

**TNO-rapport**

**2002-GGI-R004**

**Energetisch optimaal gebruik van daglicht in  
kantoorgebouwen, fase II - 'de verificatie' en fase  
III - 'de vergelijking'**

Datum	3 mei 2002
Auteur(s)	Ir. Juliet van Putten Dr.ir. Ellie de Groot
	m.m.v.:
	Ir. Cor Pernot, TNO Bouw GGI
	Ir. Dick van Dijk, TNO Bouw DEG
	Ir. Rien van der Voorden, TUD Delft
	Prof.Ton Begemann, TU Eindhoven & Philips Lighting
	Dhr. Frans Taeymans, ETAP Verlichting
	Ir. Harry Hoiting, W/E Adviseurs
	En meerdere leden van het Daglichtnetwerk
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	50
Aantal bijlagen	5
Opdrachtgever	Novem BV Marco Kavelaars
Novem contract	Fase II: 0140-02-02-07-0101 Fase III: 0140-01-02-07-0102
Projectnummer	Fase II: 006.16820/01.01 Fase III: 006.16825/01.01

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

## Samenvatting

Als vervolg op de tweede daglichtnetwerk-bijeenkomst van 29 mei 2001 heeft Novem B.V. TNO opdracht verleend tot het opstellen van een algemeen geaccepteerde checklist met prestatie-eisen voor toepassing van daglichtsystemen in kantooromgevingen. Als uitgangspunt voor het opstellen van een algemeen geaccepteerde checklist diende het discussiestuk 'Energetisch optimaal gebruik van daglicht in kantooromgevingen' [1]. Tijdens de presentatie aan het daglichtnetwerk is geconstateerd dat het overzicht van prestatie eisen een goede aanzet is tot een evaluatie checklist van daglichtsystemen, maar om tot een consensus te komen over de precieze invulling van de afzonderlijke eisen is meer overleg noodzakelijk. Besloten werd om een klankbordgroep in het leven te roepen die bestaat uit leden van het daglichtnetwerk met verschillende achtergronden. Middels drie bijeenkomsten van de klankbordgroep en een rondvraag binnen het netwerk is een checklist met prestatie eisen voor daglichtsystemen samengesteld.

De klankbordgroep vindt de volgende aandachtspunten van belang om daglichtsystemen te kunnen beoordelen: Energiegebruik, Verlichten, Uitzicht en Economie. Hierbij ligt de nadruk van de beoordeling op de energetische aspecten van de daglichtsystemen. Van deze aandachtspunten wordt er in de checklist een onderverdeling gemaakt naar functionele en prestatie eisen. Tevens wordt er onderscheid gemaakt tussen eisen en normen die algemeen geldend zijn voor een ruimte en eisen die specifiek voor daglichtsystemen gelden.

Gezocht wordt naar een praktische handreiking voor ontwerpers en beslissende partijen in het bouwproces. Hiertoe zijn elf veelvoorkomende daglichtsystemen doorgerekend aan de hand van de checklist. In de volgende tabel is de ranking van laag naar hoog energiegebruik weergegeven voor systemen met acceptabele prestaties op het gebied van Verlichten, Uitzicht en Economie, zowel voor oriëntatie zuid als voor noord.

*Tabel: Energie ranking voor acceptabele systemen op het gebied van verlichten, uitzicht en economie oriëntatie noord en zuid.*

	Zuid	Noord
1	klimaatgevel	optimaal bovenraam, flexibel onderraam
2	spectraal selectief glas + hor. lam	klimaatgevel
3	optimaal bovenraam, flexibel onderraam	lichtplank + horizontale lamellen
4	lichtplank + horizontale lamellen	spectraal selectief glas + hor. lam
5	horizontale lamellen buiten	verticale lamellen binnen
6	verticale lamellen binnen	grote vaste hor. lamellen buiten
7	grote vaste hor. lamellen buiten	horizontale lamellen binnen
8	horizontale lamellen binnen	horizontale lamellen buiten

Systemen met een leeg bovenraam (lichtplank, optimaal bovenraam) en energie-efficiënte systemen (klimaatraam, spectraal selectief glas) voldoen energetisch als beste.

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>De klankbordgroep</b>	<b>6</b>
2.1	De samenstelling	6
2.2	De gehanteerde werkwijze	6
<b>3</b>	<b>Overwegingen van de klankbordgroep bij het samenstellen van de checklist</b>	<b>8</b>
3.1	Het eerste aandachtspunt: Energiegebruik	8
3.1.1	Aspecten energiegebruik	8
3.1.2	Functionele eisen	8
3.1.3	Prestatie eis voor verwarmen, koelen en verlichten	10
3.2	Het tweede aandachtspunt: Verlichten	10
3.2.1	Aspecten verlichten	10
3.2.2	Functionele eisen	10
3.2.3	Prestatie- eis voor verlichten	11
3.3	Het derde aandachtspunt: Uitzicht	12
3.3.1	Aspecten Uitzicht	12
3.3.2	Functionele eisen	12
3.3.3	Prestatie-eisen voor uitzicht	13
3.4	Het vierde aandachtspunt: Economie	13
3.4.1	Aspecten economie	13
3.4.2	Functionele eisen	13
3.4.3	Prestatie-eisen voor economie	13
<b>4</b>	<b>De checklist</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Commentaar van het daglichtnetwerk</b>	<b>17</b>
5.1	Inleiding	17
5.2	Commentaar op het gebied van thermisch comfort:	17
5.3	Commentaar op het gebied van visueel comfort	18
5.4	Commentaar op het gebied van verlichten	18
5.5	Commentaar op het gebied van uitzicht	19
5.6	Commentaar op het gebied van additionele kosten en terugverdientijd	20
5.7	De beslissingen van de klankbordgroep	22
<b>6</b>	<b>De uiteindelijke checklist voor daglichtsystemen in kantooromgeving</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Voorbeeldberekeningen</b>	<b>28</b>
7.1	Checklist	28
7.1.1	Energiegebruik	28
7.1.2	Verlichten	28
7.1.3	Uitzicht	28
7.1.4	Economie	29
7.1.5	Overzicht van te berekenen grootheden	29
7.2	Geselecteerde daglichtsystemen	29
7.3	Berekeningen	30
7.4	Resultaten	30
7.5	Energie ranking	31
7.5.1	Top vier daglichtsystemen	31

7.5.2	Flexibele systemen	32
7.5.3	Niet acceptabele systemen	32
7.6	Conclusies	32

**Referenties 34**

**Bijlage A Overzicht aspecten en bijbehorende prestatie-eisen 35**

**Bijlage B Besprekingsverslag 1 (25-9-01) 38**

**Bijlage C Besprekingsverslag 2 (2-10-01) 43**

**Bijlage D Referentiekantoor 47**

**Bijlage E Discomfort Index 50**

# 1 Inleiding

Als vervolg op de tweede daglichtnetwerkbijeenkomst van 29 mei 2001 heeft Novem B.V. in het kader van het programma LTGO (Lange Termijn Onderzoek Gebouwde Omgeving) TNO opdracht verleend tot het opstellen van een algemeen geaccepteerde checklist met prestatie eisen voor toepassing van daglichtsystemen in kantooromgevingen.

Het programma LTGO, dat wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, heeft als doelstelling het mogelijk maken van energieneutrale wijken in 2010 tegen acceptabele meerkosten. LTGO richt zich zowel op woning als utiliteitsbouw. Een belangrijk aandachtspunt bij met name het ontwerpen van energie-efficiënte utiliteitsgebouwen is het optimaal benutten van daglicht. Zo kan door het binnenlaten van daglicht bespaard worden op het energiegebruik voor kunstverlichting en verwarming in de winter. Het gebruiken van daglicht heeft echter ook een nadelig effect op het energiegebruik voor koelen in de zomer. Het bepalen van het energetisch en ergonomisch optimale gebruik van daglicht in een gegeven situatie is geen eenvoudige opgave.

