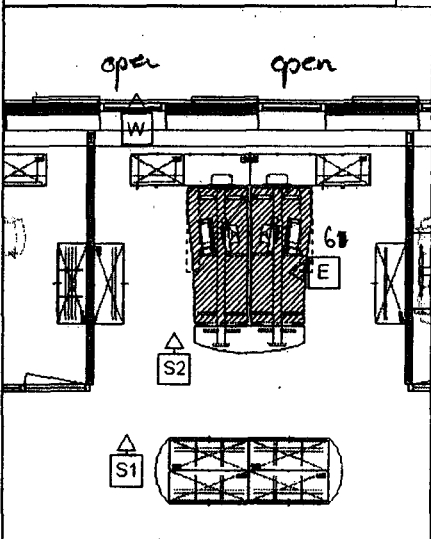
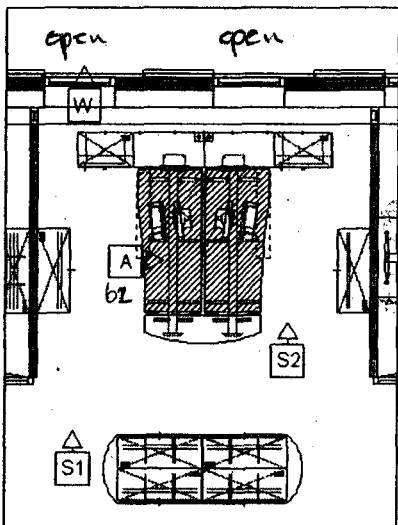
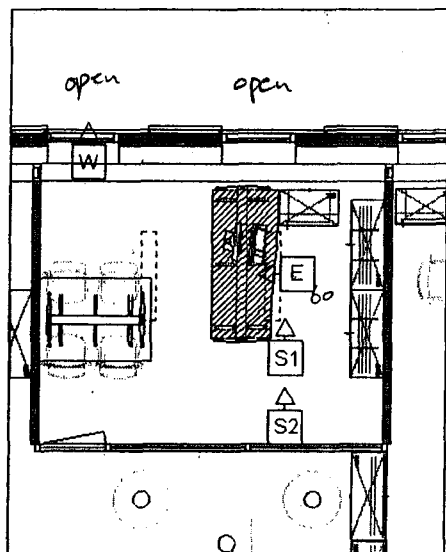
50

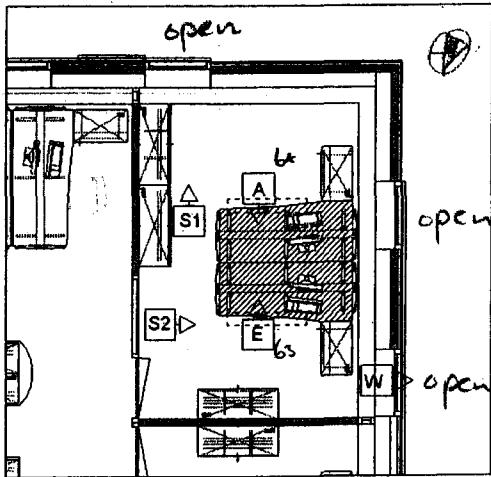
79



8. TNO

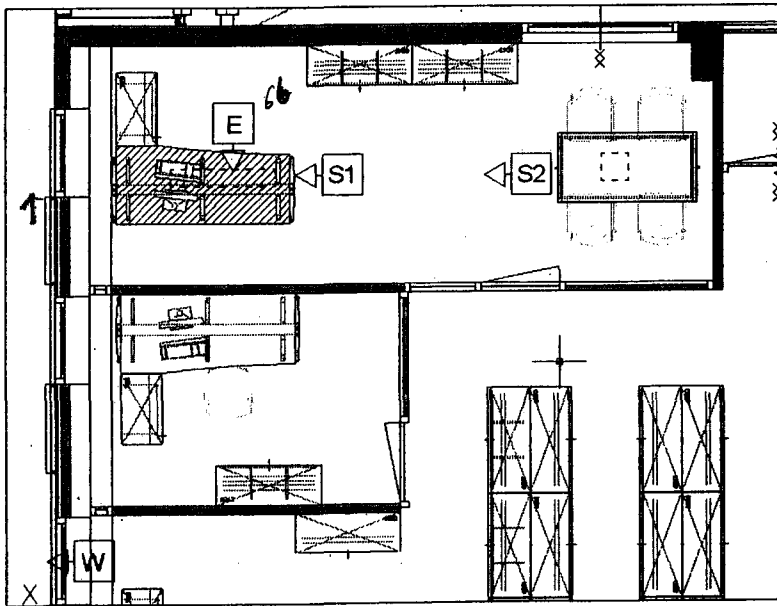
kunstverlichting uit?
uit





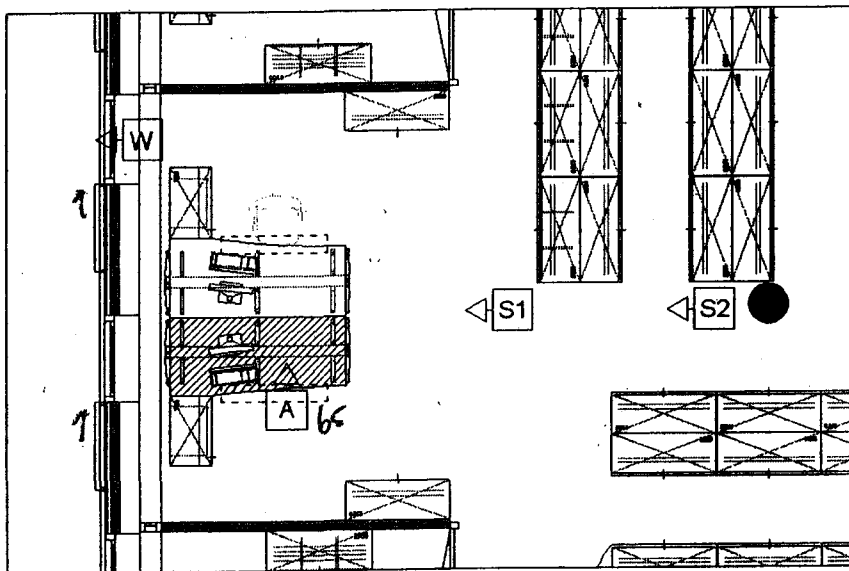
64 Ellis

63 Juices



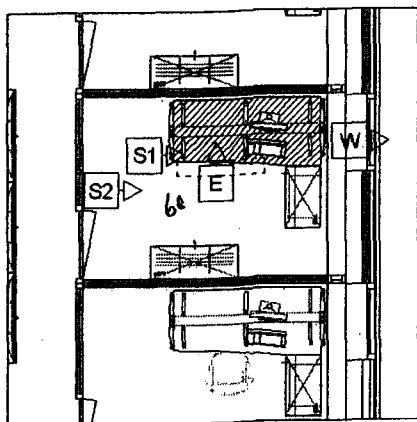
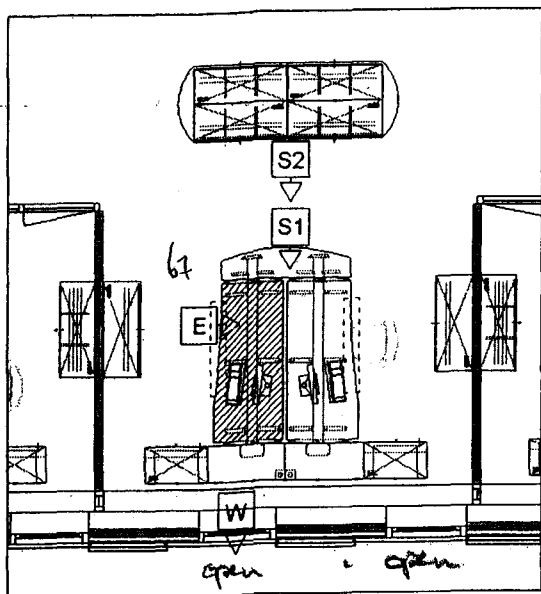
66

(Wouter)

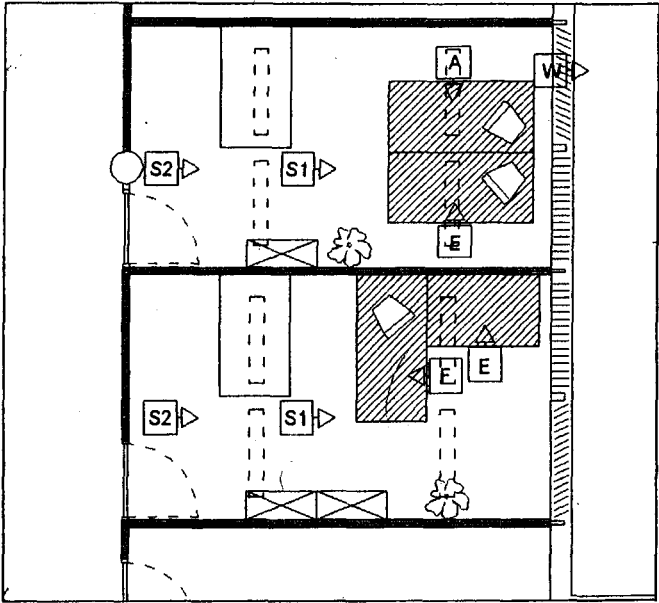


1

65



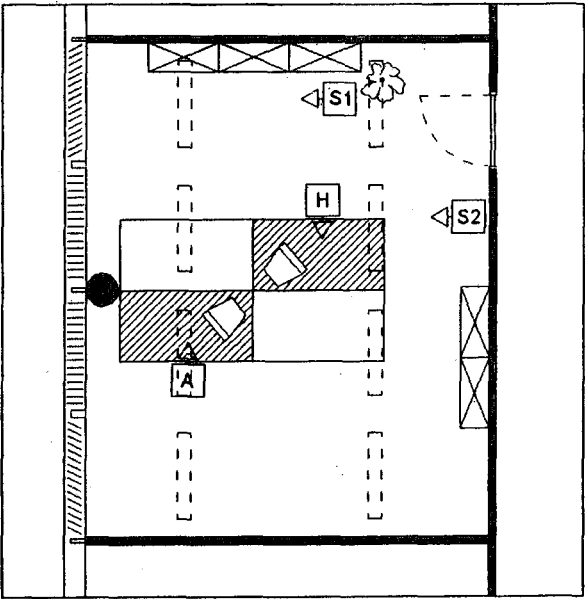
9. UWV



3 70

3 69

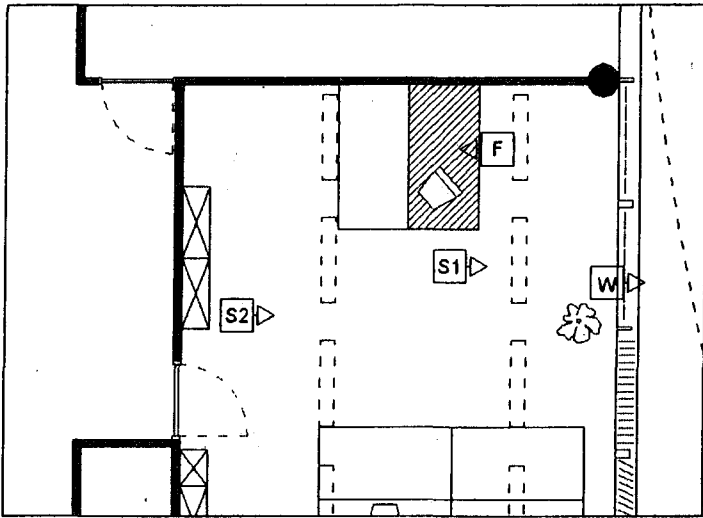
1 4 72 71



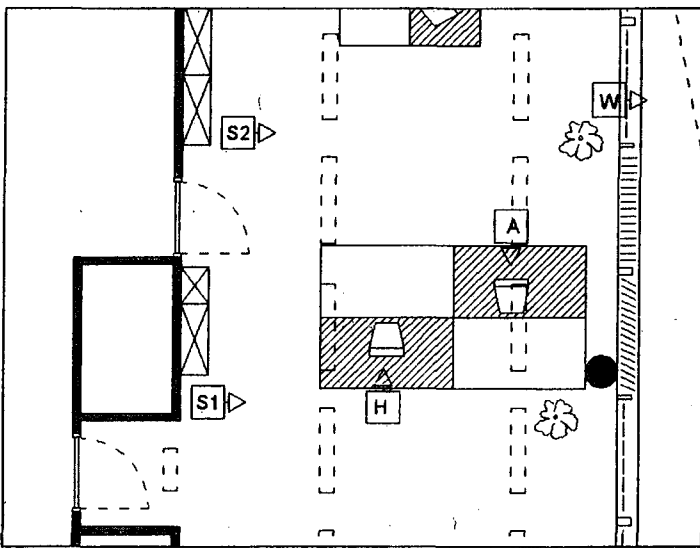
73

4

3 74

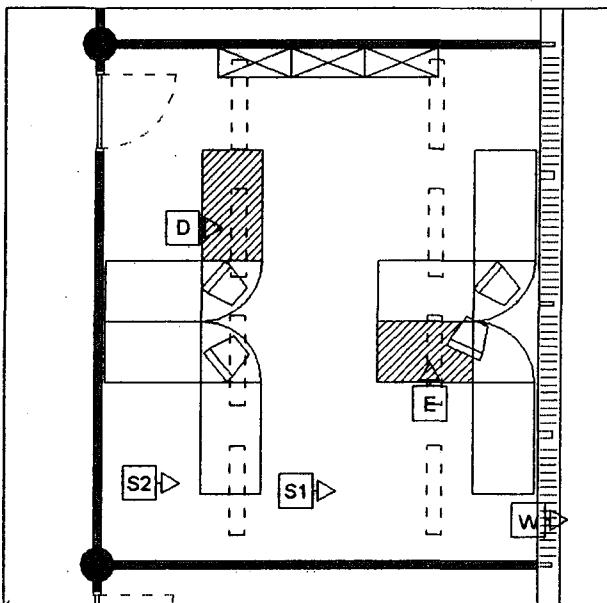


2 76



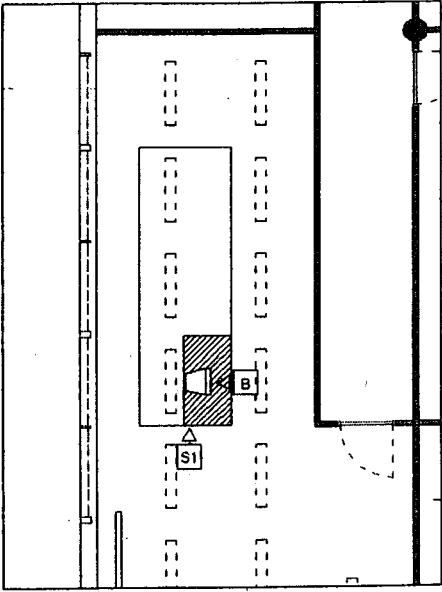
3 76

4 77



2 79

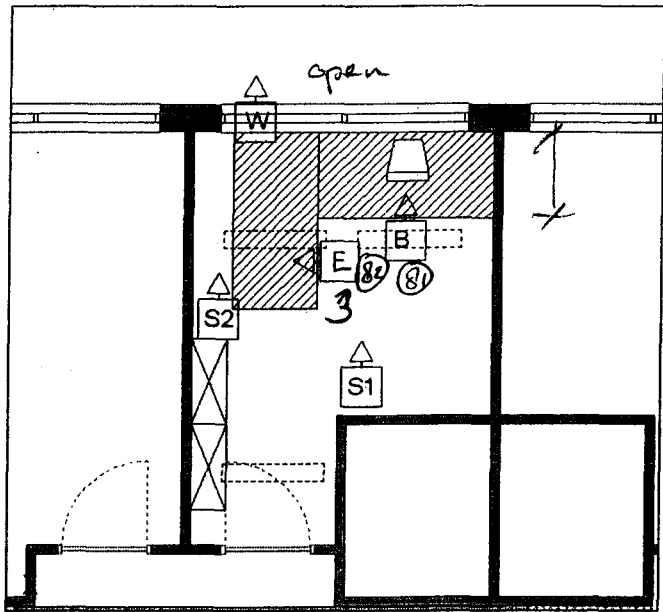
3 78



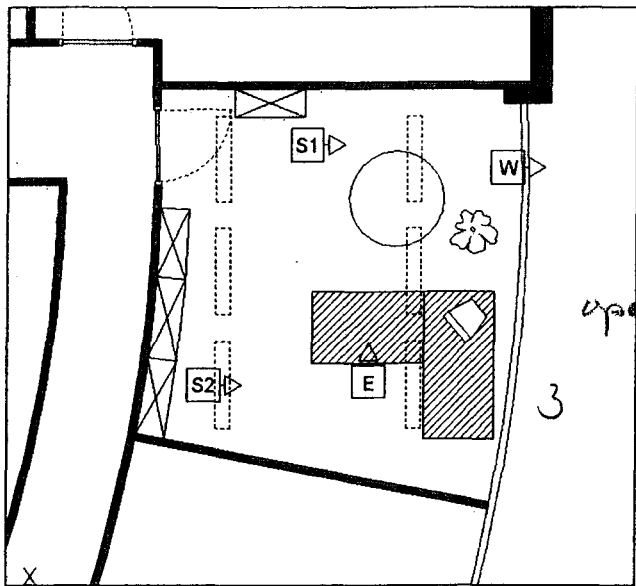
2

80

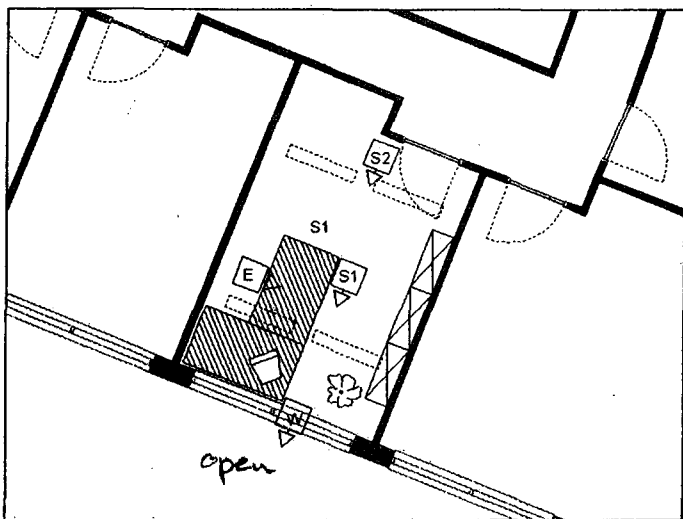
10. HVG



1

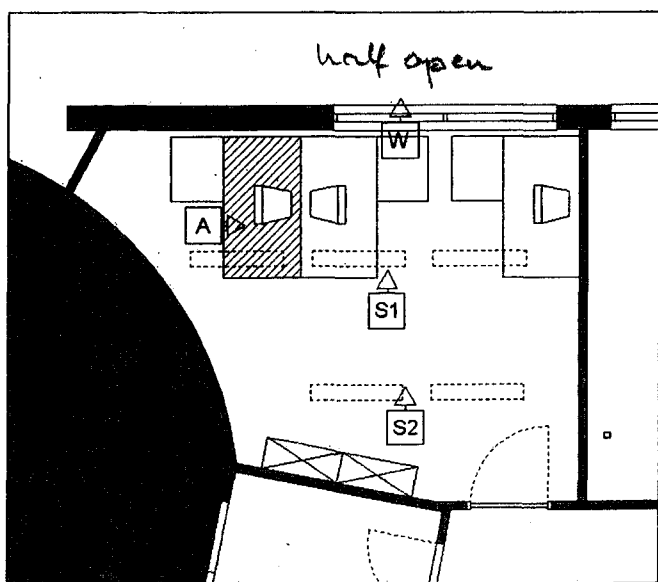


id=83



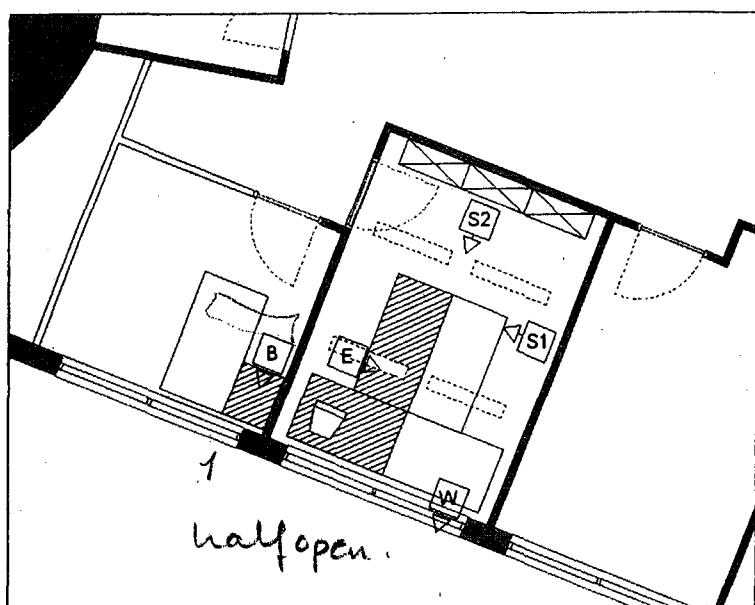
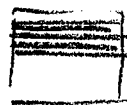
3

id = 84.