Als uitgangspunt voor het opstellen van een algemeen geaccepteerde checklist diende het discussiestuk 'Energetisch optimaal gebruik van daglicht in kantooromgevingen' [1] waarin een voorstel voor prestatie eisen en criteria van daglichtsystemen voor kantooromgevingen gedaan werd. Dit voorstel is tijdens de tweede daglichtbijeenkomst aan het daglichtnetwerk gepresenteerd. Tijdens deze presentatie is geconstateerd dat het overzicht van prestatie-eisen een goede aanzet is tot een evaluatie checklist van daglichtsystemen, maar om tot een consensus te komen over de precieze invulling van de afzonderlijke eisen is meer overleg noodzakelijk. Besloten werd om een klankbordgroep in het leven te roepen die bestaat uit leden van het daglichtnetwerk met verschillende achtergronden. Middels drie bijeenkomsten van de klankbordgroep en een rondvraag binnen het netwerk is een checklist met prestatie-eisen voor daglichtsystemen samengesteld. Deze checklist is 14 november 2001 tijdens de derde bijeenkomst van het daglichtnetwerk gepresenteerd.

Met behulp van de checklist zijn vervolgens de prestaties bepaald van elf veelvoorkomende daglichtsystemen.

## 2 De klankbordgroep

### 2.1 De samenstelling

De klankbordgroep is samengesteld uit leden van het daglicht netwerk en bestaat uit de volgende personen:

Ir. Marinus van der Voorden, TU Delft  
Prof. Ton Begemann, TU Eindhoven & Philips Lighting  
Dhr. Frans Taeymans, ETAP verlichting  
Ir. Harry Hoiting, W/E Adviseurs  
Ir. Dick van Dijk, TNO Bouw-Duurzame energie en gebouwen  
Ir. Juliet van Putten, TNO Bouw-Gezonde gebouwen en installaties (projectleider)

De besprekingsverslagen van de bijeenkomsten zijn toegevoegd als bijlage B en C.

### 2.2 De gehanteerde werkwijze

Tijdens de eerste bijeenkomst werd het discussiestuk 'Energetisch optimaal gebruik van daglicht in kantoorgebouwen' gebruikt als uitgangspunt. Met name werd er gediscussieerd over de eisen zoals deze in de tabel van hoofdstuk 3 gepresenteerd werden. Deze tabel is te vinden in bijlage A. Deze bespreking resulteerde in een 'uitgedunde' tabel met de belangrijkste elementen om tot de checklist met prestatie eisen te kunnen komen.

De elementen die overbleven zijn:

- Energie
- Visueel comfort
- Uitzicht
- Economie

Een eerste aanzet voor de checklist als resultaat van de eerste bijeenkomst is te vinden in het besprekingsverslag van de eerste bijeenkomst in bijlage B.

Deze checklist diende weer als uitgangspunt van de tweede bijeenkomst van de klankbordgroep. Tijdens deze bijeenkomst is er vooral ingegaan op de opbouw van de checklist (benoeming van de kolommen) en de juiste plaatsing van de gehanteerde begrippen zoals thermisch comfort, visueel comfort etc. Bij het samenstellen van de checklist is door de klankbordgroep de nadruk gelegd op energiebesparing. Bij de keuze van de aspecten en het opstellen van de eisen is bij twijfel de voorkeur gegeven om de energetische kant van de zaak het zwaarste te laten wegen en de formulering hierop af te stemmen. Indien daglichtsystemen bijvoorbeeld met name ergonomisch beoordeeld zouden worden zou er een geheel andere checklist kunnen ontstaan. Met nadruk wijst de klankbordgroep erop dat energetische aspecten voorrang hebben gekregen in de samenstelling van de checklist.

De checklist als resultaat van de tweede bijeenkomst is te vinden in het besprekingsverslag van de tweede bijeenkomst in bijlage C. Doordat de eisen zoals die

uit de normen en regelgevingen voortkomen uit de checklist zijn gelaten oogt deze checklist wat eenvoudiger dan de eerste.

Nadat alle leden van de klankbordgroep nog één keer hun commentaar op de checklist hebben gegeven is deze aangepast en verstuurd per e-mail aan alle leden van het daglichtnetwerk. Tevens zijn de relevante normen en regelgevingen weer aan de checklist toegevoegd. De overwegingen die ten grondslag liggen aan de samenstelling van de rondgestuurde checklist worden in hoofdstuk 3 besproken.

De rondgestuurde checklist is te vinden in hoofdstuk 4 en het commentaar van het daglichtnetwerk is geordend in hoofdstuk 5.

De uiteindelijke checklist waarin het commentaar van het netwerk is verwerkt is te vinden in hoofdstuk 6. Deze checklist is aan het daglichtnetwerk gepresenteerd tijdens de derde bijeenkomst.

Tenslotte wordt in hoofdstuk 7 een overzicht gegeven van de resultaten van elf voorbeeldberekeningen die aan de hand van de uiteindelijke checklist zijn uitgevoerd.

### 3 Overwegingen van de klankbordgroep bij het samenstellen van de checklist

De klankbordgroep vindt de volgende aandachtspunten van belang om daglichtsystemen te kunnen beoordelen, waarbij de nadruk van de beoordeling ligt op de energetische aspecten van de daglichtsystemen.

- Energiegebruik
- Verlichten
- Uitzicht
- Economie

De checklist wordt onderverdeeld in vier kolommen:

- aandachtspunten
- aspecten behorende bij de aandachtspunten (bijvoorbeeld: aandachtspunt → energiegebruik, Aspecten → verwarmen, koelen en verlichten)
- de functionele eisen die aan de aspecten gesteld worden, met waar mogelijk een verwijzing naar de relevante geldende regelgevingen en normen
- en tot slot een (kwantitatieve) prestatie eis waarmee daglichtsystemen vergeleken kunnen worden

De indeling van de checklist ziet er dan als volgt uit:

*Tabel 3.3.1*

Aandachtspunten	Aspecten	Functionele eis op het gebied van:	Prestatie eis

#### 3.1 Het eerste aandachtspunt: Energiegebruik

##### 3.1.1 *Aspecten energiegebruik*

Daglicht vermindert het energiegebruik voor kunstverlichting. Onder ideale omstandigheden zullen gebruikers bij voldoende aanbod het licht uitschakelen of wordt het licht automatisch gedimd met behulp van daglichtafhankelijke regelingen.

Op koude dagen vermindert daglicht ook het energiegebruik voor verwarming, omdat door het aanbod van passieve zonnewarmte de behoefte aan verwarming via klimaatinstallaties afneemt. Op warme dagen kan daglicht het energiegebruik verhogen, omdat een te hoge toetreding van zonnewarmte in deze situatie in veel gebouwen weggekoeld zal moeten worden. De drie aspecten van energiegebruik met betrekking tot daglichtsystemen zijn verwarmen, koelen en kunstverlichting.

##### 3.1.2 *Functionele eisen*

Het binnenklimaat speelt een zeer belangrijke rol om een hoge arbeidsproductiviteit te verkrijgen. De aspecten verwarmen, koelen en verlichten hebben allen invloed op het thermisch comfort in de ruimte. Daarom is het van belang dat de ruimte achter het daglichtsysteem voldoet aan de geldende normen en regelgevingen met betrekking tot het thermisch comfort.



Hiernaast wordt er binnen het kader van koelen, verwarmen en verlichten ook eisen gesteld aan de visuele kwaliteit. De functionele eisen behorende bij energiegebruik omvatten thermisch comfort en visueel comfort.

### 3.1.2.1 *Functionele eisen op het gebied van thermisch comfort*

De binnentemperatuur is een grote bron van klachten in een kantooromgeving. De Deense onderzoeker Fanger heeft experimenteel een verband afgeleid om te bepalen bij welke binnentemperatuur de minste klachten worden verwacht. Dit verband is afhankelijk van de luchtsnelheden, de stralingstemperatuur en de relatieve vochtigheid in de ruimte en van activiteitsniveau (metabolisme) en kledingpakket van de personen.

In de RGD richtlijnen voor bouwfysische kwaliteit [2] staan in het hoofdstuk over thermohygrisch comfort de volgende richtlijn die gebaseerd is op de 'behaaglijkheidtheorie van Fanger'.

#### *Rgd-richtlijn, kantoorgebouwen, nieuwbouw*

- Het samenspel van gebouw, gebouwinstallaties, regelingen en het te verwachten gebruik van het gebouw moet tijdens de gebruiksuren een binnenklimaat in verblijfsruimten met een kantoorfunctie bewerkstelligen zodanig dat de Predicted Mean Vote (PMV) ten minste  $-0.5$  en ten hoogste  $+0.5$  bedraagt.
- Uitgangspunt is dat de comfortgrenzen elk met maximaal 5% van de gebruikstijd op jaarbasis mogen worden over- of onderschreden.
- Een en ander is verdisconteerd in het seizoensafhankelijke aantal toelaatbare gewogen temperatuuroverschrijdings(GTO-)uren voor beide comfortgrenzen:
  - • voor verblijfsruimten met een kantoorfunctie is gedurende de zomerperiode een PMV groter dan  $+0.5$  toegestaan tot een maximum van 150 GTO-uren;
  - • voor verblijfsruimten met een kantoorfunctie is gedurende de winterperiode (en zomerperiode) een PMV kleiner dan  $-0.5$  toegestaan tot een maximum van 150 GTO-uren.

### 3.1.2.2 *Functionele eisen op het gebied van visuele kwaliteit*

Dit omvat een goede kleurweergave, lichtverdeling en kleurtemperatuur van de gebruikte lampen en een minimaal te realiseren verlichtingssterkte deze aspecten mogen niet benadeeld worden ten gunste van de energiebesparing. De eisen worden samengevat uit de volgende publicaties: NEN 1890 [3], NEN 1891 [4], NEN 3087 [5] en richtlijnen voor binnenverlichting van de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) [6] en het Handboek Verlichtingstechniek (een uitgave van ten Hagen en Stam in samenwerking met de Unie van elektrotechnische ondernemers (Uneto) en de NSVV) [7]

- De verlichtingssterkte op het werkvlak dient minimaal 500 lux te zijn.
- Een natuurlijke kleurweergave wordt noodzakelijk geacht. De algemene kleurweergave index dient groter dan 80 te zijn,  $R_a > 80$ .
- De gelijkmatigheidsindex van de verlichting dient minimaal 0,5 te zijn.
- Tussen de visuele taak en de directe omgeving dient de luminantieverhouding bij voorkeur niet meer dan 3 te bedragen (max. 10 is nog toelaatbaar)
- Tussen de visuele taak en de periferie dient de luminantieverhouding bij voorkeur niet meer dan 10 te bedragen (max. 30 is nog toelaatbaar)
- De verticale verlichtingssterkte op het beeldscherm dient kleiner dan 500 lux te zijn.

### 3.1.3 *Prestatie eis voor verwarmen, koelen en verlichten*

De prestatie-eis luidt nu als volgt:

Het totaal aan energiegebruik voor verwarmen, koelen en verlichten moet door het toepassen van een daglichtsysteem lager worden. Het gaat hierbij om een integrale benadering van het energiegebruik.

## 3.2 **Het tweede aandachtspunt: Verlichten**

### 3.2.1 *Aspecten verlichten*

Als we het verlichten van een ruimte beschouwen hebben we te maken met kunstverlichting en met het binnenvallende daglicht; de dagverlichting.

### 3.2.2 *Functionele eisen*

Het is bekend dat de mens niet alleen eisen stelt aan verlichting voor de visuele taak (de visuele prestatie), maar ook aan visueel comfort. Bij visueel comfort speelt de hoeveelheid en de verdeling van licht een rol. Daarnaast is het van belang dat de prestatie eisen stand houden bij wisselende daglichtomstandigheden; de dynamiek van de dagverlichting. Dit resulteert in functionele eisen voor visuele prestatie, visueel comfort en dynamiek.

#### 3.2.2.1 *Functionele eis op het gebied van visuele prestatie*

Een te veel aan daglicht veroorzaakt verblinding en bij te weinig daglicht is aanvullend kunstlicht vereist om de taken goed uit te kunnen voeren. De hoeveelheid aangeboden licht heeft een direct verband met de prestatie van de gebruiker van de ruimte. Volgens een onderzoek van Begemann et al. (1994-1997) [8] bleek dat mensen een kunstlichtniveau prefereren van gemiddeld 800 lux bovenop het aanwezige daglicht (samen gemiddeld 1900 lux). Terwijl de wettelijke minimum eis voor kantoorverlichting 200 lux is en 400-500 lux wordt aanbevolen in de Nederlandse Normen (NEN 1890) [3]. Deze resultaten liggen nogal uiteen. Besloten wordt om de eisen zoals geformuleerd in de NEN normen op te nemen.

In de checklist worden de volgende eisen opgenomen:

- alle eisen zoals genoemd bij Energiegebruik/verlichten.

#### 3.2.2.2 *Functionele eis op het gebied van visueel comfort*

Voor het visuele comfort is het belangrijk dat de helderheidverhoudingen in de ruimte niet te groot zijn, maar ook niet te klein. Bij te grote verschillen treedt verblinding op, maar bij te kleine verschillen kan een saaie ruimte ontstaan waarin het moeilijk is om afstanden en diepten te schatten.

Eisen zoals die in het REVIS [9] project voor visueel comfort gedefinieerd zijn worden opgenomen in de checklist:

- De luminantie van de zon door het raam, binnen het gezichtsveld van de personen in de ruimte moet minder zijn dan een bepaald maximum afhankelijk van waar de hoge luminantie optreedt: 1000 cd/m<sup>2</sup> in het midden van het gezichtsveld en 40000 cd/m<sup>2</sup> aan de rand van het gezichtsveld. Dit is nodig om hinderlijke luminantieverschillen te vermijden.

$$L_{\text{window.max}} / L_{\text{vision.max}} < 1$$

- De verhouding tussen de luminantie van papier op het bureau voor een persoon en de luminantie van de muur achter het bureau moet kleiner zijn dan 10:1.

$$L_{\text{desk}} / 10 * L_{\text{wall.behind.desk}} < 1$$

- De verhouding tussen de luminantie van een monitor en de luminantie van de muur achter de monitor moet kleiner zijn dan 10:1, waarbij voor de monitor een luminantiewaarde van 100 Cd/m<sup>2</sup> wordt aangenomen.

$$L_{\text{wall.behind.desk}} / 10 * L_{\text{monitor}} < 1, \text{ met } L_{\text{monitor}} = 100$$

- De verhouding tussen de luminantie van het raam en de luminantie van de strook tussen de ramen (kozijn of muur) moet kleiner zijn dan 30:1 voor een persoon die richting het raam kijkt.

$$L_{\text{window}} / 30 * L_{\text{op.facade}} < 1$$

### 3.2.2.3 *Functionele eis op het gebied van de dynamiek*

Het daglicht is aan veranderingen onderhevig, het varieert gedurende de dag in intensiteit en in de richting waar het licht vandaan komt. Dit stelt de eis aan een daglichtsysteem dat het op deze dynamiek moet kunnen reageren. Als we de instelling van het daglichtsysteem aan de gebruikers overlaten kan het voorkomen dat deze het systeem niet in de ‘optimale’ stand zetten. Bij automatische instellingen (niet individueel) zal dit niet snel het geval zijn maar bestaat het gevaar dat de gebruiker het systeem niet accepteert omdat hij er zelf geen invloed op uit kan oefenen. De mogelijkheid van handmatige of automatische bediening zal ook per systeem verschillend zijn. Sommige systemen lenen zich alleen voor handmatige bediening andere alleen voor automatische en sommigen zijn zelfs helemaal niet instelbaar.