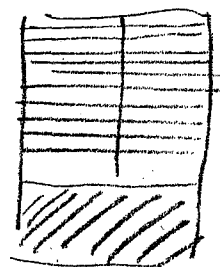
3

85



87/86 E

3



BIJLAGE IV

Tabel 5.1, 5.3, 5.5 en 5.6 uit NEN 12464

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

FINAL DRAFT
prEN 12464-1

July 2002

ICS 91.160.10

English version

Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places

Lumière et éclairage - Eclairage des lieux de travail - Partie
1: Lieux de travail intérieur

Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten -
Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen

This draft European Standard is submitted to CEN members for formal vote. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 169.

If this draft becomes a European Standard, CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

This draft European Standard was established by CEN in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

Warning : This document is not a European Standard. It is distributed for review and comments. It is subject to change without notice and shall not be referred to as a European Standard.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

5.3 Lighting requirements for interiors (areas), tasks and activities

Table 5.1 — Traffic zones and general areas inside buildings

1.1 Traffic zones → UGR					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
1.1.1	Circulation areas and corridors hoh. vloer	100	28	40	1. Illuminance at floor level. 2. R _a and UGR similar to adjacent areas. 3. 150 lx if there are vehicles on the route. 4. The lighting of exits and entrances shall provide a transition zone to avoid sudden changes in illuminance between inside and outside by day or night. 5. Care should be taken to avoid glare to drivers and pedestrians.
1.1.2	Stairs, escalators, travelators ✓	150	25	40	
1.1.3	Loading ramps/bays	150	25	40	
1.2 Rest, sanitation and first-aid rooms					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
1.2.1	Canteens, pantries, → 0.80 - + 0.90	200	22	80	
1.2.2	Rest rooms	100	22	80	
1.2.3	Rooms for physical exercise	300	22	80	
1.2.4	Cloakrooms, washrooms, bathrooms, toilets	200	25	80	
1.2.5	Sick bay	500	19	80	
1.2.6	Rooms for medical attention	500	16	90	T _{cp} ≥ 4000 K / bedhoopte
1.3 Control rooms					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
1.3.1	Plant rooms, switch gear rooms	200	25	60	→ STAND → ooghoefte
1.3.2	Telex, post room, switchboard	500	19	80	1.66
1.4 Store rooms, cold stores					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
1.4.1	Store and stockrooms	100	25	60	200 lx if continuously occupied.
1.4.2	Dispatch packing handling areas	300	25	60	

Table 5.2 — Industrial activities and crafts (continued)

2.19 Vehicle construction					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L -	R _a -	Remarks
2.19.1	Body work and assembly	500	22	80	
2.19.2	Painting, spraying chamber, polishing chamber	750	22	80	
2.19.3	Painting: touch-up, inspection	1000	19	90	T _{CP} ≥ 4000 K.
2.19.4	Upholstery manufacture (manned)	1000	19	80	
2.19.5	Final inspection	1000	19	80	

2.20 Wood working and processing					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L -	R _a -	Remarks
2.20.1	Automatic processing e.g. drying, plywood manufacturing	50	28	40	
2.20.2	Steam pits	150	28	40	
2.20.3	Saw frame	300	25	60	Prevent stroboscopic effects.
2.20.4	Work at joiner's bench, gluing, assembly	300	25	80	
2.20.5	Polishing, painting, fancy joinery	750	22	80	
2.20.6	Work on wood working machines e.g. turning, fluting, dressing, rebating, grooving, cutting, sawing, sinking	500	19	80	Prevent stroboscopic effects.
2.20.7	Selection of veneer woods	750	22	90	T _{CP} ≥ 4000 K.
2.20.8	Marquetry, inlay work	750	22	90	T _{CP} ≥ 4000 K.
2.20.9	Quality control, inspection	1000	19	90	T _{CP} ≥ 4000 K.

Table 5.3 — Offices

3 Offices					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L -	R _a -	Remarks
3.1	Filing, copying, etc.	300	19	80	
3.2	Writing, typing, reading, data processing	500	19	80	DSE-work: see clause 4.11.
3.3	Technical drawing	750	16	80	
3.4	CAD work stations	500	19	80	DSE-work: see clause 4.11.
3.5	Conference and meeting rooms	500	19	80	Lighting should be controllable.
3.6	Reception desk	300	22	80	
3.7	Archives	200	25	80	

Table 5.4 — Retail premises

4 Retail premises					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
4.1	Sales area	300	22	80	Both illuminance and UGR requirements are determined by the type of shop.
4.2	Till area	500	19	80	
4.3	Wrapper table	500	19	80	

Table 5.5 — Places of public assembly

5.1 General areas					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
5.1.1	Entrance halls	100	22	80	UGR only if applicable.
5.1.2	Cloakrooms	200	25	80	
5.1.3	Lounges	200	22	80	
5.1.4	Ticket offices	300	22	80	

5.2 Restaurants and hotels					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
5.2.1	Reception/cashier desk, porters desk	300	22	80	There should be a transition zone between kitchen and restaurant.
5.2.2	Kitchen	500	22	80	
5.2.3	Restaurant, dining room, function room	-	-	80	The lighting should be designed to create the appropriate atmosphere.
5.2.4	Self-service restaurant	200	22	80	
5.2.5	Buffet	300	22	80	Lighting should be controllable.
5.2.6	Conference rooms	500	19	80	
5.2.7	Corridors	100	25	80	During night-time lower levels are acceptable.

5.3 Theatres, concert halls, cinemas					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
5.3.1	Practice rooms, dressing rooms	300	22	80	Lighting of mirrors for make-up shall be glare-free.

Table 5.5 — Places of public assembly (continued)

5.4 Trade fairs, exhibition halls					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
5.4.1	General lighting	300	22	80	
5.5 Museums					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
5.5.1	Exhibits, insensitive to light				Lighting is determined by the display requirements.
5.5.2	Light sensitive exhibits				1. Lighting is determined by the display requirements. 2. Protection against damaging radiation is paramount.
5.6 Libraries					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
5.6.1	Bookshelves	200	19	80	
5.6.2	Reading area	500	19	80	
5.6.3	Counters	500	19	80	
5.7 Public car parks (indoor)					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L	R _a	Remarks
5.7.1	In/out ramps (during the day)	300	25	20	1. Illuminances at floor level. 2. Safety colours shall be recognisable.
5.7.2	In/out ramps (at night)	75	25	20	1. Illuminances at floor level. 2. Safety colours shall be recognisable.
5.7.3	Traffic lanes	75	25	20	1. Illuminances at floor level. 2. Safety colours shall be recognisable.
5.7.4	Parking areas	75	-	20	1. Illuminances at floor level. 2. Safety colours shall be recognisable. 3. A high vertical illuminance increases recognition of peoples faces and therefore the feeling of safety.
5.7.5	Ticket office	300	19	80	1. Avoid reflections in the windows. 2. Prevent glare from outside.

Table 5.6 — Educational premises

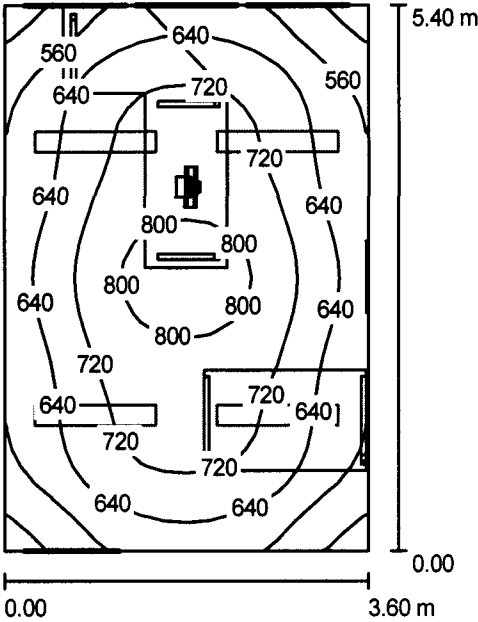
1.1 Nursery school, play school					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L -	R _a -	Remarks
1.1.1	Play room	300	19	80	
1.1.2	Nursery	300	19	80	
1.1.3	Handicraft room	300	19	80	
2 Educational buildings					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	E_m lx	UGR _L -	R _a -	Remarks
2.1	Classrooms, tutorial rooms	300	19	80	Lighting should be controllable.
2.2	Classroom for evening classes and adults education	500	19	80	Lighting should be controllable.
2.3	Lecture hall	500	19	80	Lighting should be controllable.
2.4	Black board	500	19	80	Prevent specular reflections.
2.5	Demonstration table	500	19	80	In lecture halls 750 lx.
2.6	Art rooms	500	19	80	
2.7	Art rooms in art schools	750	19	90	T _{CP} ≥ 5000 K.
2.8	Technical drawing rooms	750	16	80	
2.9	Practical rooms and laboratories	500	19	80	
2.10	Handicraft rooms	500	19	80	
2.11	Teaching workshop	500	19	80	
2.12	Music practice rooms	300	19	80	
2.13	Computer practice rooms (menu driven)	300	19	80	DSE-work: see clause 4.11.
2.14	Language laboratory	300	19	80	
2.15	Preparation rooms and workshops	500	22	80	
2.16	Entrance halls	200	22	80	
2.17	Circulation areas, corridors	100	25	80	
2.18	Stairs	150	25	80	
2.19	Student common rooms and assembly halls	200	22	80	
2.20	Teachers rooms	300	19	80	
2.21	Library: bookshelves	200	19	80	
2.22	Library: reading areas	500	19	80	
2.23	Stock rooms for teaching materials	100	25	80	
2.24	Sports halls, gymnasiums, swimming pools (general use)	300	22	80	For more specific activities, the requirements of EN 12193 shall be used
2.25	School canteens	200	22	80	
2.26	Kitchen	500	22	80	

BIJLAGE V

DIALux gegevens van de lichtplannen kantoor gesloten, open en hal

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 1 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.797 m, Maintenance factor: 0.85
Values in Lux, Scale 1:75

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	669	438	847	0.66
Floor	20	564	385	753	0.68
Ceiling	80	159	99	190	0.63
Walls (4)	70	275	108	547	/

Workplane:
Height: 0.800 m
Grid: 8 x 16 Points
Boundary Zone: 0.000 m
Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.400, Ceiling / Working Plane: 0.237.

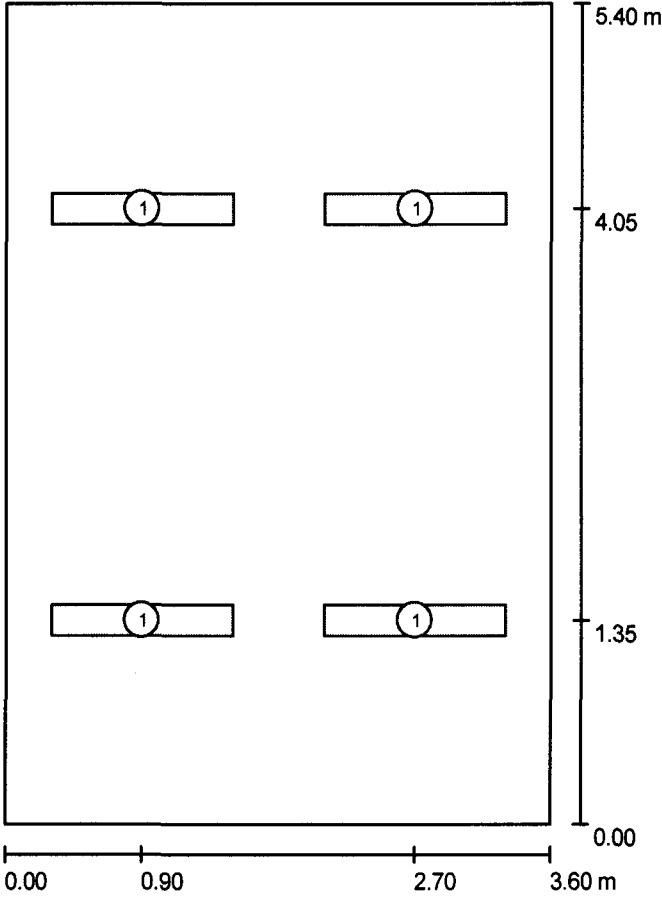
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS600 D6 2xTL5-28W/830 (1.000)	5200	64
total:			20800	256

Specific connected load: $13.17 \text{ W/m}^2 = 1.97 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 19.44 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 1 - Luminaire Coordinates Chart



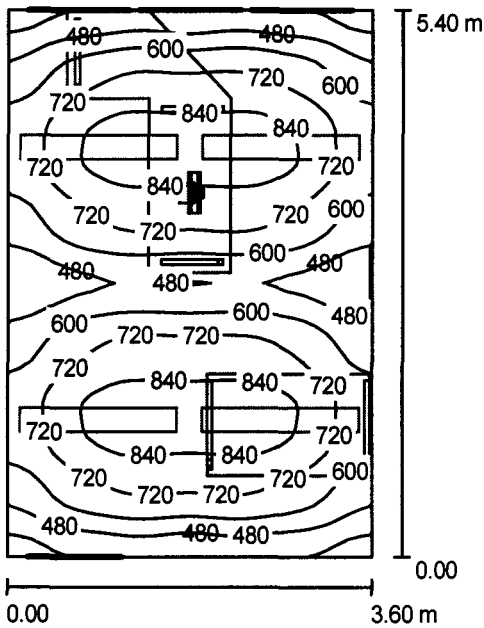
Scale 1 : 50

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS600 D6 2xTL5-28W/830	5200	64
total:			20800	256

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 2 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.100 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:75

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	659	284	898	0.43
Floor	20	551	379	740	0.69
Ceiling	80	425	137	870	0.32
Walls (4)	70	284	151	603	/

Workplane:

Height: 0.800 m
Grid: 16 x 32 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.435, Ceiling / Working Plane: 0.645.

Luminaire Parts List

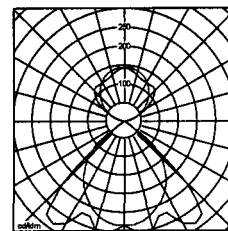
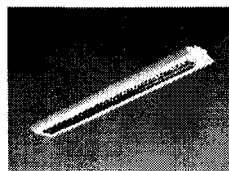
Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TPS 670/672/673 TPS672 D7 1xTL5-49W/830 (1.000)	4300	54
total:			17200	216

Specific connected load: $11.11 \text{ W/m}^2 = 1.69 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 19.44 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

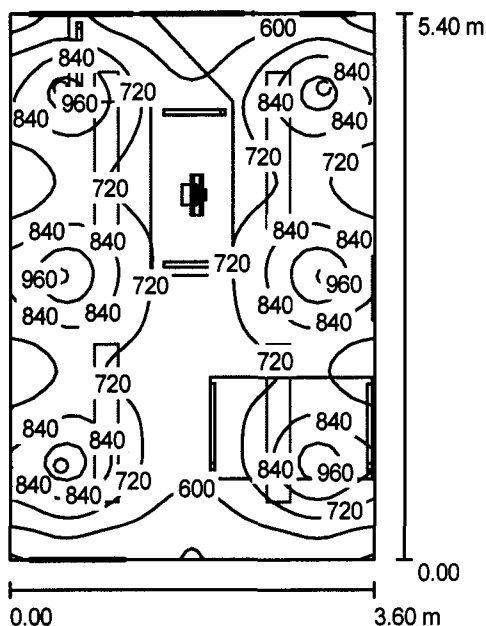
LP 2 - Luminaire Parts List for Room

4 Pieces Philips TPS 670/672/673 TPS672 D7 1xTL5-49W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 4300 lm
Luminaire Wattage: 54 W
Luminaire classification according to CIE: 60
Fitting: 1 x TL5-49W (Correction Factor 1.000).



Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 3 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:75

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	741	466	1139	0.63
Floor	20	627	455	764	0.73
Ceiling	80	828	264	1478	0.32
Walls (4)	70	424	230	748	/

Workplane:

Height: 0.800 m
Grid: 16 x 32 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.638, Ceiling / Working Plane: 1.118.

Luminaire Parts List

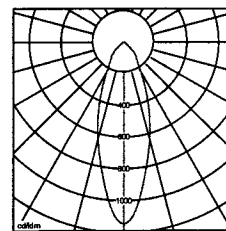
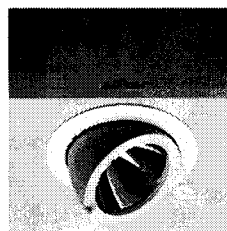
Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	6	Philips Mini-Mezzo QBN110 MB36 1xHAL-C100W/12V-GY6.35 (1.000)	2200	0
2	4	Philips TPS 670/672/673 TPS673 1xTL5-49W/830 (1.000)	4300	54
total:			30400	216

Specific connected load: $11.11 \text{ W/m}^2 = 1.50 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 19.44 m^2)

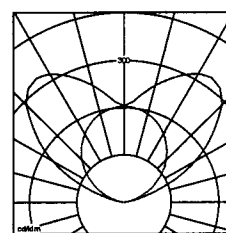
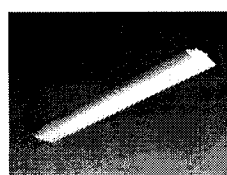
Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 3 - Luminaire Parts List for Room

6 Pieces Philips Mini-Mezzo QBN110 MB36 1xHAL-C100W/12V-GY6.35
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 2200 lm
Luminaire Wattage: 0 W
Luminaire classification according to CIE: 100
Fitting: 1 x HAL-C100W/12V-GY6.35 (Correction Factor 1.000).