Voor het geval van automatische systemen (‘zelfdenkend’) is de eis opgenomen dat er een vertraging in de reactie op het wisselende daglichtaanbod van het systeem moet zitten. Dit om te voorkomen dat een systeem voortdurend aan en uit of op en neer aan het gaan is.

*daglicht  
regelbare  
verlichting*

Tijdens de bijeenkomsten van de klankbordgroep bleek dat daglichtsystemen niet toegepast zouden mogen worden zonder de verlichting van de achterliggende ruimte daglichtafhankelijk regelbaar te maken. Immers niet regelbare verlichting is een gemiste kans om energie te kunnen besparen middels daglichttoetreding. De daglichtafhankelijk regeling van de kunstverlichting moet daarom als onderdeel van het daglichtsysteem gezien worden.

### 3.2.3 *Prestatie- eis voor verlichten*

De prestatie-eis voor verlichten is als volgt geformuleerd:

Het daglichtsysteem en de kunstverlichting samen dienen een omgeving te creëren waarbinnen aan de functionele eisen voor visuele prestatie, visueel comfort en dynamiek voldaan wordt.

### 3.3 Het derde aandachtspunt: Uitzicht

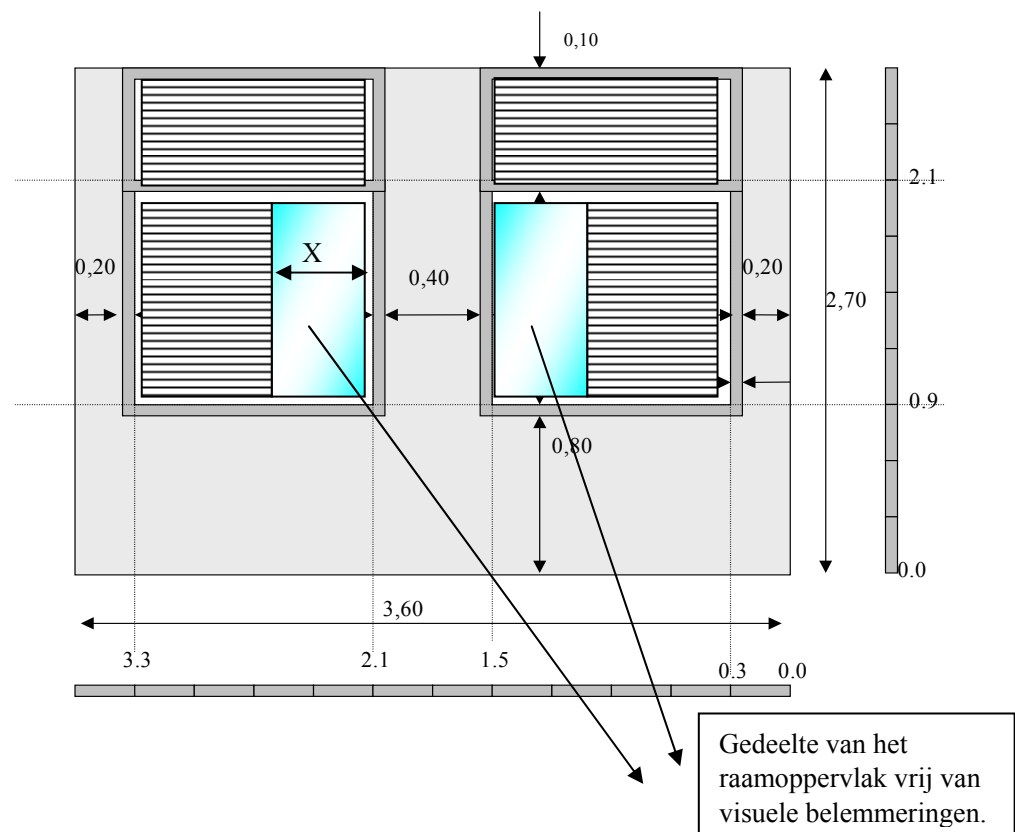
#### 3.3.1 *Aspecten Uitzicht*

Voor de gebruiker van een kantoorruimte is het van belang dat deze vanaf zijn werkplek het weertype en bij voorkeur ook het straatbeeld waar kan nemen. Ramen die te hoog in de gevel geplaatst worden of kantoren waar nauwelijks ramen aanwezig zijn bieden geen aangename werkomgeving voor de gebruiker van de ruimte. Ook bij de toepassing van een daglichtsysteem kan een situatie ontstaan waarbij de gebruiker zijn doorzicht naar buiten moet prijsgeven, dit wil de klankbordgroep voorkomen. De aspecten bij het aandachtspunt Uitzicht zijn derhalve uitzicht en doorzicht.

#### 3.3.2 *Functionele eisen*

##### 3.3.2.1 *Functionele eis op het gebied van uitzicht en doorzicht*

Voor de aspecten uitzicht en doorzicht is de eis geformuleerd dat bij toepassing van het daglichtsysteem men optisch onvervormd het weertype en straatbeeld moet kunnen waarnemen. Dit betekent dat een gedeelte van het geveloppervlak vrij moet blijven van visuele belemmeringen. Hoe groot dit oppervlak moet zijn wordt als open vraag naar het daglichtnetwerk gelaten.



### 3.3.3 *Prestatie-eisen voor uitzicht*

De prestatie-eisen behorend bij uitzicht luiden als volgt:

Vanaf de werkplek dient men vrij uitzicht te hebben. De gevel ter plaatse van de werkplek dient op ooghoogte in zittende positie en staande positie geheel vrij te blijven van obstructies.

De gevel ter plaatse van de werkplek moet voor een breedte X vrij blijven van visuele obstructies.

## 3.4 **Het vierde aandachtspunt: Economie**

### 3.4.1 *Aspecten economie*

Bij een economische benadering van daglichtsystemen worden de kosten en de baten beschouwd. Aan de kostenkant staan de kosten van de 'hardware': het daglichtsysteem zelf en de kunstverlichting met daglichtregeling en het onderhoud hiervan. Aan de batenkant staat de te realiseren energiebesparing.

### 3.4.2 *Functionele eisen*

Voor het aspect economie zijn er functionele eisen geformuleerd op het gebied van de kosten en de kosten/baten verhouding.

#### 3.4.2.1 *Functionele eis op het gebied van de kosten*

Om iets over de kosten van de aanschaf van een daglichtsysteem te kunnen zeggen worden deze kosten uitgedrukt in additionele kosten: de kosten voor de aanschaf van een daglichtsysteem en kunstverlichting met daglichtregeling en het (extra) onderhoud hiervan in vergelijking met de kosten voor de oorspronkelijk geplande verlichting en gevel. Achterliggende gedachte is dat er goedkope en dure gevels zijn en dat met name bij dure gevels er een betere kans zou zijn voor een daglichtconstructie. Of dit reëel is wordt afgelezen aan de reacties van het daglichtnetwerk.

#### 3.4.2.2 *Functionele eis op het gebied van kosten/baten verhouding*

De economische verantwoording voor de toepassing van een daglichtsysteem wordt uitgedrukt in de terugverdientijd. Aan de terugverdientijd kan een maximale tijd gekoppeld worden waarbinnen het systeem moet zijn terugverdiend.

Onder terugverdientijd wordt verstaan de tijd die nodig is om de originele investering in het daglichtsysteem met daglichtregelbare armaturen terug te verdienen middels een reductie van het energiegebruik voor het verlichten, koelen en verwarmen van de achterliggende ruimte. De onderhoudskosten zuiver en alleen ten behoeve van het daglichtsysteem worden eveneens in de terugverdientijd meegenomen.

### 3.4.3 *Prestatie-eisen voor economie*

De prestatie-eis behorend bij Economie luidt als volgt:

De additionele kosten mogen maximaal een factor X\* hoger zijn dan de kosten voor een vierkante meter gevel van het bestaande of te ontwerpen gebouw waarbij de aanschafprijs voor de verlichting ook in de gevelkosten wordt meegenomen.

De terugverdientijd dient kleiner of gelijk aan X \* jaar te zijn.

\*de X hangt af van wat het daglichtnetwerk acceptabel acht.

## 4 De checklist

De volgende bladzijden laten de checklist zien zoals die naar het daglicht netwerk verstuurd is. Gedurende een periode van twee weken kregen de leden de mogelijkheid commentaar op de checklist te geven.

Aandachtspunten	Aspecten	<b>Checklist voor daglichtsystemen in kantoor situaties</b>	<b>Prestatie eis</b>
Energiegebruik	Verwarmen	<b>Functionele eis op het gebied van:</b> <u>Thermisch comfort</u> , zoals gedefinieerd en vastgelegd in de richtlijnen van de Rijksgebouwendienst:	De toepassing van een daglichtsysteem moet tot een minder totaal energiegebruik leiden voor verwarmen, koelen en verlichten dan bij het referentie kantoor.
	Koelen	Kwantificering: -Het samenspel van gebouw, gebouwinstallaties, regelingen en het te verwachten gebruik van het gebouw moet tijdens de gebruiksuren een binnenklimaat in verblijfsruimten met een kantoorfunctie bewerkstelligen zodanig dat de Predicted Mean Vote (PMV) ten minste $-0.5$ en ten hoogste $+0.5$ bedraagt (een binnenklimaat waarbij slechts 10% het te warm of te koud vindt). -de comfortgrenzen (te warm / te koud) mogen elk met maximaal 5% van de gebruikstijd op jaarbasis worden over- of overschreden. Dit is verdisconteerd in het seizoensafhankelijke aantal toelaatbare gewogen temperatuuroverschrijdings (GTO-) uren voor beide comfort-grenzen:	
	Kunstverlichting	- voor verblijfsruimten met een kantoorfunctie is gedurende de zomer-periode een PMV groter dan $+0.5$ toegestaan tot een maximum van 150 GTO-uren; - voor verblijfsruimten met een kantoorfunctie is gedurende de winter-periode (en zomerperiode) een PMV kleiner dan $-0.5$ toegestaan tot een maximum van 150 GTO-uren. <u>Visuele kwaliteit</u> , dit omvat een goede taakverlichting, lichtverdeling en acceptabele luminantie verhoudingen in de ruimte. Kwantificering (eisen uit NEN 1890, 1891 en 3087) -De verlichtingssterkte op het werkvlak dient minimaal 500 lux te zijn. -een natuurlijke kleurweergave wordt noodzakelijk geacht. De algemene kleurweergave index van de verlichting dient groter dan 80 te zijn, $R_a > 80$ . -de gelijkmatigheidsindex van de verlichting dient minimaal 0,5 te zijn. -Tussen de visuele taak en de directe omgeving dient de luminantie verhouding bij voorkeur niet meer dan 3 te bedragen (max. 10 is nog toelaatbaar) -Tussen de visuele taak en de periferie dient de luminantie verhouding bij voorkeur niet meer dan 10 te bedragen (max. 30 is nog toelaatbaar) -de verticale verlichtingssterkte op het beeldscherm dient kleiner dan 500 lux te zijn.	

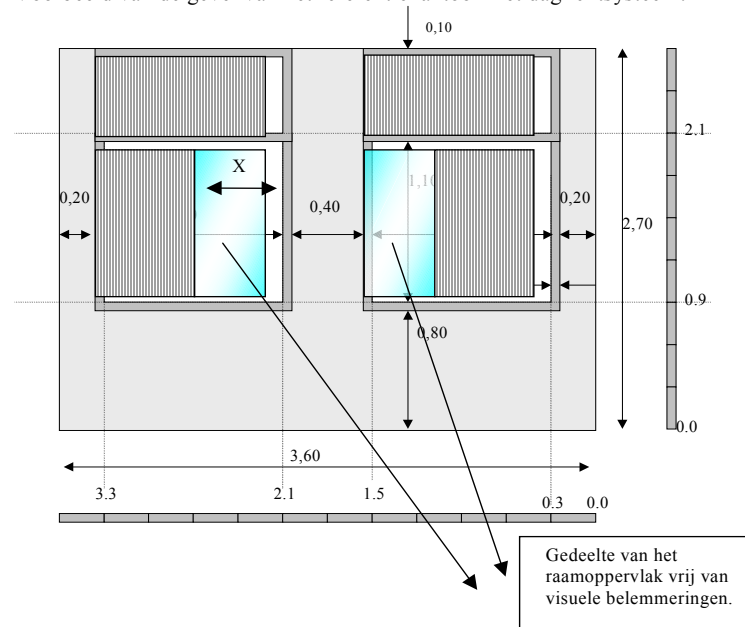
**Aandachtspunten**  
Uitzicht

**Aspecten**  
Uitzicht/  
doorzicht

**Functionele eis op het gebied van:**

Waarnemen, men moet optisch onvervormd het weertype en het straatbeeld kunnen waarnemen

Voorbeeld van de gevel van het referentiekantoor met daglichtsysteem:



**Prestatie eis**

Vanaf de werkplek dient men vrij uitzicht te hebben.  
De gevel ter plaatse van de werkplek dient op ooghoogte in zittende positie en staande positie geheel vrij te blijven van obstructies.

De gevel ter plaatse van de werkplek moet voor een breedte X\*? vrij blijven van visuele obstructies.