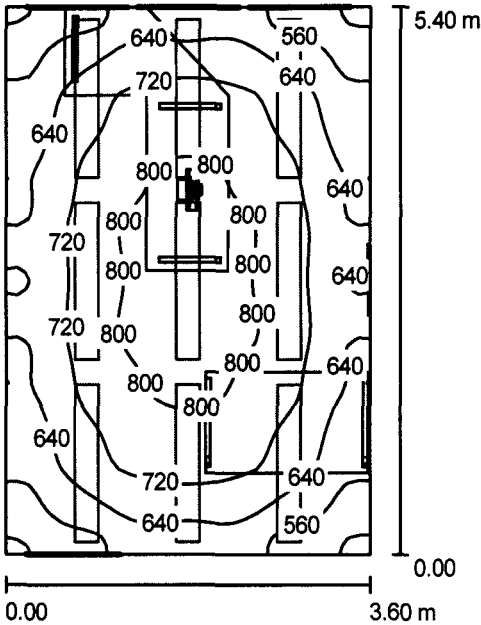


4 Pieces Philips TPS 670/672/673 TPS673 1xTL5-49W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 4300 lm
Luminaire Wattage: 54 W
Luminaire classification according to CIE: 0
Fitting: 1 x TL5-49W (Correction Factor 1.000).



Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 4 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.200 m, Maintenance factor: 0.85 Values in Lux, Scale 1:75

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	691	451	840	0.65
Floor	20	565	405	673	0.72
Ceiling	80	1257	438	1756	0.35
Walls (4)	70	497	277	1035	/

Workplane:
Height: 0.800 m
Grid: 16 x 32 Points
Boundary Zone: 0.000 m
Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.811, Ceiling / Working Plane: 1.819.

Luminaire Parts List

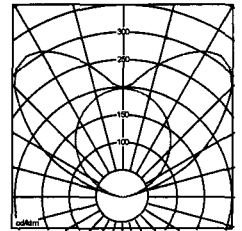
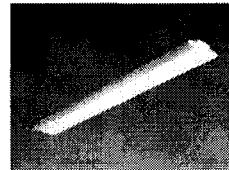
Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	9	Philips TPS 670/672/673 TPS673 1xTL5-35W/830 (1.000)	3300	39
total:			29700	351

Specific connected load: $18.06 \text{ W/m}^2 = 2.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 19.44 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

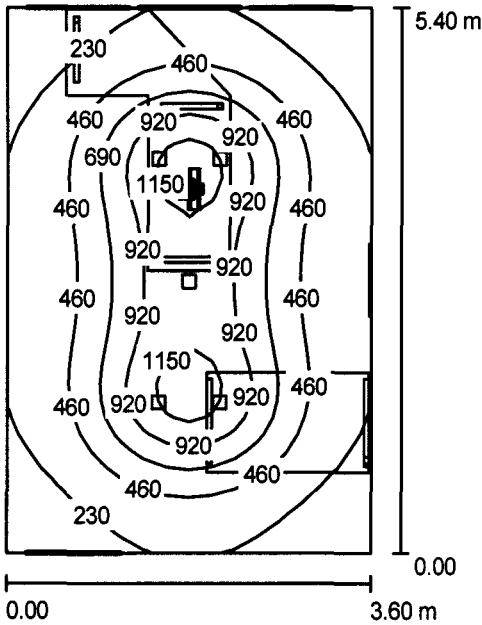
LP 4 - Luminaire Parts List for Room

9 Pieces Philips TPS 670/672/673 TPS673 1xTL5-35W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 3300 lm
Luminaire Wattage: 39 W
Luminaire classification according to CIE: 0
Fitting: 1 x TL5-35W (Correction Factor 1.000).



Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 6 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.830 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:75

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	528	114	1438	0.22
Floor	20	480	152	921	0.32
Ceiling	80	87	56	103	0.64
Walls (4)	70	122	64	199	/

Workplane:

Height: 0.800 m
Grid: 8 x 16 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.205, Ceiling / Working Plane: 0.166.

Luminaire Parts List

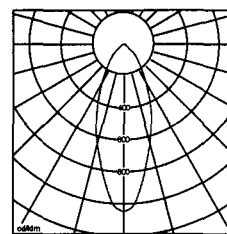
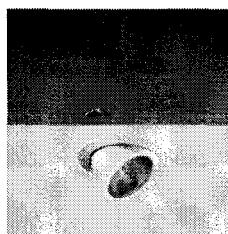
Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	5	Philips Mini-Mezzo MBN110 MB36 1xCDM-TC35W/830 (1.000)	3300	44
total:			16500	220

Specific connected load: $11.32 \text{ W/m}^2 = 2.14 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 19.44 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

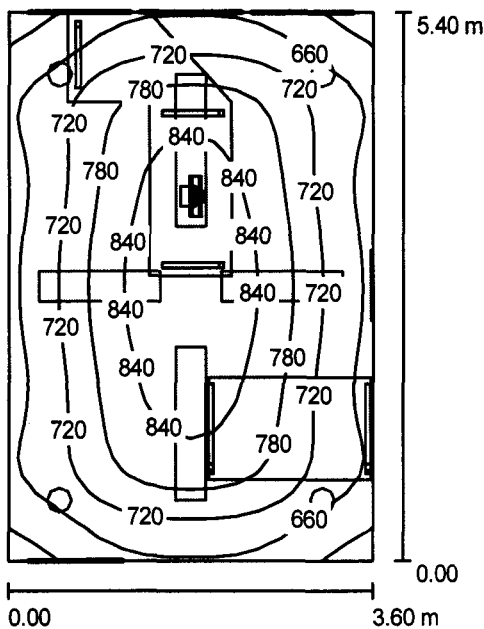
LP 6 - Luminaire Parts List for Room

5 Pieces Philips Mini-Mezzo MBN110 MB36 1xCDM-TC35W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 3300 lm
Luminaire Wattage: 44 W
Luminaire classification according to CIE: 100
Fitting: 1 x CDM-TC35W (Correction Factor 1.000).



Operator K. Ringelenberg
 Telephone -
 Fax -
 e-Mail -

LP 7 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:75

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	744	571	887	0.77
Floor	20	615	449	729	0.73
Ceiling	80	238	182	276	0.77
Walls (4)	70	422	165	736	/

Workplane:

Height: 0.800 m
 Grid: 8 x 16 Points
 Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.599, Ceiling / Working Plane: 0.320.

Luminaire Parts List

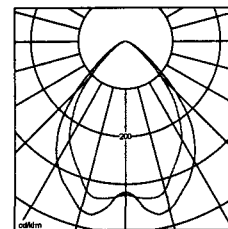
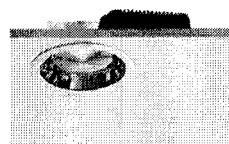
Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips Europa 2 FBS120 P 2xPL-C/2P18W/830 (1.000)	2400	49
2	2	Philips TBS630 OP 2xTL5-28W/830 (1.000)	5200	64
3	2	Philips TBS630 OP 2xTL5-35W/830 (1.000)	6600	78
total:			33200	480

Specific connected load: $24.69 \text{ W/m}^2 = 3.32 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 19.44 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

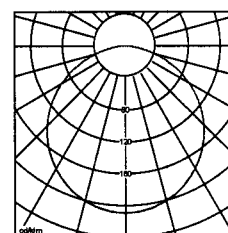
LP 7 - Luminaire Parts List for Room

- 4 Pieces Philips Europa 2 FBS120 P 2xPL-C/2P18W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 2400 lm
Luminaire Wattage: 49 W
Luminaire classification according to CIE: 100
Fitting: 2 x PL-C/2P18W (Correction Factor 1.000).



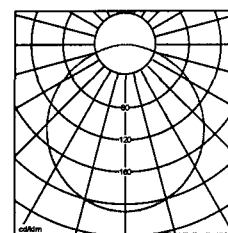
- 2 Pieces Philips TBS630 OP 2xTL5-28W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 5200 lm
Luminaire Wattage: 64 W
Luminaire classification according to CIE: 100
Fitting: 2 x TL5-28W (Correction Factor 1.000).

See our luminaire
catalog for an image of
the luminaire.



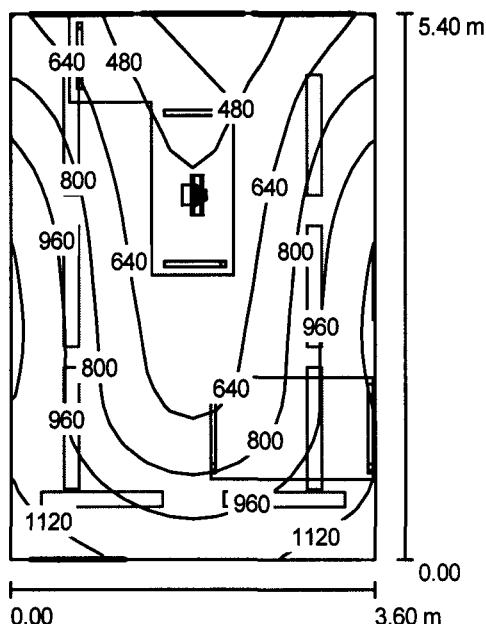
- 2 Pieces Philips TBS630 OP 2xTL5-35W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 6600 lm
Luminaire Wattage: 78 W
Luminaire classification according to CIE: 100
Fitting: 2 x TL5-35W (Correction Factor 1.000).

See our luminaire
catalog for an image of
the luminaire.



Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 5 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.815 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:75

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	785	358	1169	0.46
Floor	20	622	354	780	0.57
Ceiling	80	437	232	722	0.53
Walls (4)	70	779	308	1805	/

Workplane:

Height: 0.800 m
Grid: 8 x 16 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 1.258, Ceiling / Working Plane: 0.558.

Luminaire Parts List

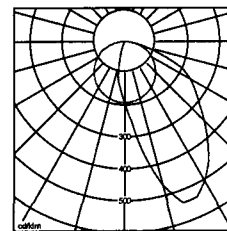
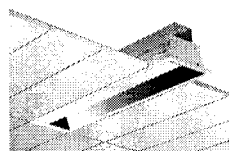
Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	8	Philips Indolight TBS315 A 1xTL5-54W/830 (1.000)	4450	60
total:			35600	480

Specific connected load: $24.69 \text{ W/m}^2 = 3.15 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 19.44 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

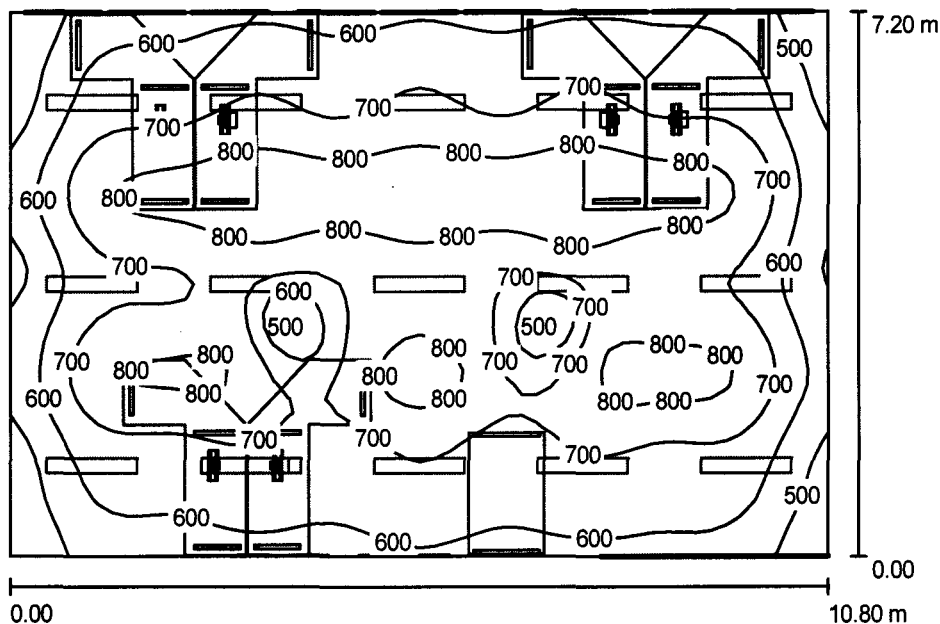
LP 5 - Luminaire Parts List for Room

8 Pieces Philips Indolight TBS315 A 1xTL5-54W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 4450 lm
Luminaire Wattage: 60 W
Luminaire classification according to CIE: 100
Fitting: 1 x TL5-54W (Correction Factor 1.000).



Operator K. Ringelenberg
 Telephone -
 Fax -
 e-Mail -

LP 1 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.797 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	684	59	891	0.09
Floor	20	633	336	822	0.53
Ceiling	80	146	24	203	0.16
Walls (6)	70	246	70	409	/

Workplane:

Height: 0.800 m
 Grid: 28 x 19 Points
 Boundary Zone: 0.000 m

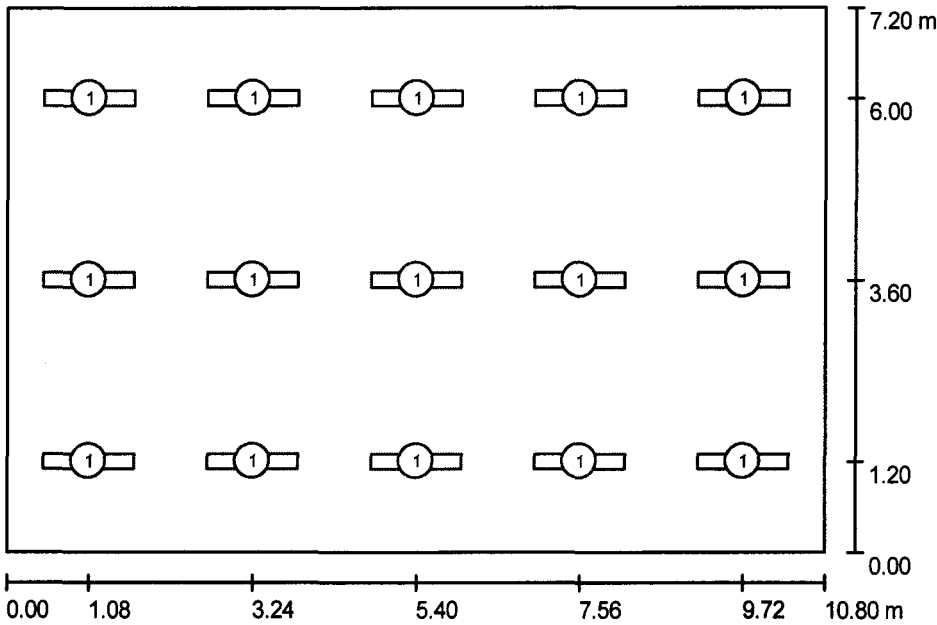
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	15	Philips TBS600 D6 2xTL5-28W/830 (1.000)	5200	64
total:			78000	960

Specific connected load: $12.35 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 77.76 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 1 - Luminaire Coordinates Chart



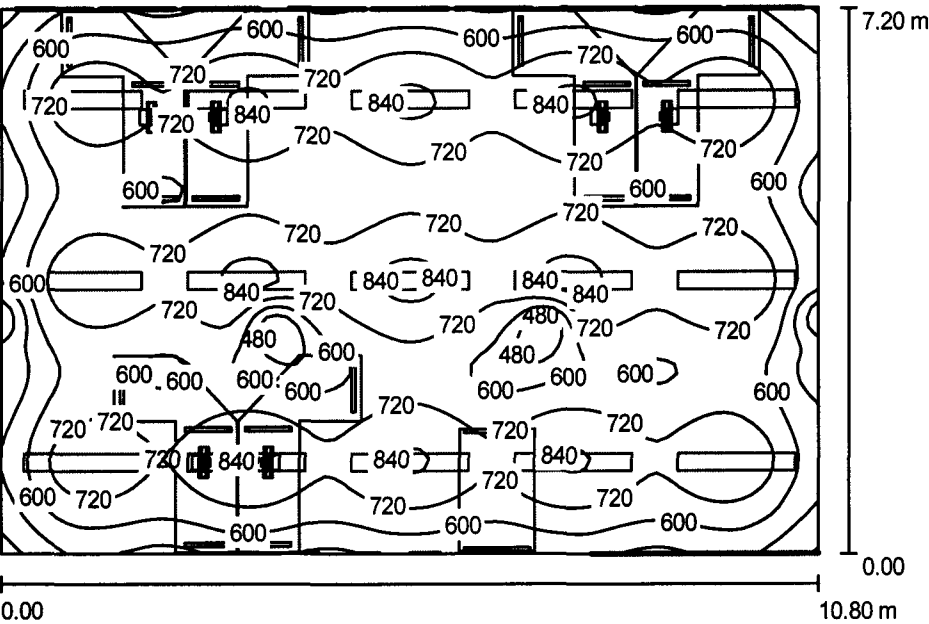
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	15	Philips TBS600 D6 2xTL5-28W/830	5200	64
total:			78000	960

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 2 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.100 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	676	47	894	0.07
Floor	20	610	345	785	0.57
Ceiling	80	414	20	915	0.05
Walls (6)	70	272	153	399	/

Workplane:
Height: 0.800 m
Grid: 43 x 29 Points
Boundary Zone: 0.000 m

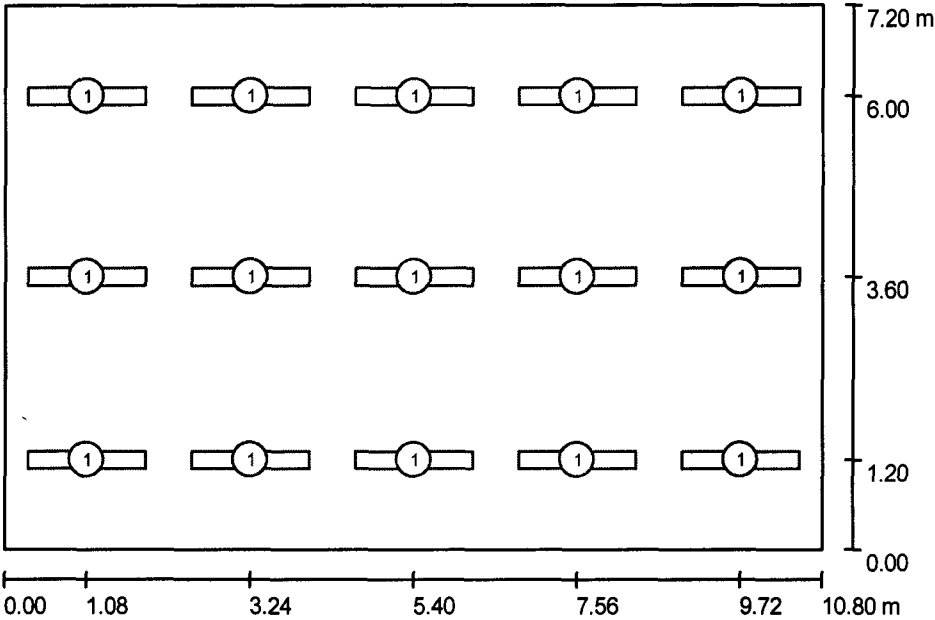
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	15	Philips TPS 670/672/673 TPS672 D7 1xTL5-49W/830 (1.000)	4300	54
total:			64500	810