*\*Graag invullen wat u zelf acceptabel/ realiseerbaar acht.*

<b>Aandachtspunten</b>	<b>Aspecten</b>	<b>Functionele eis op het gebied van:</b>	<b>Prestatie eis</b>
Economie	Kosten -van de 'hardware' en het onderhoud	<p><b><u>Additionele kosten</u></b>, de kosten voor de aanschaf van een daglichtsysteem en kunstverlichting met daglichtregeling en het (extra) onderhoud hiervan. Om iets hierover te kunnen zeggen worden deze kosten uitgedrukt in kosten per vierkante meter gevel en vergeleken met de oorspronkelijke gevelkosten van het bestaande of te ontwerpen gebouw. <i>(Achterliggende gedachte is dat er goedkope en dure gevels zijn en dat met name bij dure gevels er een betere kans zou zijn voor een daglichtconstructie)</i></p>	<p>De additionele kosten mogen maximaal een factor X* hoger zijn dan de kosten voor een vierkante meter gevel van het bestaande of te ontwerpen gebouw waarbij de aanschafprijs voor de verlichting ook in de gevelkosten wordt meegenomen.</p>
	Baten – de energie- besparing	<p><b><u>Kosten-baten verhouding</u></b>, dit wordt uitgedrukt in de terugverdientijd.</p>	<p>De terugverdientijd dient kleiner of gelijk aan X * jaar te zijn. Hieronder wordt verstaan de tijd die nodig is om de originele investering in het daglichtsysteem met daglichtregelbare armaturen terug te verdienen middels een reductie van het energieverbruik voor het verlichten, koelen en verwarmen van de achterliggende ruimte. De onderhoudskosten zuiver en alleen ten behoeve van het daglichtsysteem worden eveneens in de terugverdientijd meegenomen.</p>
		<p><i>*Graag invullen wat u zelf acceptabel/ realiseerbaar acht.</i></p>	



## 5 Commentaar van het daglichtnetwerk

### 5.1 Inleiding

Onderstaand commentaar is letterlijk geciteerd vanuit de reacties (veelal e-mail) die op de rondgestuurde checklist kwamen. Het commentaar is gegroepeerd per onderwerp waar het betrekking op heeft. In de laatste paragraaf worden de keuzes die de klankbordgroep heeft gemaakt naar aanleiding van het geleverde commentaar beschreven.

### 5.2 Commentaar op het gebied van thermisch comfort:

Atze Boerstra (Boerstra Binnenmilieu Advies):

“Er loopt op dit moment een project (coördinatie ISSO, gefinancierd door RGD en Novem, dat tot doel heeft een vervanging te vinden voor het weegurencriterium van de RGD0. Het ziet er naar uit dat we met een heel ander type criteria gaan komen. (zelf ben ik 1 van de hoofdauteurs). O.a. wordt het erg belangrijk of het gaat om gebouwen met een hoge mate van gebruikersinvloed of gebouwen met een lage mate van gebruikersinvloed.”

Louis Cleef (Brakel Atmos):

“Mijn voorkeur zou uitgaan naar de oorspronkelijke RGD-eis:

De oude RijksGebouwenDienst norm voor kantoren (RGD) kent een drietal toetsingscriteria.

1. Gesloten gebouw zonder te openen ramen. Gedurende maximaal 25 uur per jaar mag de ruimte temperatuur boven de 25.5°C komen. Daarnaast mag de temperatuur niet hoger worden dan 26.5°C.

2. Gebouw met een beperkt aantal te openen ramen, welke om redenen van tocht e.d. nauwelijks te openen zijn. Gedurende maximaal 65 uur per jaar mag de ruimte temperatuur boven de 25.5°C komen. Daarnaast mag de temperatuur niet hoger worden dan 28°C.

3. Gebouw met te openen ramen. Gedurende maximaal 130 uur per jaar mag de ruimte temperatuur boven de 25.5°C komen. Daarnaast mag de temperatuur gedurende 25 uur hoger zijn dan 28°C.

Daarnaast constateer ik dat de interne warmtelast hoger is dan 220 Watt. Personen 3 x 80 plus Pc's 2 x 120 Watt. Door toepassen van te openen ramen en nachtkoeling bespaar je ook energie. “

Ed Rooijackers (Halmos bv Adviseurs)

“De eisen op alleen thermisch comfort volgens GTO uren is voor veel situaties niet toereikend. Additionele voorwaarden worden gesteld aan het binnenklimaat om tot een behaaglijke zomersituatie te komen. Hierbij kan bijvoorbeeld een additionele eis van maximaal 65 uur boven 25°C en geen overschrijding boven 28°C worden aangehouden. Met name bij gevels zonder te openen delen is het van belang de temperatuureis aan te scherpen.”

### 5.3 Commentaar op het gebied van visueel comfort

Paul Settels, (ING Arbo adviseur):

“De verlichtingssterkte op het werkvlak dient minimaal 200 lx te zijn volgens NEN 3087. Aanbevolen wordt bij directe verlichting gemiddeld 450 lx voor kantoor werkruimten. Bij indirecte verlichting gemiddeld 300 lx.”

“De gelijkmatigheidsindex mag kleiner dan 0,5 zijn, anders wordt een ruimte te saai.”

“LCD schermen hebben een betere helderheid dus minder kritische lichtwering.”

Atze Boerstra (Boerstra Binnenmilieu Advies):

“Ik ben het niet met de 500 lux eis eens. In veel situaties kun je naar mijn mening met minder af. Hangt van visuele taak, tijd van de dag, leeftijd van persoon in kwestie, of het gaat om daglicht of kunstlicht etc...”

“Betreft verticale verlichtingssterkte op het beeldscherm: Ik weet het niet zeker maar uit mijn hoofd zeg ik dat NEN 3087 stelt dat dit bij reguliere schermen 400 lux horizontaal en 200 lux vertikaal is. Bij tft schermen daarentegen veel hogere waarden??”

### 5.4 Commentaar op het gebied van verlichten

Paul Settels, (ING Arbo adviseur):

“Visuele prestatie: dit stelt ook minimum eisen aan het voorkomen van licht(druk)hinder.

Visueel comfort: dit stelt eisen aan de lichtverdeling over de ruimte, de acceptabele luminantieverhoudingen in de ruimte en de acceptabele luminantie van het daglichtsysteem zelf en van de kunstverlichting.”

- de luminantie van de zon door het raam, binnen het gezichtsveld van de personen in de ruimte moet minder zijn dan een bepaald maximum afhankelijk van waar de hoge luminantie optreedt: 1000 cd/m<sup>2</sup> in het midden van het gezichtsveld en 40000 cd/m<sup>2</sup> aan de rand van het gezichtsveld. Dit is nodig om hinderlijke luminantieverschillen te vermijden.

$$L_{\text{window.max}} / L_{\text{vision.max}} < 1$$

“Bij een luminantie van 1000 cd/m<sup>2</sup> op het beeldscherm betekent dit (1:30): 30.000 cd/m<sup>2</sup> aan het venster!”

- De verhouding tussen de luminantie van papier op het bureau (of beeldscherm met licht achtergrond) voor een persoon en de luminantie van de muur achter het bureau moet kleiner zijn dan 10:1.

$$L_{\text{desk}} / 10 * L_{\text{wall.behind.desk}} < 1$$

- De kunstverlichting dient voorzien te zijn van een daglichtregeling. Dat zich op gebruikersvriendelijke wijze aanpast aan de dynamiek van het toetredende daglicht. *(de kunstverlichting wordt langzaam traploos teruggedimd al naar gelang de hoeveelheid binnenvallend daglicht)*

Jan Meutzner (MeMa groep):

- De luminantie van de zon door het raam, binnen het gezichtsveld van de personen in de ruimte moet minder zijn dan een bepaald maximum afhankelijk van waar de hoge luminantie optreedt: 1000 cd/m<sup>2</sup> in het midden van het gezichtsveld en 40000 cd/m<sup>2</sup> aan de rand van het gezichtsveld. Dit is nodig om hinderlijke luminantieverschillen te vermijden.

$$L_{\text{window.max}} / L_{\text{vision.max}} < 1$$

“De opgegeven waarden van 1000 resp. 40000 cd/m<sup>2</sup> kunnen in sommige situaties als nog te hoog worden gezien. Mijn inziens moet je dat afhankelijk maken van de basishelderheid van bijv. je beeldscherm luminantie. Werk je met een donker schermachtergrond bijv. 10 cd/m<sup>2</sup> dan leveren 100 cd/m<sup>2</sup> een zeer verstorende helderheidsindruk op. Bij gebruik van een wit beeldschermachtergrond bijv. 90 cd/m<sup>2</sup> dan zit je bij een verhouding 1:10 reeds bij 900 cd/m<sup>2</sup> op een maximum.”

- De verhouding tussen de luminantie van het raam en de luminantie van de strook tussen de ramen (kozijn of muur) moet kleiner zijn dan 30:1 voor een persoon die richting het raam kijkt.

$$L_{\text{window}} / 30 * L_{\text{op.facade}} < 1$$

“De luminantie van het raam en de luminantie van de strook tussen de ramen tussen de ramen en kozijn moet eveneens overeenkomen met de verhouding 1: 10. Dit is het resultaat van ons onderzoek bij

Hoogheemraadschap te Leiden waar juist tijdens laagstaande zonstanden in voorjaar en najaar op de voornamelijk de zuid- en westgevels door te hoge helderheden voor het personeel problemen ontstonden.”

“Daarnaast geven jullie aan dat bij een automatisch daglichtsysteem variaties in de daglichttoetreding gedempt dienen te worden. Daar ben ik niet mee eens want juist de variabiliteit van de lichtwisselingen geeft een toegevoegde waarde aan het daglicht hetgeen wij al eeuwen zijn gewend en onderdeel vormt van het geven van prikkels aan ons hersensysteem voor stimulering van activiteiten.”

Atze Boerstra (Boerstra Binnenmilieu Advies):

- De verhouding tussen de luminantie van een monitor en de luminantie van de muur achter de monitor moet kleiner zijn dan 10:1, waarbij voor de monitor een luminantiewaarde van 100 Cd/m<sup>2</sup> wordt aangenomen.

$$L_{\text{wall.behind.desk}} / 10 * L_{\text{monitor}} < 1, \text{ met } L_{\text{monitor}} = 100$$

“Over die 100 zou je kunnen discussiëren. Veel oudere schermen halen dit niet. En wat met CAD schermen? Daarvoor ook een waarde noemen hier?”

## 5.5 **Commentaar op het gebied van uitzicht**

Ed Rooijackers (Halmos BV adviseurs):

“Het lijkt mij van belang de eisen met betrekking tot daglichttoetreding en uitzicht als onafhankelijke kwaliteiten te beschouwen en niet simpelweg stellen dat dit van belang is voor alle daglichtoppervlakken. Daar meerdere functies en/of ramen in een vertrek aanwezig kunnen zijn. Voor het referentievertrek is dit misschien niet van belang maar voor kantoortuinen of concentratieplekken liggen de eisen anders. Overigens zijn de uitzichteisen uit het nieuwe bouwbesluit verdwenen. Dit is een inrichtingsaspect en staat los van de daglichttoetreding wat een gebouwaspect is.

Uitgaan van dit soort eisen voor elke plek binnen die ruimte stelt onnodig zware eisen, omdat dan alle mogelijke inrichtingsvarianten dienen te worden beschouwd. Inclusief mogelijk zicht op te heldere vlakken vanaf iedere plaats binnen betreffende ruimte.”

Just Renckens (Renckens Advies):

“Uitgaande van bedienbare (op/neer) en instelbare (hoek lamellen) zonwering: X=0. Dit ook al vanwege de te grote helderheidsverschillen in het raamvlak indien X>0.”

Jan Meutzner (MeMa groep):

“[Jullie genoemd prestatie-eis "vanaf de werkplek dient men vrij uitzicht te hebben" geldt op alle tijdstippen tijdens een werkdag waar geen directe zoninstraling op de gevel

respectievelijk het desbetreffende raam aanwezig is. Tijdens directe zoninstraling moeten maatregelen worden genomen voor zonwering die kunnen bestaan uit bijv. het creëren van een schaduw situatie of gebruik maken van retro reflectietechnieken. Op dat moment is geen vrij uitzicht naar buiten mogelijk. Voor wat betreft het vrije vlak van uitzicht kan deze in hoogte worden beperkt door vanaf het onderkant kozijn een hoogte van 500 mm te bepalen (men kan dan vanuit zijn/haar zittende werkhouding onbelemmerd naar buiten kijken), wel de totale breedte van het raam erbij betrekken.”

Atze Boerstra (Boerstra Binnenmilieu Advies):

“Ik mis eisen aan de regelbaarheid/beïnvloedbaarheid van de gevel c.q. het daglichtsysteem. in mijn ogen wijst zeer veel onderzoek (en mijn persoonlijk ervaring bij gebouwonderzoek) er zeer duidelijk op dat binnenmilieukwaliteit definiëren alleen in technische prestatie-eisen problemen geeft: de tevredenheid van gebouwgebruikers wordt namelijk niet alleen bepaald door bijv. de hoeveelheid daglicht op de werkplek maar ook door de mogelijkheden die hen gegeven wordt om e.e.a. aan hun momentane behoeften aan te passen. mijn advies: neem ook prestatie-eisen op als: luminantie van de hemelkoepel, de lichtverdeling in de ruimte, de hoeveelheid licht op de werkplek etc is te beïnvloeden door de gebouwgebruikers over een range van ... tot ... (of zoiets). natuurlijk kan men ook de makkelijke weg kiezen en middeleisen noemen als: zorg voor knop waarmee kunstlicht aan en uit is te schakelen, zorg voor lichtwering die per kamers door gebruikers zelf op en neer is te halen of te verdraaien etc.”

Waarnemen, men moet optisch onvervormd het weertype en het straatbeeld kunnen waarnemen

“Ik mis hier eisen t.a.v. kleur & zta-waarde beglazing. En misschien moet er iets toegevoegd worden hoe men eventuele lamellen (hor. vert) ervaart??”

Frans Taeymans (Etap Verlichting):

“Het uitzicht dient beïnvloedbaar door de gebruiker te zijn.”

Tom Haartsen (Climatic Design Consult)

“Daglichtsystemen moeten geen belemmering vormen voor een goede beleving van de buitenwereld.”

“Wij stellen voor om te overwegen voor uitkijk en doorzicht e.e.a te beperken tot een functionele eis. In geval van eventuele prestatie-eisen voldoende ruimte laten aan architecten/productontwikkelaars om, voor een kennisgebied bij uitstek van de architect (in het ideale geval), n.l. de beleving van de ruimte en de buitenwereld, creatieve oplossingen te genereren.”

## **5.6 Commentaar op het gebied van additionele kosten en terugverdientijd**

Atze Boerstra (Boerstra Binnenmilieu Advies):

“De additionele kosten mogen maximaal **10%** hoger zijn dan de kosten voor een vierkante meter gevel van het bestaande of te ontwerpen gebouw waarbij de aanschafprijs voor de verlichting ook in de gevelkosten wordt meegenomen.”

“De terugverdientijd dient kleiner of gelijk aan **5** jaar te zijn.”

Paul Settels, (ING Arbo adviseur):

“De terugverdientijd dient kleiner of gelijk aan **3** jaar te zijn. “

Frans Taeymans (Etap Verlichting):

“Gevelkosten zijn een moeilijke en onrealistische referentie.”

“Gezien het in absolute termen beperkte besparingspotentieel lijkt 10 jaar als terugverdientijd mij realistischer dan bijv. 3 jaar. Heeft mijns inziens wel als consequentie dat de toepassing, zuiver economisch gezien slechts rendabel wordt na subsidiering.