Specific connected load: 10.42 W/m² = 1.54 W/m²/100 lx (Area: 77.76 m²)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 2 - Luminaire Coordinates Chart



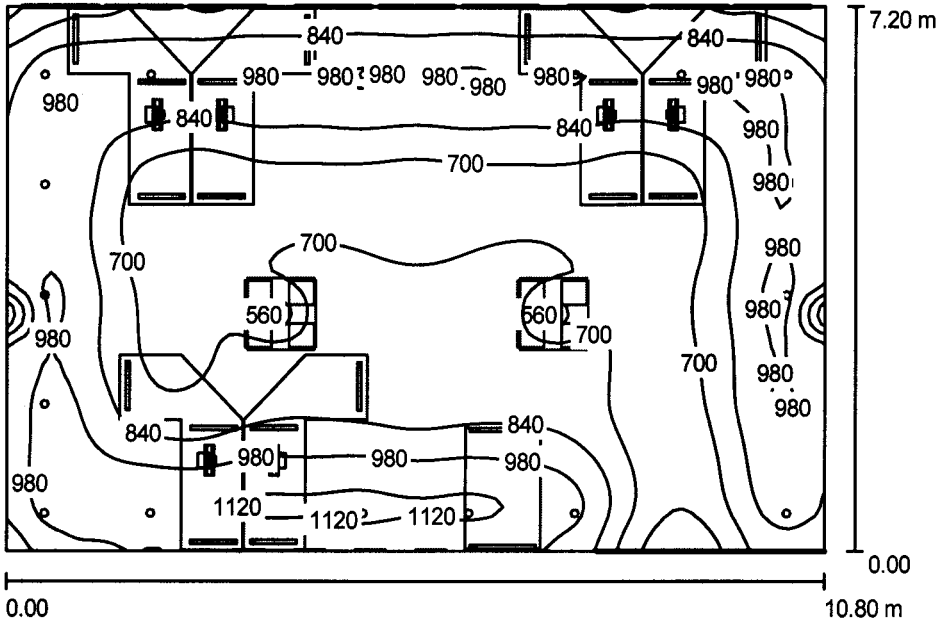
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	15	Philips TPS 670/672/673 TPS672 D7 1xTL5-49W/830	4300	54
total:			64500	810

Operator K. Ringelenberg
 Telephone -
 Fax -
 e-Mail -

LP 3 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	827	97	1167	0.12
Floor	20	752	478	935	0.64
Ceiling	80	553	38	2927	0.07
Walls (6)	70	419	139	893	/

Workplane:

Height: 0.800 m
 Grid: 46 x 31 Points
 Boundary Zone: 0.000 m

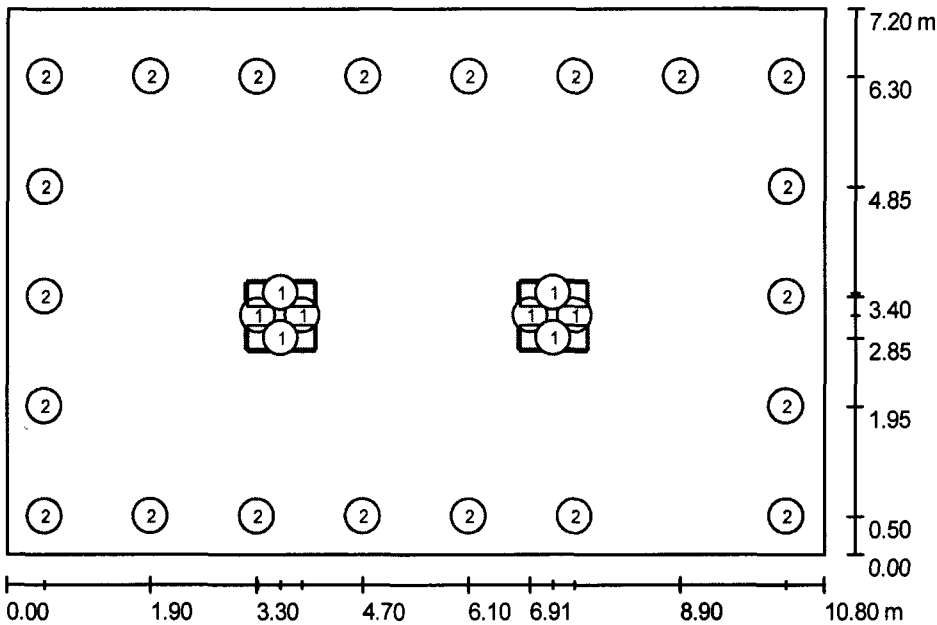
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	8	Philips Adante MWG620 A DG 1xCDM-TD70W/830 (1.000)	6500	83
2	21	Philips Midi-Mezzo MBN185 WB 1xCDM-TC35W/830 (1.000)	3300	44
total:			121300	1588

Specific connected load: $20.42 \text{ W/m}^2 = 2.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 77.76 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 3 - Luminaire Coordinates Chart



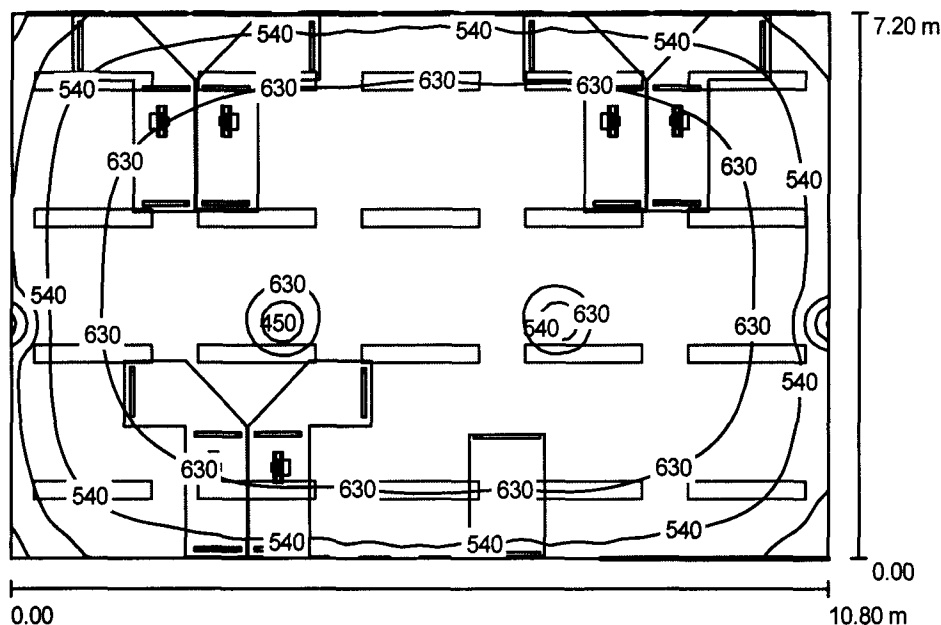
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	8	Philips Adante MWG620 A DG 1xCDM-TD70W/830	6500	83
2	21	Philips Midi-Mezzo MBN185 WB 1xCDM-TC35W/830	3300	44
total:			121300	1588

Operator K. Ringelenberg
 Telephone -
 Fax -
 e-Mail -

LP 4 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.100 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	612	44	704	0.07
Floor	20	548	338	650	0.62
Ceiling	80	949	22	1443	0.02
Walls (6)	70	422	233	830	/

Workplane:

Height: 0.800 m
 Grid: 44 x 29 Points
 Boundary Zone: 0.000 m

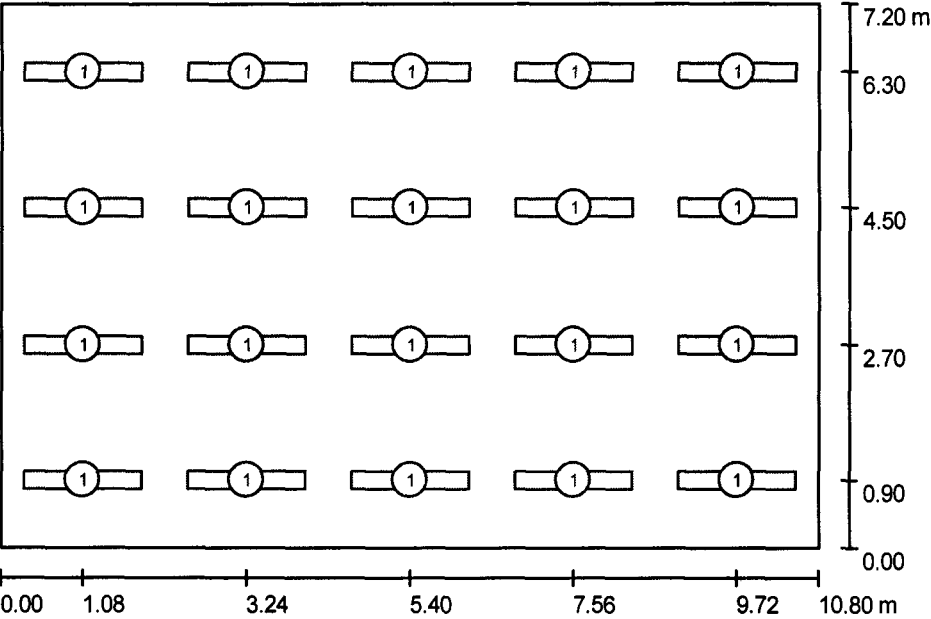
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	20	Philips TPS 670/672/673 TPS673 1xTL5-49W/830 (1.000)	4300	54
total:			86000	1080

Specific connected load: $13.89 \text{ W/m}^2 = 2.27 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 77.76 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 4 - Luminaire Coordinates Chart



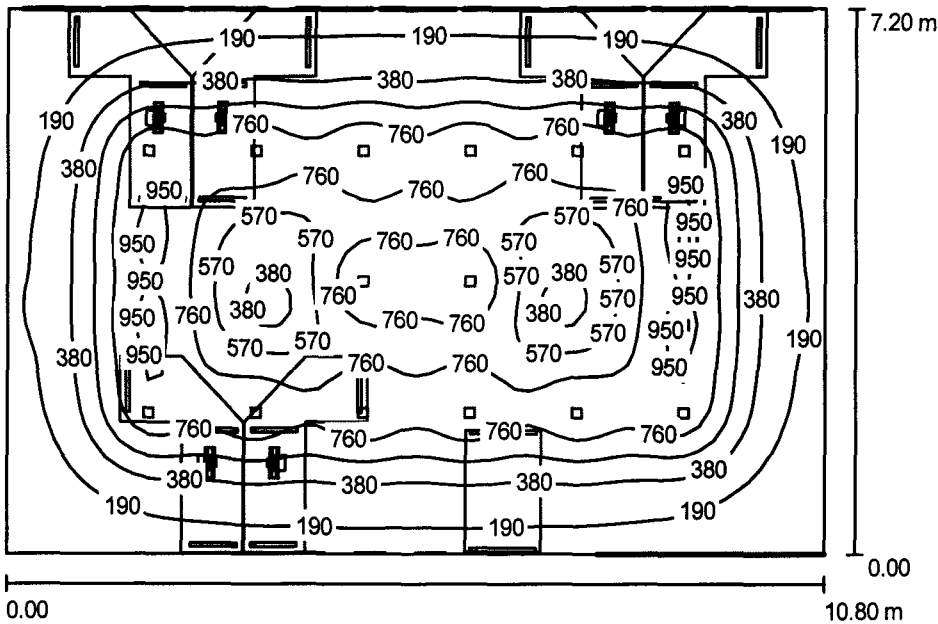
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	20	Philips TPS 670/672/673 TPS673 1xTL5-49W/830	4300	54
total:			86000	1080

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 5 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	496	18	1083	0.04
Floor	20	477	82	839	0.17
Ceiling	80	87	9.55	115	0.11
Walls (6)	70	96	42	155	/

Workplane:
Height: 0.800 m
Grid: 29 x 19 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Luminaire Parts List

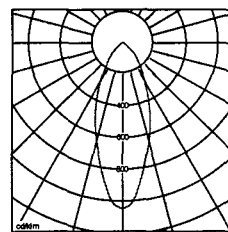
Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	18	Philips Mini-Mezzo MBN110 MB36 1xCDM-TC35W/830 (1.000)	3300	44
total:			59400	792

Specific connected load: $10.19 \text{ W/m}^2 = 2.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 77.76 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

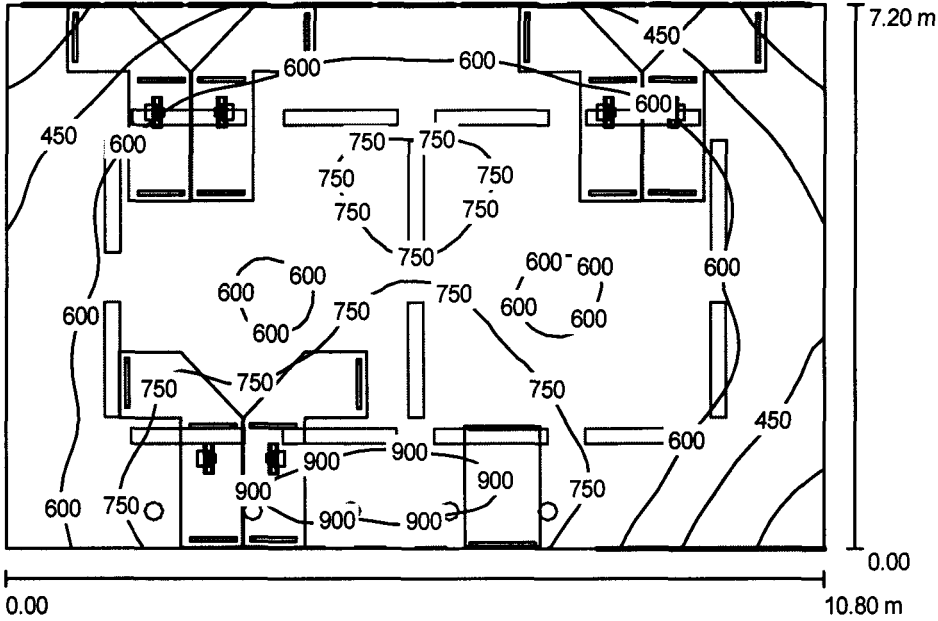
LP 5 - Luminaire Parts List for Room

18 Pieces Philips Mini-Mezzo MBN110 MB36 1xCDM-TC35W/830
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 3300 lm
Luminaire Wattage: 44 W
Luminaire classification according to CIE: 100
Fitting: 1 x CDM-TC35W (Correction Factor 1.000).



Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 6 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	635	24	951	0.04
Floor	20	574	250	808	0.44
Ceiling	80	176	14	260	0.08
Walls (6)	70	354	111	837	/

Workplane:

Height: 0.800 m
Grid: 28 x 19 Points
Boundary Zone: 0.000 m

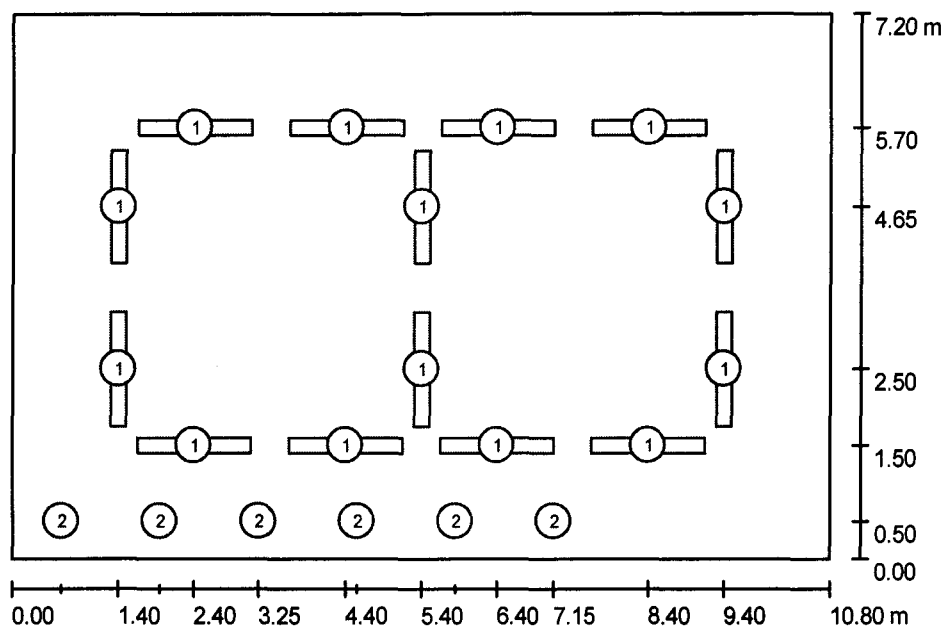
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	14	Philips TBS600 OD 2xTL5-35W/830 (1.000)	6600	78
2	6	Philips Trilogy 170 FBS170 A 2xPL-C/2P18W/830 (1.000)	2400	49
total:			106800	1386

Specific connected load: $17.82 \text{ W/m}^2 = 2.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 77.76 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 6 - Luminaire Coordinates Chart



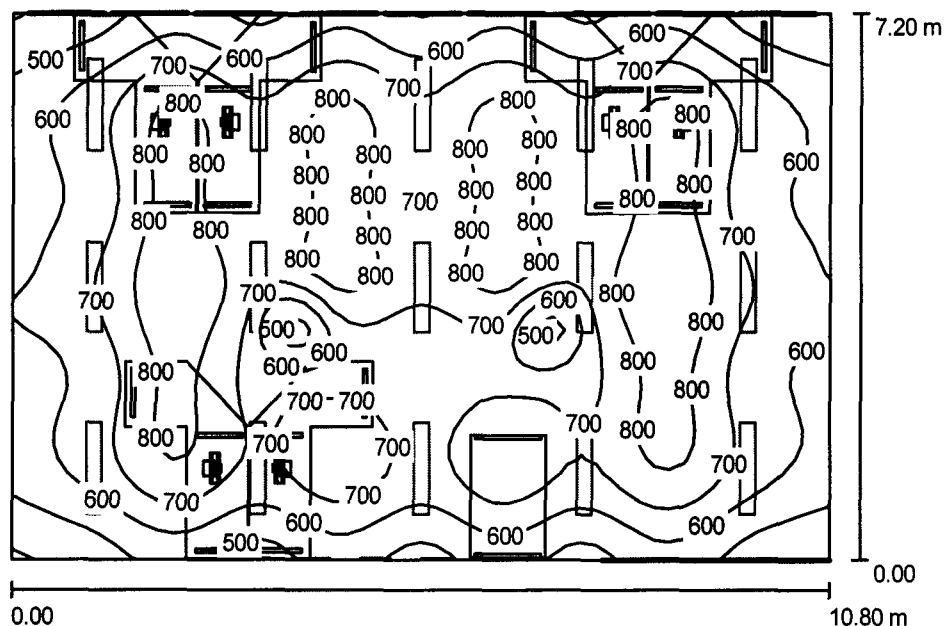
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	14	Philips TBS600 OD 2xTL5-35W/830	6600	78
2	6	Philips Trilogy 170 FBS170 A 2xPL-C/2P18W/830	2400	49
total:			106800	1386

Operator K. Ringelenberg
 Telephone -
 Fax -
 e-Mail -

LP 7 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.797 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	684	58	907	0.08
Floor	20	636	332	802	0.52
Ceiling	80	147	22	249	0.15
Walls (6)	70	249	78	404	/

Workplane:

Height: 0.800 m
 Grid: 28 x 19 Points
 Boundary Zone: 0.000 m

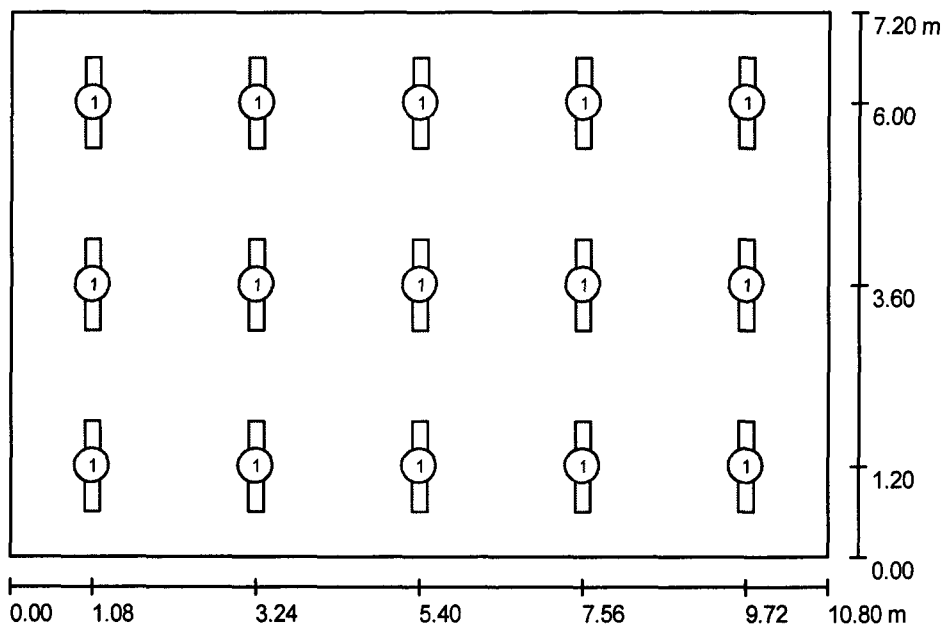
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	15	Philips TBS600 D6 2xTL5-28W/830 (1.000)	5200	64
total:			78000	960

Specific connected load: $12.35 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 77.76 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 7 - Luminaire Coordinates Chart



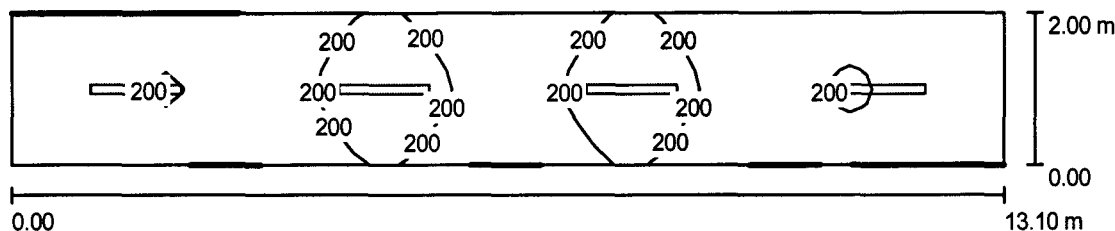
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	15	Philips TBS600 D6 2xTL5-28W/830	5200	64
total:			78000	960

Operator K. Ringelenberg
 Telephone -
 Fax -
 e-Mail -

LP 1 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.797 m, Maintenance factor:
 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	188	129	215	0.68
Floor	20	188	127	212	0.68
Ceiling	80	59	34	71	0.57
Walls (4)	70	108	38	241	/

Workplane:

Height: 0.000 m
 Grid: 29 x 4 Points
 Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.567, Ceiling / Working Plane: 0.314.

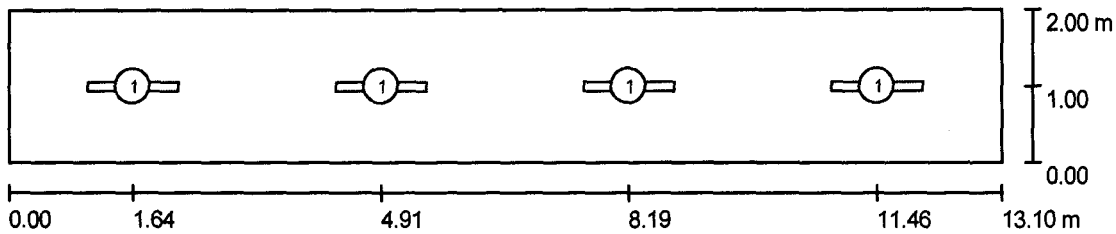
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS600 D6 1xTL5-28W/830 (1.000)	2600	32
total:			10400	128

Specific connected load: $4.89 \text{ W/m}^2 = 2.59 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 26.20 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 1 - Luminaire Coordinates Chart



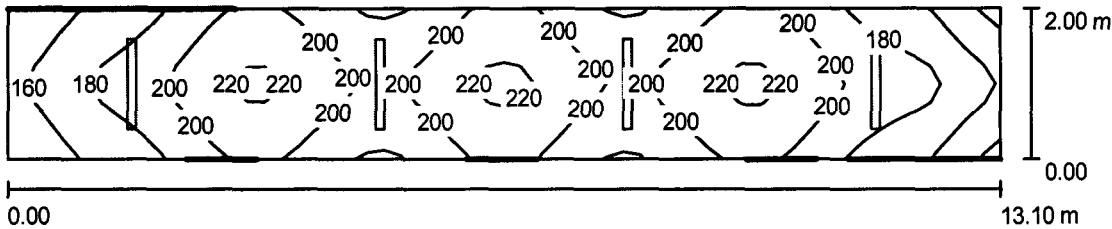
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS600 D6 1xTL5-28W/830	2600	32
total:			10400	128

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 2 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.797 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	193	132	230	0.68
Floor	20	193	129	229	0.67
Ceiling	80	62	42	73	0.67
Walls (4)	70	107	41	230	/

Workplane:

Height: 0.000 m
Grid: 29 x 4 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.551, Ceiling / Working Plane: 0.322.

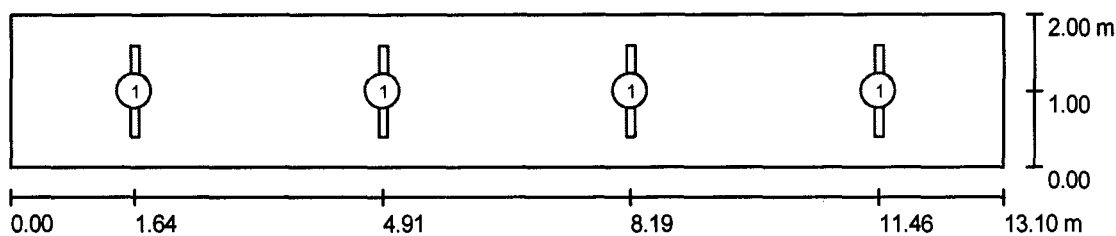
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS600 D6 1xTL5-28W/830 (1.000)	2600	32
total:			10400	128

Specific connected load: $4.89 \text{ W/m}^2 = 2.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 26.20 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 2 - Luminaire Coordinates Chart



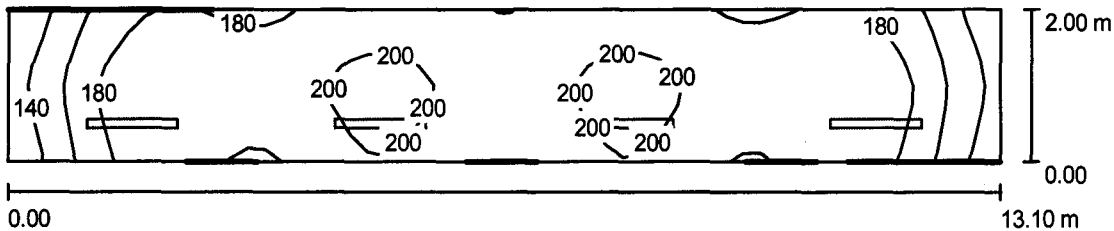
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS600 D6 1xTL5-28W/830	2600	32
total:			10400	128

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 3 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.797 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	184	123	212	0.67
Floor	20	183	122	208	0.67
Ceiling	80	65	42	82	0.64
Walls (4)	70	111	34	563	/

Workplane:

Height: 0.000 m
Grid: 29 x 4 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.603, Ceiling / Working Plane: 0.356.

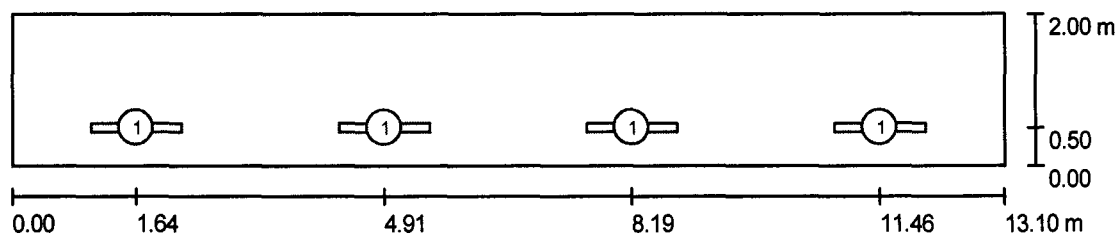
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS600 D6 1xTL5-28W/830 (1.000)	2600	32
total:			10400	128

Specific connected load: $4.89 \text{ W/m}^2 = 2.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 26.20 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 3 - Luminaire Coordinates Chart



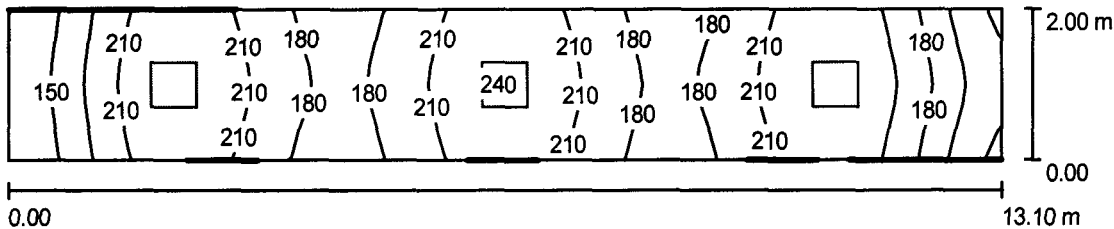
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS600 D6 1xTL5-28W/830	2600	32
total:			10400	128

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 4 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.797 m, Maintenance factor: 0.85

Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	196	111	248	0.56
Floor	20	196	108	246	0.55
Ceiling	80	63	40	81	0.63
Walls (4)	70	112	38	335	/

Workplane:

Height: 0.000 m
Grid: 29 x 4 Points
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.533, Ceiling / Working Plane: 0.320.

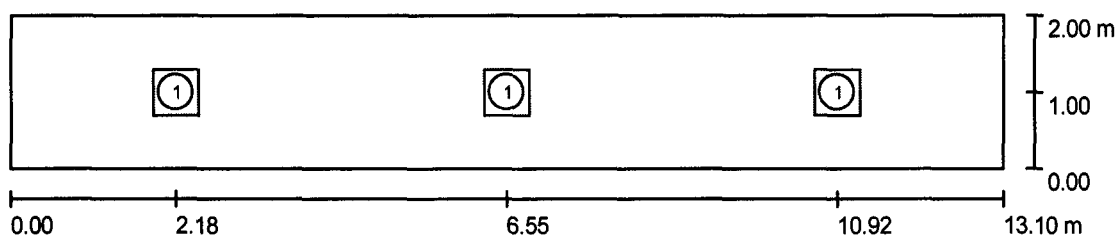
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	3	Philips TBS630 D6 3xTL5-14W/830 (1.000)	3600	52
total:			10800	156

Specific connected load: $5.95 \text{ W/m}^2 = 3.03 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 26.20 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 4 - Luminaire Coordinates Chart



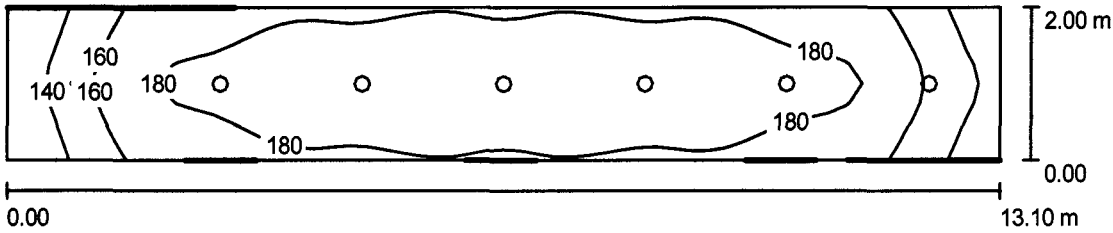
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	3	Philips TBS630 D6 3xTL5-14W/830	3600	52
total:			10800	156

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 5 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 2.980 m, Maintenance factor: 0.85
Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	175	121	198	0.69
Floor	20	174	120	198	0.69
Ceiling	80	67	41	79	0.61
Walls (4)	70	118	50	174	/

Workplane:
Height: 0.000 m
Grid: 29 x 4 Points
Boundary Zone: 0.000 m
Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.668, Ceiling / Working Plane: 0.385.

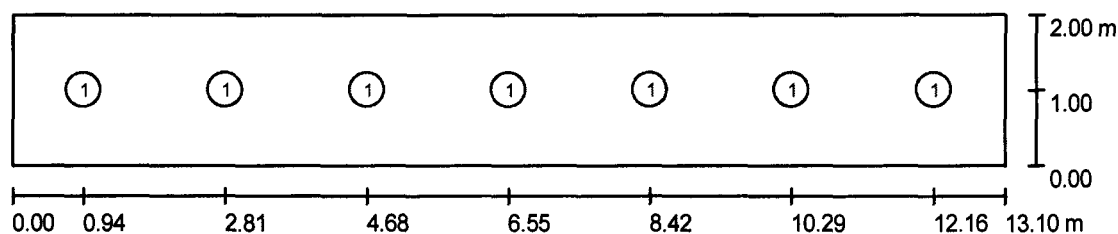
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	7	Philips Trilogy 145 FBS145 1xPL-T/2P26W/830 (1.000)	1800	33
total:			12600	231

Specific connected load: $8.82 \text{ W/m}^2 = 5.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 26.20 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 5 - Luminaire Coordinates Chart



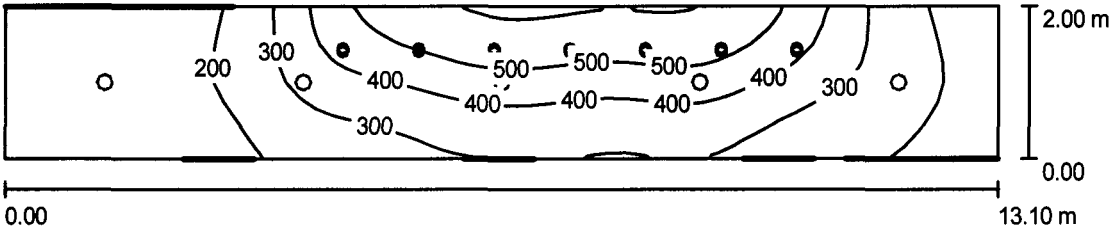
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	7	Philips Trilogy 145 FBS145 1xPL-T/2P26W/830	1800	33
total:			12600	231

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 6 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Maintenance factor: 0.85 Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	316	101	619	0.32
Floor	20	315	102	614	0.32
Ceiling	80	124	24	214	0.19
Walls (4)	70	209	37	903	/

Workplane:
Height: 0.000 m
Grid: 32 x 4 Points
Boundary Zone: 0.000 m
Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 0.734, Ceiling / Working Plane: 0.392.

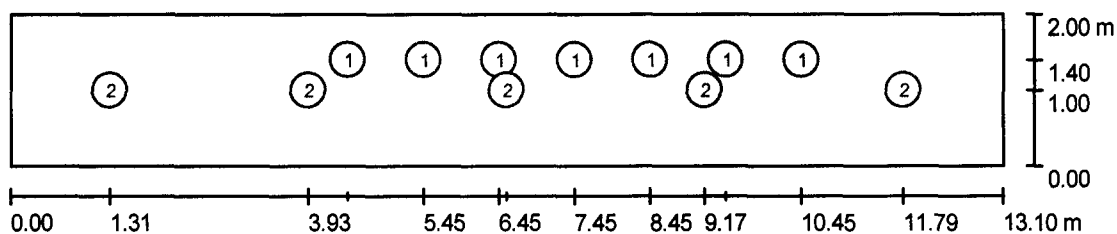
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	7	Philips Mini-Mezzo QBN110 MB36 1xHAL-C100W/12V-GY6.35 (1.000)	2200	0
2	5	Philips Trilogy 145 FBS145 1xPL-C/2P26W/830 (1.000)	1800	33
total:			24400	165

Specific connected load: $6.30 \text{ W/m}^2 = 2.00 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 26.20 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 6 - Luminaire Coordinates Chart



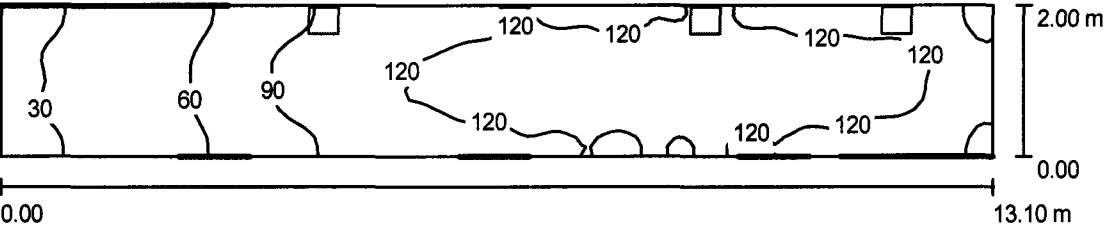
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	7	Philips Mini-Mezzo QBN110 MB36 1xHAL-C100W/12V-GY6.35	2200	0
2	5	Philips Trilogy 145 FBS145 1xPL-C/2P26W/830	1800	33
total:			24400	165

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 7 - Summary



Height of Room: 2.700 m, Mounting Height: 1.200 m, Maintenance factor: 0.85
Values in Lux, Scale 1:100

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{av}
Workplane	/	98	23	146	0.23
Floor	20	98	23	145	0.23
Ceiling	80	187	20	335	0.11
Walls (4)	70	121	16	2718	/

Workplane:
Height: 0.000 m
Grid: 64 x 8 Points
Boundary Zone: 0.000 m
Illuminance Quotient (according to LG3:2001): Walls / Working Plane: 1.346, Ceiling / Working Plane: 1.900.

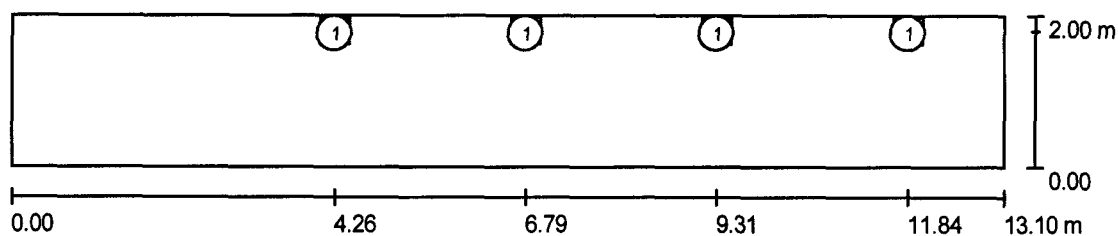
Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation (Correction Factor)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips Adante FWG620 A DG 2xPL-C/2P26W/830 (1.000)	3600	66
total:			14400	264

Specific connected load: $10.08 \text{ W/m}^2 = 10.23 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Area: 26.20 m^2)

Operator K. Ringelenberg
Telephone -
Fax -
e-Mail -

LP 7 - Luminaire Coordinates Chart



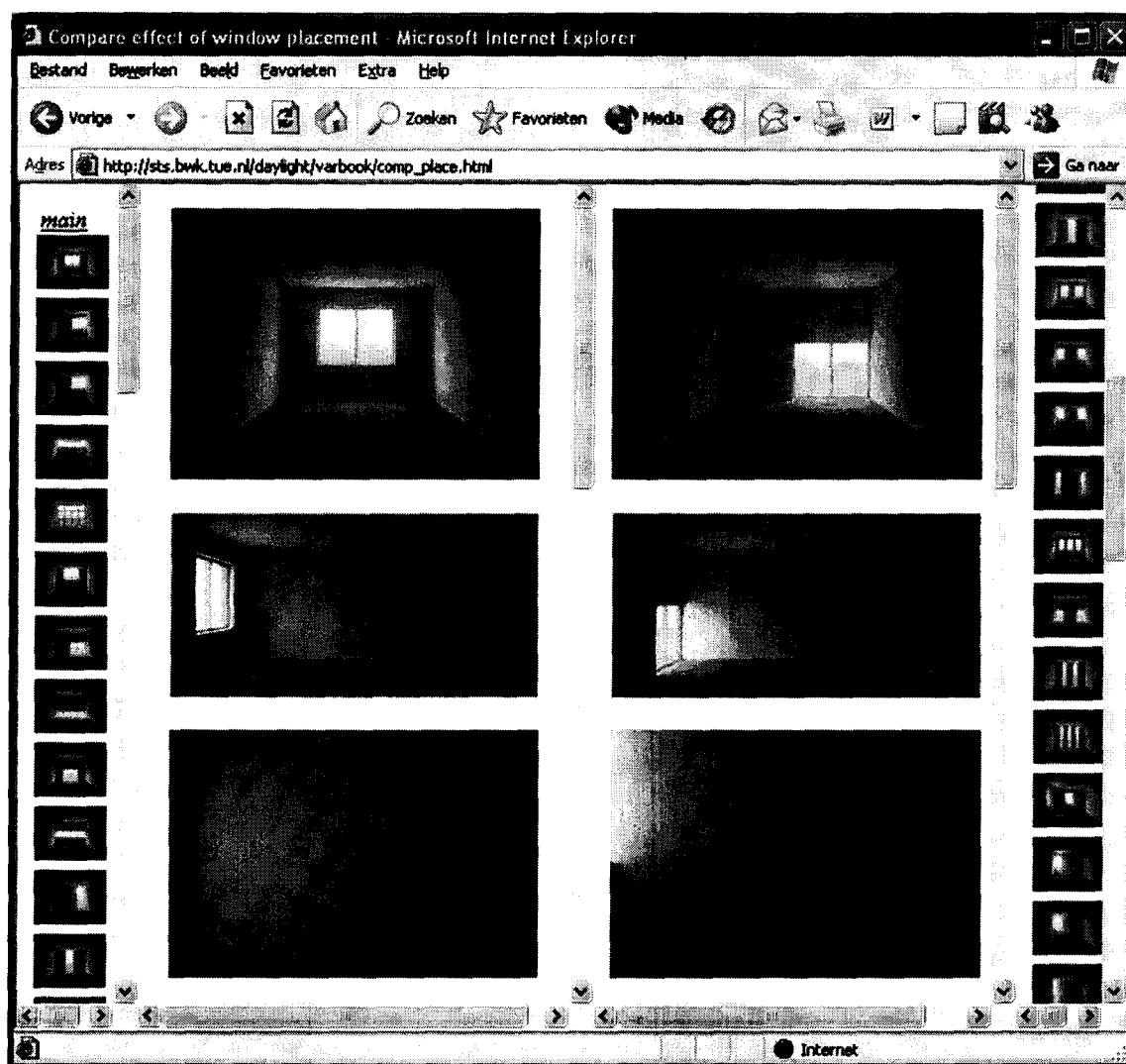
Scale 1 : 100

Luminaire Parts List

Type	Pieces	Designation	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips Adante FWG620 A DG 2xPL-C/2P26W/830	3600	66
total:			14400	264

BIJLAGE VI

Webpagina's Daylight Design Variations Book & Virtual lighting simulator



Virtual Lighting Simulator Browser - Microsoft Internet Explorer

Bestand Beveiligen Beeld Favorieten Extra Help

Daylighting

Electric Lighting

Virtual Lighting Simulator

Small office space in the Los Angeles area on June 21.
No external obstructions.

Room Type

Simple corner office

Lighting System

Troffer+tasklighting

Dimming/Switching

Lights all on full

Wall/Ceiling Reflectance

40% Wall 89% Ceiling

Sky Conditions

Partly Cloudy

Display

Human Perception

Room Type

Simple corner office

Lighting System

Troffer+tasklighting

Dimming/Switching

Lights all on full

Wall/Ceiling Reflectance

40% Wall 89% Ceiling

Sky Conditions

Night Sky

Display

Human Perception

Illuminance

Min 0 Lux

Avg 728 Lux

Max 2110 Lux

Lighting power density

Installed 0.86 Watts/SqFt

Used 1.03 Watts/SqFt

Title 24 1.1 Watts/SqFt

Illuminance

Min 0 Lux

Avg 332 Lux

Max 1167 Lux

Lighting power density

Installed 0.86 Watts/SqFt

Used 1.03 Watts/SqFt

Title 24 1.1 Watts/SqFt

Perspective

Plan Illuminance

Perspective

Plan Illuminance

BIJLAGE VII
Gebruikte script in UNIX

```
#!/bin/csh -f

set kantoor=gesloten.rad
set kantoorwandbruin=gesloten_wand_bruin.rad
set meubilair=meubilair.rad
set lichtplan=$1

# Lage kwaliteit, -ab 1 (alleen voor tests)
set RP=(-dp 1024 -ar 313 -ms 51 -ds .3 -dt .1 -dc .5 -dr 1 -sj .7 -st .1 -ab 1 -aa .15 -ad 768 -as 196 -av 0.01
0.01 0.01 -lr 6 -lw .002 -ps 1)
# Medium kwaliteit
set RP=(-dp 1024 -ar 626 -ms 51 -ds .3 -dt .1 -dc .5 -dr 1 -sj .7 -st .1 -ab 3 -aa 0.08 -ad 1024 -as 512 -av
0.01 0.01 0.01 -lr 6 -lw .002 -ps 1)
# Maximum kwaliteit
set RP=(-dp 4096 -ar 626 -ms 26 -ds .2 -dt .05 -dc .75 -dr 3 -sj 1 -st .01 -ab 5 -aa .08 -ad 1024 -as 512 -av
0.01 0.01 0.01 -lr 12 -lw .0005 -ps 1)
set v1=(-vp 0 2700 6676 -vd 0 0 -1 -vu 1 0 0 -vh 60 -vv 42 -vo 4676)
set v2=(-vp 0 -3760 1350 -vd 0 1 0 -vu 0 0 1 -vh 50 -vv 38.5 -vo 3860)
set v3=(-vp 0 9160 1350 -vd 0 -1 0 -vu 0 0 1 -vh 50 -vv 38.5 -vo 3775)
set v4=(-vp -7065 2700 1350 -vd 1 0 0 -vu 0 0 1 -vh 50 -vv 26 -vo 5790)
set v5=(-vp -510 3900 1100 -vd 1 0 -0.25 -vu 0 0 1 -vh 80 -vv 70)

mkdir $lichtplan

# bouw octrees voor de diverse situaties

oconv $kantoor $meubilair skynacht.rad ${lichtplan}.rad > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct
oconv $kantoor $meubilair skyoverdag.rad ${lichtplan}.rad > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair.oct
oconv $kantoor skynacht.rad ${lichtplan}.rad > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct
oconv $kantoor skyoverdag.rad ${lichtplan}.rad > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct
oconv $kantoorwandbruin $meubilair skynacht.rad ${lichtplan}.rad >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct
oconv $kantoorwandbruin $meubilair skyoverdag.rad ${lichtplan}.rad >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct
oconv $kantoorwandbruin skynacht.rad ${lichtplan}.rad > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct
oconv $kantoorwandbruin skyoverdag.rad ${lichtplan}.rad > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct

#####
##### BEREKININGEN VOOR NACHTSITUATIE + MEUBILAIR#####
#####

# Snelle rendering met voor eerste populatie ambient file

rpict $v1 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > /dev/null

rpict $v2 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > /dev/null

rpict $v3 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > /dev/null

rpict $v4 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > /dev/null

rpict $v5 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > /dev/null

# Het echte werk

rpict $v1 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v1.unf

rpict $v2 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v2.unf

rpict $v3 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v3.unf

rpict $v4 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v4.unf

rpict $v5 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v5.unf

# filteren en plaatjes naar menselijk oog aanpassen en tussen resultaten opruimen

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v1.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v1.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v1.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v1.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v1.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v1.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v2.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v2.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v2.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_v2.pic
```

```

falsecolor -i ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v2.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v2_fc.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v2.unf ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v2.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v3.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v3.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v3.unf2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v3.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v3.unf ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v3.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v4.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v4.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v4.unf2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v4.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v4.unf ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v4.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v5.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v5.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v5.unf2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v5.pic
falsecolor -i ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v5.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v5_fc.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v5.unf ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_v5.unf2

./luxplaatje $(lichtplan)_nacht_meubilair

#####
##### BEREKININGEN VOOR DAGSITUATIE + MEUBILAIR#####
#####

# Snelle rendering met voor eerste populatie ambient file

rpict $v1 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > /dev/null

rpict $v2 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > /dev/null

rpict $v3 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > /dev/null

rpict $v4 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > /dev/null

rpict $v5 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > /dev/null

# Het echte werk

rpict $v1 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v1.unf

rpict $v2 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2.unf

rpict $v3 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v3.unf

rpict $v4 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v4.unf

rpict $v5 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair.oct > ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v5.unf

# filteren en plaatjes naar menselijk oog aanpassen en tussen resultaten opruimen

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v1.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v1.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v1.unf2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v1.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v1.unf ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v1.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2.unf2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2.pic
falsecolor -i ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2_fc.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2.unf ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v2.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v3.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v3.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v3.unf2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v3.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v3.unf ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v3.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v4.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v4.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v4.unf2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v4.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v4.unf ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v4.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v5.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v5.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v5.unf2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_v5.pic

```

```

falsecolor -i ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_v5.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_v5_fc.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_v5.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_v5.unf2

./luxplaatje ${lichtplan} dag_meubilair

#####
##### BEREKININGEN VOOR NACHTSITUATIE zonder MEUBILAIR#####
#####

# Snelle rendering met voor eerste populatie ambient file

rpict $v1 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct > /dev/null

rpict $v2 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct > /dev/null

rpict $v3 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct > /dev/null

rpict $v4 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct > /dev/null

# Het echte werk

rpict $v1 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v1.unf

rpict $v2 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2.unf

rpict $v3 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v3.unf

rpict $v4 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v4.unf

# filteren en plaatjes naar menselijk oog aanpassen en tussen resultaten opruimen

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v1.unf > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v1.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v1.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v1.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v1.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v1.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2.unf > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2.pic
falsecolor -i ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2_fc.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v2.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v3.unf > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v3.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v3.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v3.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v3.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v3.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v4.unf > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v4.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v4.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v4.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v4.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_v4.unf2

./luxplaatje ${lichtplan} nacht

#####
##### BEREKININGEN VOOR DAGSITUATIE zonder MEUBILAIR#####
#####

# Snelle rendering met voor eerste populatie ambient file

rpict $v1 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct > /dev/null

rpict $v2 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct > /dev/null

rpict $v3 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct > /dev/null

rpict $v4 $RP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct > /dev/null

# Het echte werk

rpict $v1 $RP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.amb\

```

```

./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v1.unf

rpict $v2 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2.unf

rpict $v3 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v3.unf

rpict $v4 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v4.unf

# filteren en plaatjes naar menselijk oog aanpassen en tussen resultaten opruimen

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v1.unf > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v1.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v1.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v1.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v1.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v1.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2.unf > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2.pic
falsecolor -i ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2_fc.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v2.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v3.unf > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v3.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v3.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v3.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v3.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v3.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v4.unf > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v4.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v4.unf2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v4.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v4.unf ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_v4.unf2

./luxplaatje ${lichtplan} dag

#####
##### BEREKININGEN VOOR NACHTSITUATIE + MEUBILAIR + KANTOORWANDBRUIN #####
#####

# Snelle rendering met voor eerste populatie ambient file

rpict $v1 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v2 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v3 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v4 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v5 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

# Het echte werk

rpict $v1 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf

rpict $v2 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf

rpict $v3 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf

rpict $v4 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf

rpict $v5 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf

# filteren en plaatjes naar menselijk oog aanpassen en tussen resultaten opruimen

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v1.pic
#rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf2

```

```

pfilter -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf2
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2.pic
falsecolor -i ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2_fc.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf2

pfilter -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf2
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v3.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf2

pfilter -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf2
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v4.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf2

pfilter -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf2
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5.pic
falsecolor -i ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5_fc.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf2

./luxplaatje $(lichtplan)_nacht_meubilair_kantoorwandbruin

#####
##### BEREKININGEN VOOR DAGSITUATIE + meubilair_kantoorwandbruin + KANTOORWANDBRUIN
#####
#####

# Snelle rendering met voor eerste populatie ambient file

rpict $v1 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v2 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v3 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v4 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v5 SRP -x 64 -y 64 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

# Het echte werk

rpict $v1 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf

rpict $v2 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf

rpict $v3 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf

rpict $v4 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf

rpict $v5 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.amb\
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin.oct >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf

# filteren en plaatjes naar menselijk oog aanpassen en tussen resultaten opruimen

pfilter -r 1 -x /2 -y /2 ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf >
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf2
pcond -h+ ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf2
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v1.pic
#rm -f ./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf
./$(lichtplan)/$(lichtplan)_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v1.unf2

```

```

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2.pic
falsecolor -i ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2_fc.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v2.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v3.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v3.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v4.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v4.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5.pic
falsecolor -i ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5_fc.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin_v5.unf2

./luxplaatje ${lichtplan}_dag_meubilair_kantoorwandbruin

#####
##### BEREKININGEN VOOR NACHTSITUATIE zonder MEUBILAIR + KANTOORWANDBRUIN #####
#####

# Snelle rendering met voor eerste populatie ambient file

rpict $v1 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v2 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v3 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v4 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

# Het echte werk

rpict $v1 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v1.unf

rpict $v2 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2.unf

rpict $v3 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v3.unf

rpict $v4 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v4.unf

# filteren en plaatjes naar menselijk oog aanpassen en tussen resultaten opruimen

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v1.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v1.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v1.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v1.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v1.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v1.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2.pic
falsecolor -i ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2_fc.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v2.unf2

```

```

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v3.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v3.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v3.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v3.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v3.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v3.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v4.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v4.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v4.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v4.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v4.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_nacht_kantoorwandbruin_v4.unf2

./luxplaatje ${lichtplan} nacht_kantoorwandbruin

#####
##### BEREKININGEN VOOR DAGSITUATIE zonder MEUBILAIR + KANTOORWANDBRUIN #####
#####

# Snelle rendering met voor eerste populatie ambient file

rpict $v1 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v2 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v3 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

rpict $v4 SRP -x 64 -y 64 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct > /dev/null

# Het echte werk

rpict $v1 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v1.unf

rpict $v2 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2.unf

rpict $v3 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v3.unf

rpict $v4 SRP -x 1600 -y 1600 -ps 3 -pt .04 -af ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.amb\
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin.oct > ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v4.unf

# filteren en plaatjes naar menselijk oog aanpassen en tussen resultaten opruimen

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v1.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v1.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v1.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v1.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v1.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v1.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2.pic
falsecolor -i ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2.unf2 -log 2 -l cd/m^2 -s 1000.142
>./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2_fc.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v2.unf2

pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v3.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v3.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v3.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v3.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v3.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v3.unf2

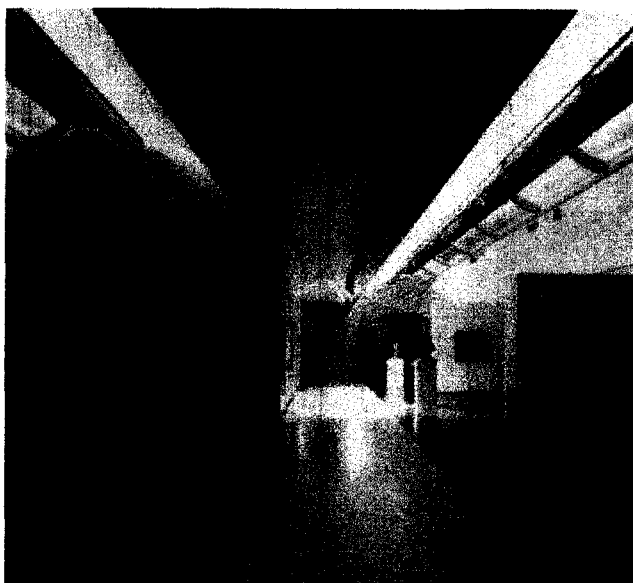
pfilt -r 1 -x /2 -y /2 ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v4.unf >
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v4.unf2
pcond -h+ ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v4.unf2
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v4.pic
#\rm -f ./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v4.unf
./${lichtplan}/${lichtplan}_dag_kantoorwandbruin_v4.unf2

./luxplaatje ${lichtplan} dag_kantoorwandbruin

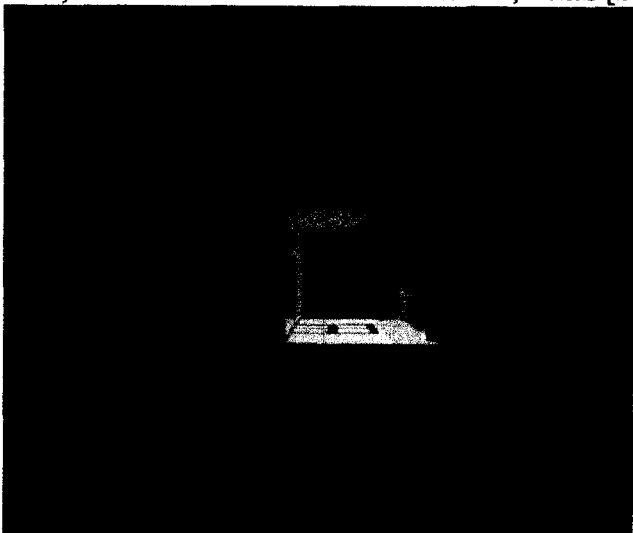
```

BIJLAGE VIII

Voorbeeld foto, radiosity en radiance



Foto; Kimbell Art Museum in Fort Worth, Texas [SzA00]



Simulatie radiosity software (lightscape) [SzA00]



Simulatie Radiance [SzA00]

Titel: *Rapport 3: Toelichting resultaten; methodieke analyse van de simulaties (aan de hand van voorbeelden)*

Opgesteld door: Koert Ringelenberg
De Bosjes 8
4112 NL BEUSICHEM
Student nummer: 1085024
Thuis : 0345 – 50 20 92
Mob : 06 – 27 304 814
Email : gebr.ringelenberg@12move.nl

Afstudeerbedrijf: TNO Bouw / TUE
Vertigo
De Wielen 1
5600 MB EINDHOVEN
Tel : 040 247 3411

Begeleiding: Intern:
M. van der Laan
C. Hensbergen

Extern:
L. Zonneveldt
M. Aarts

Inhoudsopgave

Hoofdstuk	Titel	Blad
1.	Inleiding	3
2.	Korte analyse simulaties	4

1. Inleiding

Onderliggend rapport is een deelrapport over de kennisoverdracht van de mogelijkheden en het belang van kunstverlichting. Het eindwerk bestaat uit drie rapporten en een website, te weten:

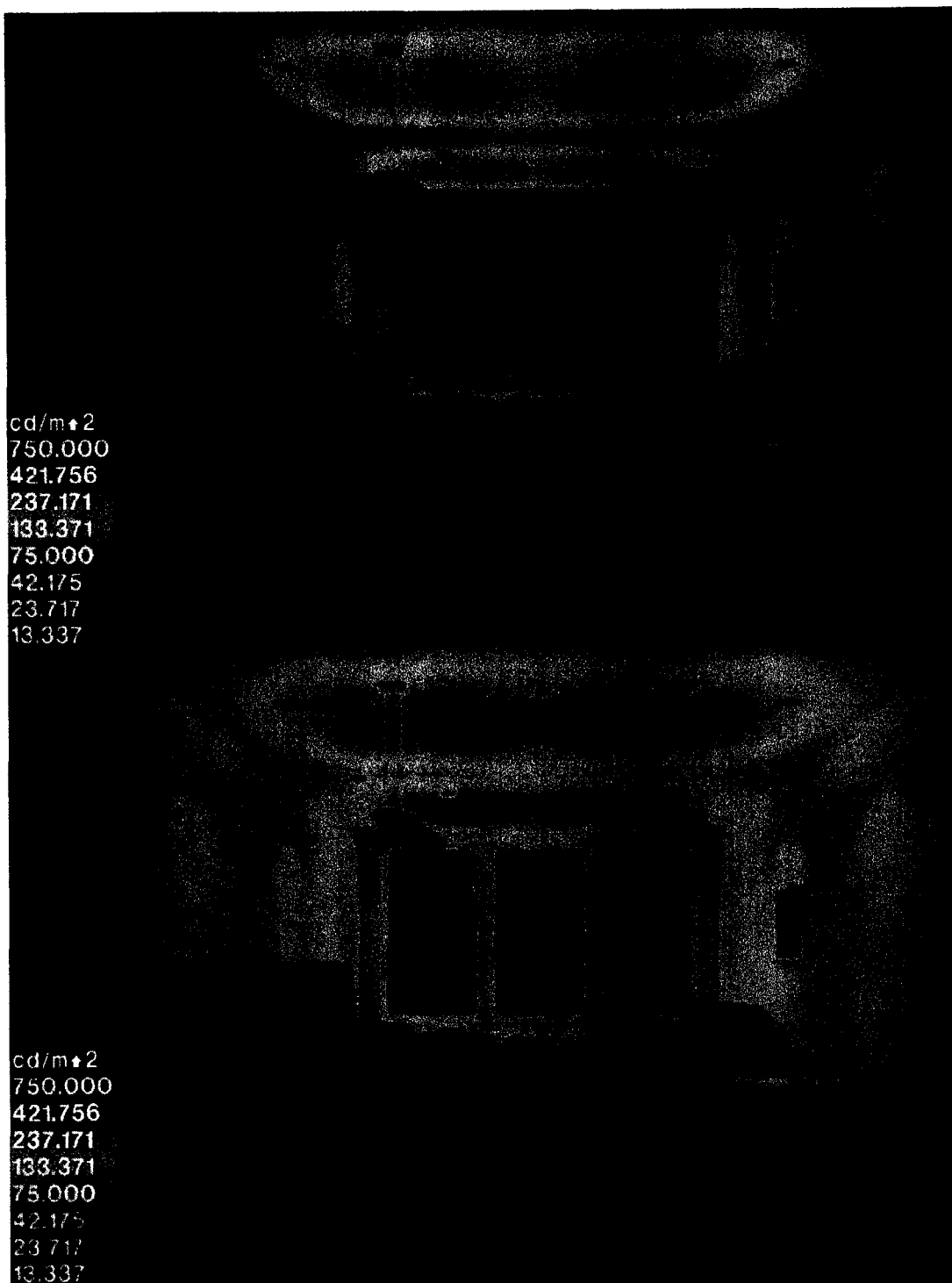
- Rapport 1: *Licht & Verlichting*; algemene begrippen in de verlichtingskunde toegespitst op de beleving van kunstlicht.
Rapport 2: *Het proces*; de gemaakte keuzes op weg naar het einddocument over de beleving van kunstlicht.
Rapport 3: *Toelichting resultaten*; methodieke analyse van de simulaties (aan de hand van voorbeelden).

Einddocument: http://sts.bwk.tue.nl/artificial_light (nog in opbouw)

In dit rapport worden enkele opvallende resultaten van de simulatie plaatjes besproken. De bedoeling van de webpagina is dat de doelgroep (architecten, ontwerpers en opdrachtgevers) uiteindelijk zelf de effecten van de diverse lichtplannen op de ruimte beoordeelt.

Voor een optimale weergave van de plaatjes kan dit rapport het best digitaal bekeken worden. Een digitale versie van dit rapport is te vinden op de eerder genoemde webpagina.

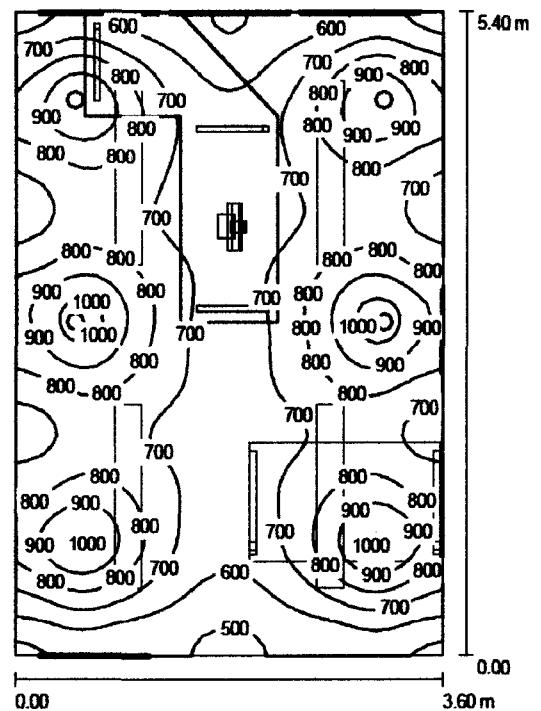
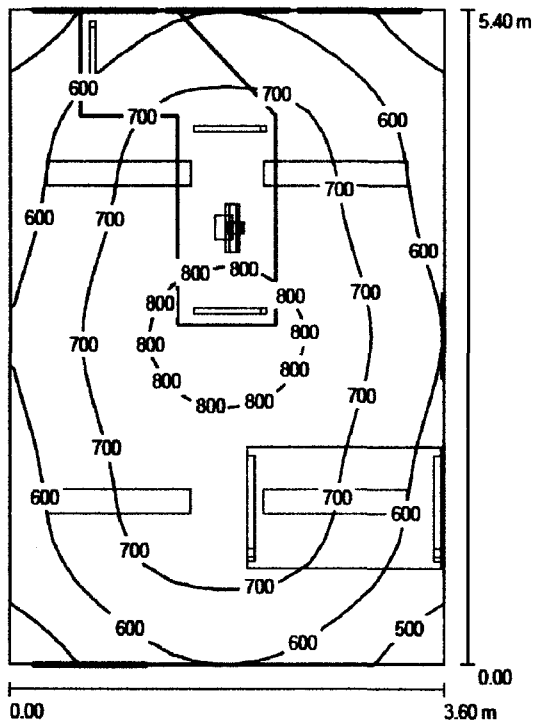
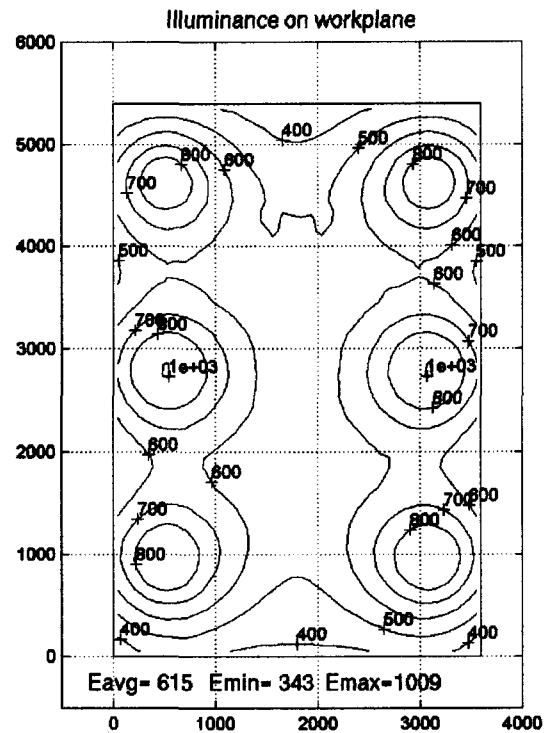
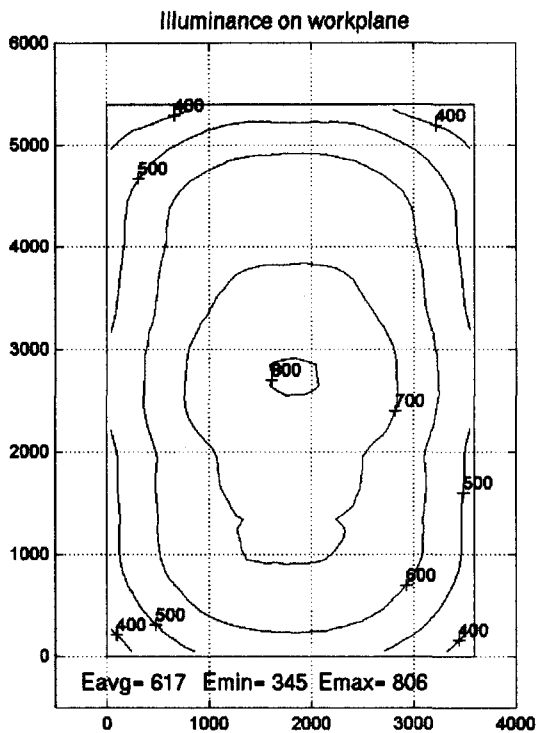
2. Korte analyse simulaties



Figuur 1: Verschil instellingen Radiance; boven lage kwaliteit (-ar 313 -ab 1 -aa 0.15 -ad 768 -as 196), onder hoge kwaliteit (-ar 626 -ab 3 -aa 0.08 -ad 1024 -as 512). Het plaatje met de hoge kwaliteit is berekend met meer reflecties van de lichtstralen dan het plaatje met de lage kwaliteit, respectievelijk 3 reflecties en 1. In onderstaand plaatje is een betere verdeling van licht over de ruimte zichtbaar, met name in de hoeken. Tevens laat het onderstaande plaatje meer details zien (zoals laden in de kast). Voor een betrouwbare simulatie zijn minimaal 3 reflecties nodig.



Figuur 2: Verschil instellingen Radiance (zie ook figuur 1); boven lage kwaliteit (-ar 313 -ab 1 -aa 0.15 -ad 768 -as 196), onder hoge kwaliteit (-ar 626 -ab 3 -aa 0.08 -ad 1024 -as 512). De verschillen in kwaliteit zijn terug te zien in de helderheid van de armaturen en de prullenbak. Verder is een helderheidverschil te zien ter plaatse van de hoeken. Een simulatie die berekend is met 1 reflectie (boven) mist nauwkeurigheid.



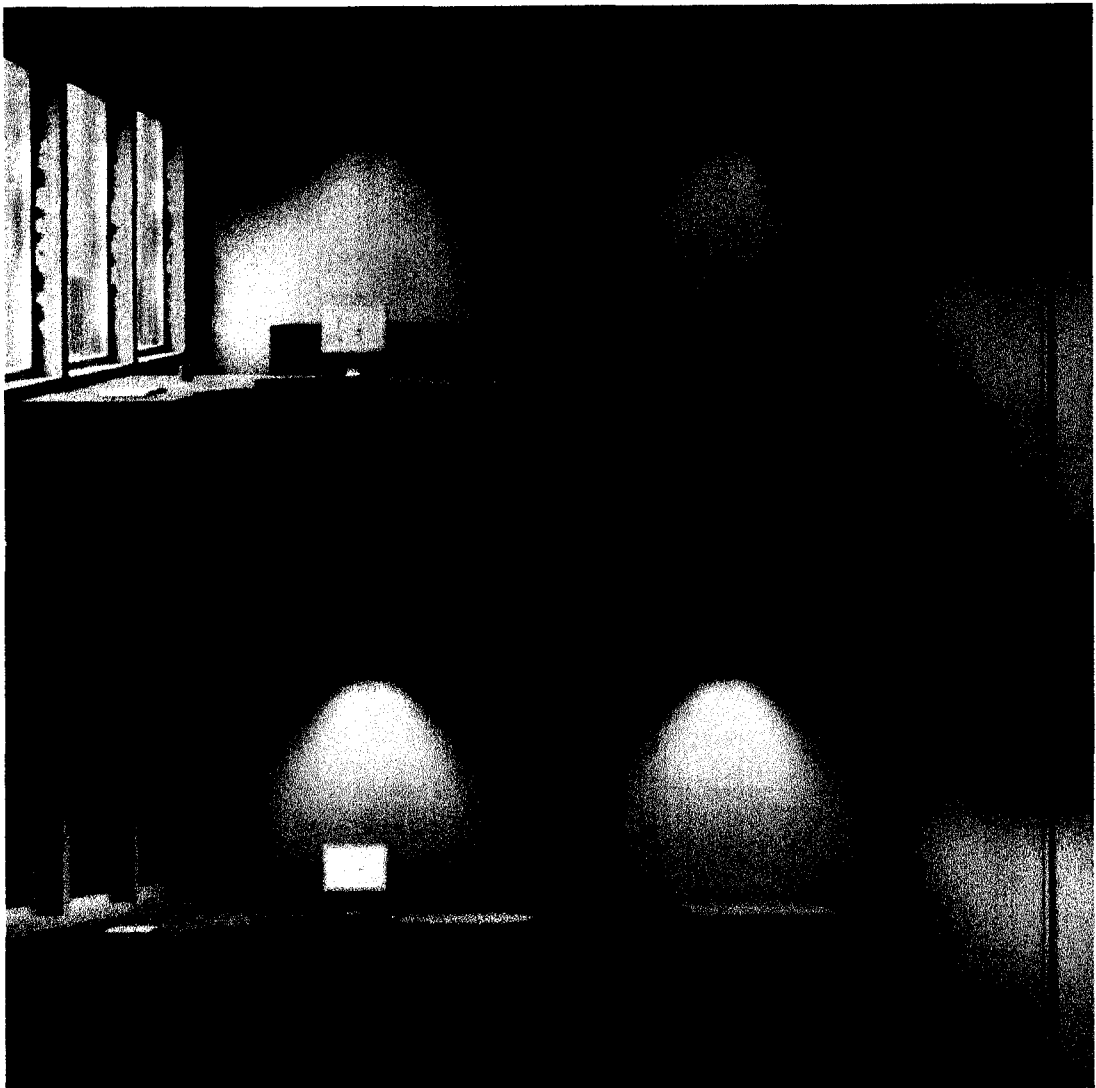
Figuur 3: Vergelijking Radiance & DIALux; boven contouren verlichtingsterkte van twee lichtpannen berekent door Radiance (ruwe berekening), onder dezelfde ruimten berekent door DIALux. Het verloop van de contouren is vrijwel gelijk. Dit is opmerkelijk omdat de ruimte op verschillende wijze in de Radiance en DIALux software wordt gemodelleerd en er bestaat een verschil in de door de software gebruikte rekenmethode. (De absolute waarden komen niet helemaal over heen, dit komt omdat de Radiance berekening met maar één reflectie van de lichtstralen is gemaakt.)



Figuur 4: Verschil in comfort niveau lichtplannen; boven eenvoudig & standaard, midden redelijk, onder representatief. Dezelfde ruimte wordt van boven naar onder visueel duidelijk interessanter. Zo zijn er meer accenten te zien en verandert de verlichting van de ruimte van homogeen naar heterogeen.

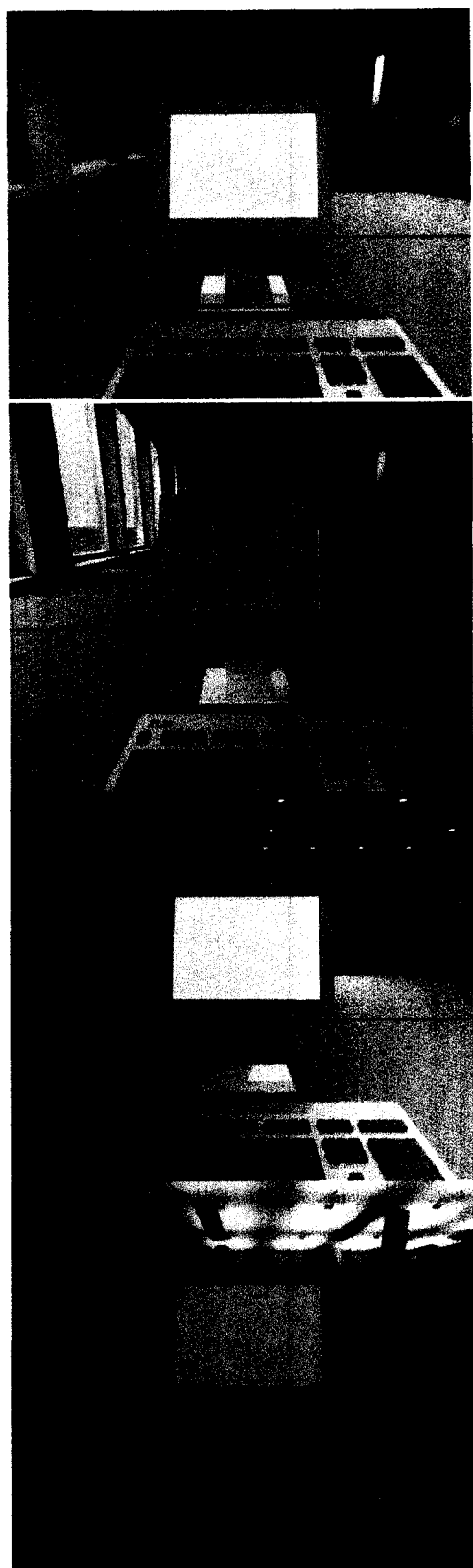


Figuur 5: Verschil in ruimtelijkheid; Van boven naar onder zijn respectievelijk het plafond, de wanden en het werkvlak aangelicht. Uit de basisprincipes van de beleving van verlichting in ruimten volgt: Het aanlichten van het plafond verhoogt de ruimte, het aanlichten van de wanden verbreedt de ruimte en als alleen het werkvlak wordt aangelicht ziet de ruimte er smal uit en wordt de aandacht gefocust op het centrum van de ruimte.

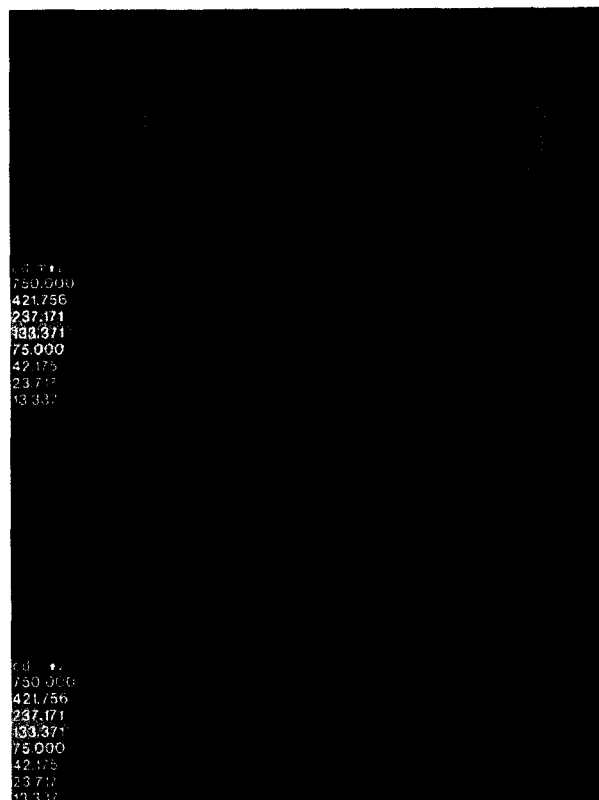
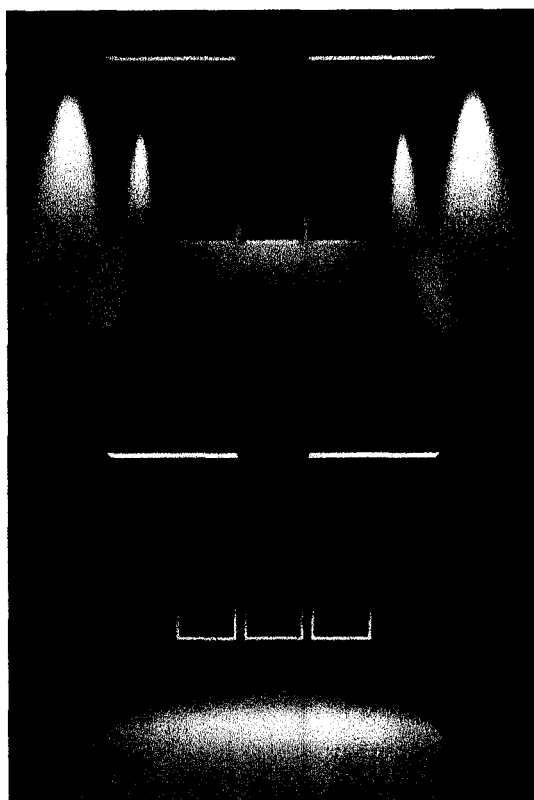


Figuur 6: Verschil dag- en nacht situatie; boven dagsituatie, onder nachtsituatie. De effecten van het lichtplan zijn duidelijker zichtbaar in de nachtsituatie. Door de grote hoeveelheid daglicht is het effect van het kunstlicht met name dicht bij de raamopening nauwelijks zichtbaar. Tevens is het verschil in kleurtemperatuur tussen daglicht en kunstlicht (resp. 5000 en 3000) goed te zien. Het kunstlicht produceert een geel-rood licht en het daglicht heeft een heldere (blauwe) kleur.

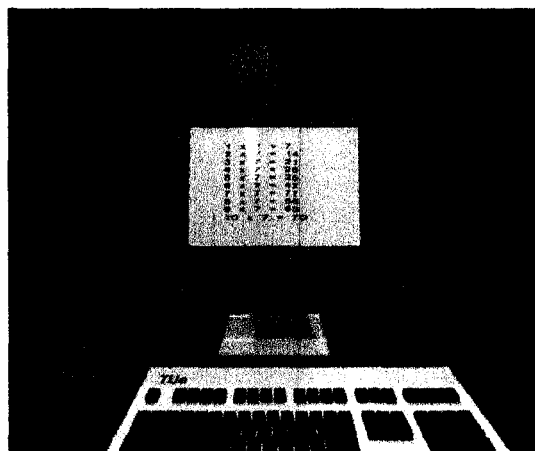
Bij het vallen van de avond verandert er veel in dit kantoor. Zo verandert de lichthoeveelheid, de kleurtemperatuur en ontstaat er een heel andere lichtverdeling op onder andere het werkvlak. Dit laatste komt doordat de raamopening verandert van een vlak dat veel licht uitstraalt tot een vlak waar amper nog licht vandaan komt.



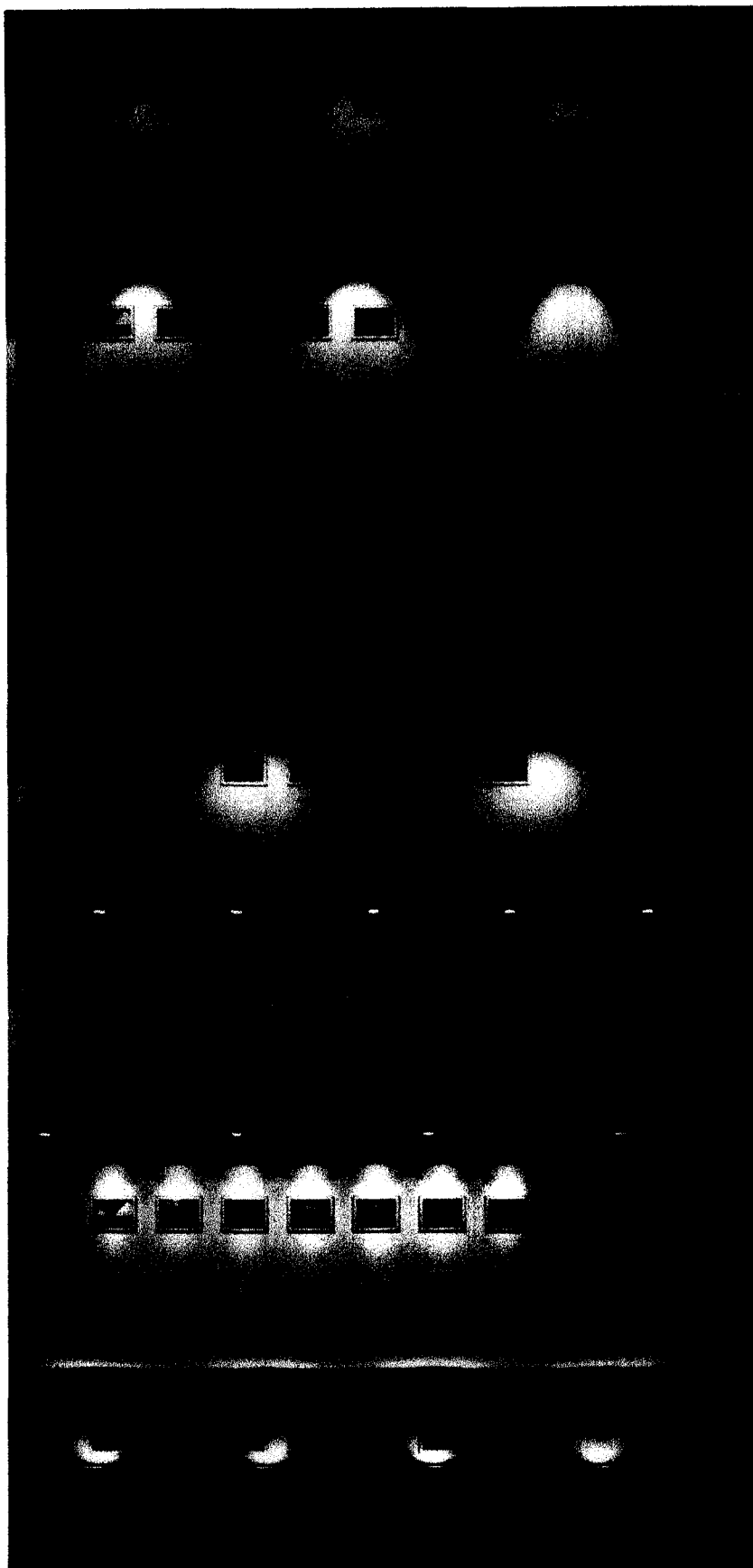
Figuur 7: Contrast werkplek en omgeving; Een vuistregel bij het ontwerpen van lichtplannen is dat de contrastverhouding (luminantie, Cd/m^2) tussen werkplek (beeld), directe omgeving (rand beeldscherm, bureau) en achtergrond (wanden, plafond, raamopening) in een optimale situatie resp. 10:3:1 is. Een kleiner contrast leidt tot een saaie omgeving en een te groot verschil veroorzaakt hinder (de adaptatietoestand van het oog verandert te vaak). Bij deze werkplek in het open kantoor is te zien dat bij de diverse lichtplannen met name de achtergrond niet homogeen is. Ook zichtbaar is dat onderdelen uit de achtergrond vaak een te groot contrast met de directe omgeving maken. Geen van de lichtplannen voldoet aan de vuistregel.



Figuur 8: Invloed reflectie factor wand op luminantie; boven de reflectie factor van de wanden is 0.7, onder is de reflectie factor 0.2. Plaatjes zijn berekend met 1 reflectie (-ab 1), dus hier is nog niet zichtbaar wat het effect op de vloer is. Later meer



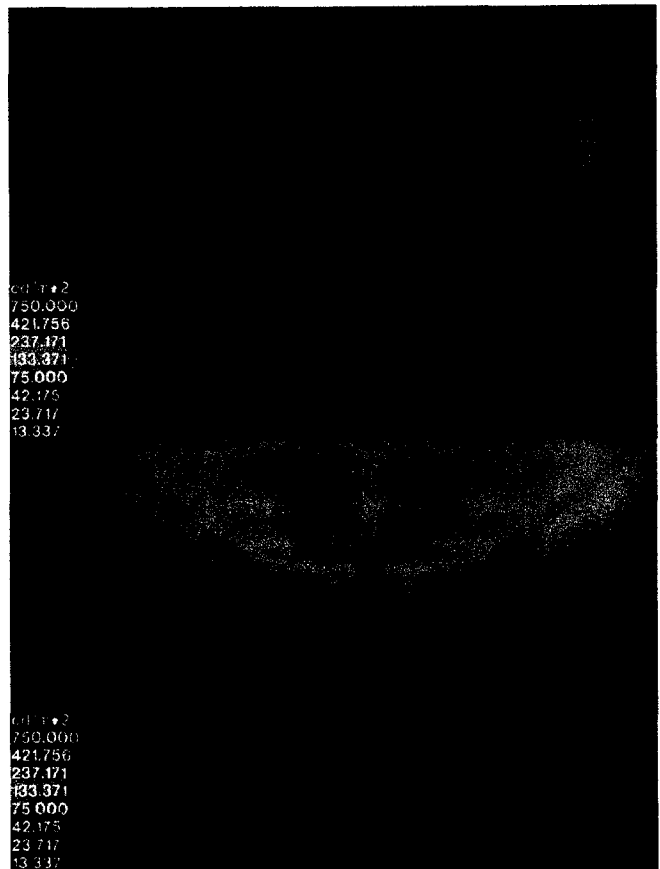
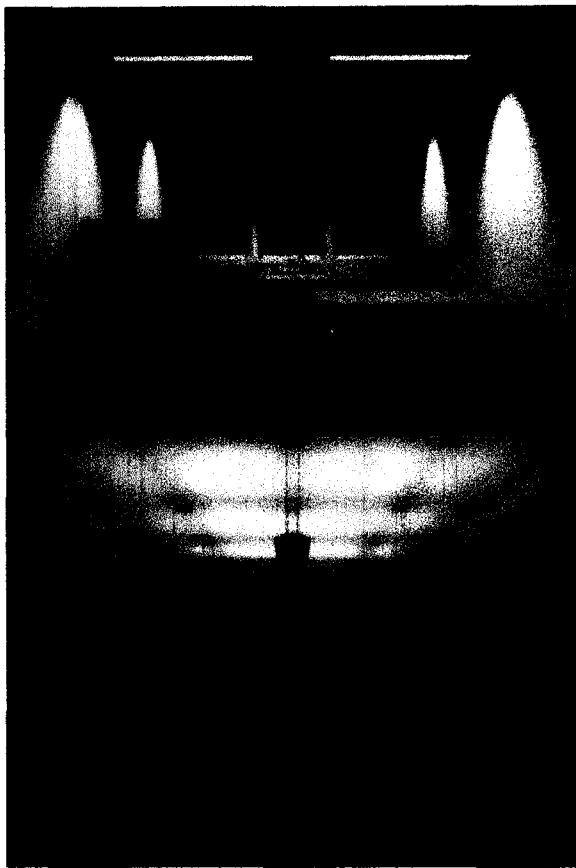
Figuur 9: Hinderlijke reflectie in beeldscherm: Dit lichtplan bestaat uit pendel armaturen vlak boven het werkvlak. De reflectie van het pendelarmatuur is zichtbaar in het scherm en kan als hinderlijk worden ervaren.



Figuur 10: Meubilair/aankleding als referentie; De zichtbaarheid van de foto's aan de wand illustreert duidelijk de luminantie verschillen in de diverse lichtplannen. Bij enkele lichtplannen zijn de foto's moeizaam te herkennen omdat er niet genoeg licht op valt. Heldere objecten trekken de aandacht van de kijker.



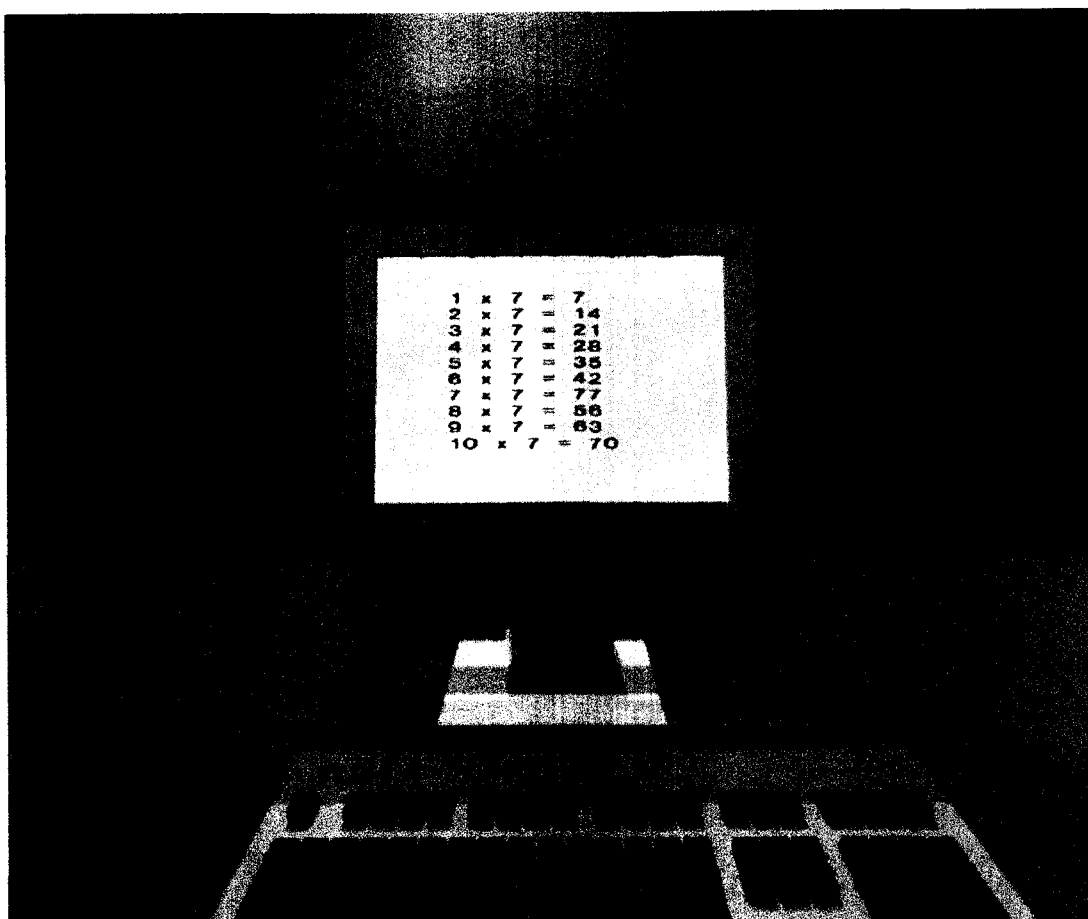
Figuur 11; Verschil in geometrie lichtplan: van boven naar onder hetzelfde type en aantal armaturen, alleen de plaatsing van de armaturen wisselt. Kleine wijziging in het lichtplan met duidelijke zichtbare gevolgen.



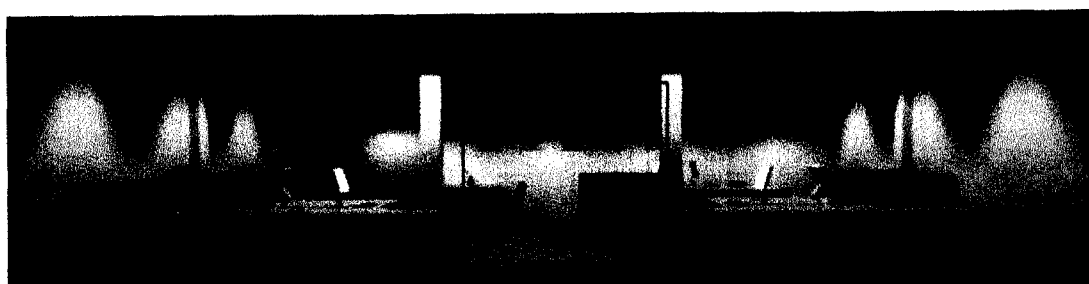
Figuur 12: Verschil direct-indirect: boven direct verlicht kantoor, onder indirect verlicht kantoor. De verlichtingsterkte op het werkvlak is ongeveer gelijk. Bij de indirecte verlichting valt op dat het werkvlak donkerder lijkt tegenover het heldere plafond. In het luminantie plaatje ernaast is te zien dat de luminantie van het werkvlak voor beide lichtplannen weinig verschilt.

Op de wanden is bij de directe verlichting een scherp luminantiecontrast zichtbaar onder de armaturen. Bij de indirecte verlichting zijn de wanden juist veel egalier en verloopt de luminantie zeer geleidelijk.

Voor het indirect verlichten van een ruimte is aanzienlijk meer vermogen nodig. Direct $4 \times 2 \times 28W = 224W$, indirect $9 \times 1 \times 35W = 315W$.



Figuur 13: Zoek de fout; Ik wacht nog steeds op het moment waarop iemand mij vertelt wat hier niet klopt! ☺



Figuur 14: Created by; vlnr.: Laurens Zonneveldt (TNO Bouw), Mariëlle Aarts (TUE), Marieke van der Laan (HvU), Jan Diepens (TUE) & Koert Ringelenberg (HvU).