Wat is het theoretische besparingspotentieel? Berekend voor ons ref. kantoor, met installatie van 12W/m<sup>2</sup> ongeregeld aan 2500h/jaar gebruik is jaarverbruik +/-600kWh; met een daglichtafhankelijke regeling zou dit naar onze ervaring kunnen dalen tot +/-400kWh. In gulden uitgedrukt +/- 200 Fl, resp. 130Fl. Een "ideaal" daglichtsysteem zou theoretisch max. besparing kunnen opleveren van 130 Fl en niet meer mogen kosten dan +/-400 Fl. Voor een niet-ideaal maar wel technisch haalbaar systeem schatten we het bijkomend besparingspotentieel (bovenop daglichtafh. geregeld ref. kantoor) +/-50%, dus +/- 65 Fl/jaar; zou dus niet meer dan +/- 200 Fl mogen kosten.”

Just Renckens (Renckens Advies):

“De eerste X hangt af van de tweede gevraagde X. Voor X2 acht ik een periode van 10 jaar reëel. Dit ook vanwege de afschrijving van het daglichtsysteem. Let op: bij de economische beoordeling dient de afschrijving meegenomen te worden (staat niet in de tekst van de prestatie-eis).”

Ed Rooijackers (Halmos bv adviseurs):

“Voor kosten/baten analyses is het ongelooflijk moeilijk aan te geven wat acceptabel is. Dit is naar mijn mening iets waar iedere gebouw eigenaar opdrachtgever zijn persoonlijke keuzes maakt. Hierom is het zinloos dergelijke beschouwingen in een algemene context te plaatsen. Uit de praktijk blijkt dat met name de referentiesituaties en daarmee de referentie-investeringen zeer sterk kunnen verschillen. Een systeem als door ons ingebracht in het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft een slechte terugverdientijd. Zodat de conclusie zou luiden dit systeem niet toe te passen. Als echter dezelfde argumenten op Photovoltaïsche zonne-energie zouden worden toegepast dan zouden wij dit nergens meer installeren daar het daglichtsysteem van Rijnland altijd nog een betere terugverdientijd heeft dan PV-cellen. Voor PV is echter wel veel draagvlak te vinden.

Veel verbeteringen zijn echter al mogelijk zonder dat dit direct tot additionele kosten aanleiding geeft. Met name de laatste 5% besparing op verlichtingsenergie kost veel. Een conclusie die Laurens Zonneveld en ik gedurende de studie naar diverse systemen voor het Hoogheemraadschap van Rijnland in De EP++ studie hebben vastgesteld. “

Jan Meutzner (MeMa groep):

“Ik werk nu zeker 6 jaar met advisering en realisatie van daglichtsystemen. Echter is daar ten allen tijden de beslissende keuzefactor de lichtkwaliteit van daglicht op je werkplek te transfereren waardoor gezondheids- en ergonomische aspecten het uitgangspunt zijn. Het selecteren van daglichtsystemen op basis van terugverdientijden is een onjuiste insteek. Echter zijn energiebesparingsdoeleinden een gunstig bijverschijnsel bij het gebruik en toepassing van daglichtsystemen. Daarnaast zijn er nog andere besparingen die bij het gebruik van daglichtsystemen ontstaan bijv. verlenging remplaceerperioden kunstverlichting door reductie van het aantal branduren per jaar. Dit heeft gunstige gevolgen voor ons milieu door een minder aanbod van te recyclen Hg (kwik), door verplaatsing van lichtornamenten in richting raam is te

overwegen een verlaagd plafond misschien niet toe te passen want dan kan beter klimaattechnisch van het accumulerend effect van het beton worden ingespeeld voor afkoeling van het bouwlichaam tijdens de nachturen, er is te overwegen geen of een kleinere koelmachine toe te passen aangezien juist tijdens de zomermaanden bij directe zoninstraling geen kunstverlichting in bedrijf is en daardoor de bewuste warmte belasting van de kunstverlichting (in de regel tussen 8 en 10 W/m<sup>2</sup>) niet hoeft te worden weggekoeld.”

Tom Haartsen (Climatic Design Consult)

“Succesfactoren bij marktintroductie zijn lang niet altijd terug te voeren op rationele economische overwegingen. Willen de economische overwegingen een rol spelen dan moeten terugverdientijden (die wel het matigste economische afwegingscriterium vormen, rationaliteit is gediend met de concepten van NCW of IRR) voor marktsectoren rond maximaal 5 jaar liggen. Besluitvorming in het architectonische ontwerpproces vindt plaats op andere gronden.

Als het gaat om techniekontwikkeling dan zien we dat ook buitengewoon oneconomische technieken soms worden toegepast (denk aan de kosten per ton CO<sub>2</sub> reductie voor PV).”

“Wij stellen voor om voor de "economie" geen prestatie-eis op te nemen. De markt zorgt wel voor een ordening die we voor sommige systemen toch niet kunnen voorspellen. Hoe bepaal je immers ook de terugverdientijd van de marmervloer ? “

## 5.7 De beslissingen van de klankbordgroep

Tijdens de derde bijeenkomst van de klankbordgroep werd door het commentaar van het daglichtnetwerk heengelopen. De volgende beslissingen werden genomen:

### *Betreft de lay-out*

- Een prestatie-eis is een kwantificering van de functionele eis. De korte normteksten in de checklist worden naar rechts verschoven tenzij het een ‘zuiver’ functionele eis betreft.
- De eisen die betrekking hebben op dynamiek worden weggehaald bij ‘verlichten’ en naar energiegebruik verschoven omdat de wisselingen in het weerbeeld gebruikt worden om het opgenomen vermogen van de verlichtingsinstallatie te beïnvloeden.
- De eisen uit de normen bij het aandachtspunt ‘energiegebruik’ betreft verlichting worden verschoven naar het aandachtspunt “verlichten” omdat dit een logischer plek is.

### *Betreft de normen*

- Voor de kwantificering van de prestatie-eisen wordt uitgegaan van de thans geldende normen en regelgevingen. Commentaar over wat deze normen in de toekomst zouden kunnen worden is derhalve niet verwerkt.
- Persoonlijke voorkeuren en twijfels ten aanzien van de juistheid van normen worden ook niet verwerkt.
- Er wordt in de checklist een onderscheid gemaakt ten aanzien van de gekwantificeerde eisen die in de normbladen terug te vinden zijn en gekwantificeerde eisen die nog niet algemeen geldend zijn (dus nog niet in aanbevelingen of normbladen terug te vinden zijn) maar die uit Europese onderzoeksprojecten komen. Dit zijn dan tevens aandachtspunten voor verder onderzoek.

- Tevens wordt er in de checklist een onderscheid gemaakt tussen eisen en normen die algemeen geldend zijn voor een ruimte en niet veranderen als er een daglichtsysteem gebruikt wordt. Er moet immers sowieso aan deze eisen voldaan worden. Dit geldt onder andere voor eisen op het gebied van temperatuuroverschrijding, verlichtingssterkte en gelijkmatigheid. De eisen die direct terugrijpen op daglichtsystemen zijn de eisen op het gebied van dynamiek en helderheid.

#### *Betreft Uitzicht*

- De eisen voor uitzicht hebben tot veel commentaar vanuit het daglichtnetwerk geleid. Hieruit bleek dat het erg lastig is om uitzicht in een percentage van het raamoppervlak uit te drukken. Dit principe heeft de klankbordgroep laten varen en er werd besloten de eisen voor uitzicht niet te kwantificeren. Er werd gepleit dat het beter is ervoor te zorgen dat het uitzicht gegarandeerd is wanneer de gebruiker dit wenst. Hiermee wordt de gebruiker centraal gesteld en is de kans dat het daglichtsysteem geaccepteerd wordt groter. De regelbaarheid van het uitzicht is van belang voor de acceptatie van het daglichtsysteem, de gebruiker dient hierop invloed uit te kunnen oefenen. Dit wordt verwoord in de prestatie-eis.
- Betreft het aandachtspunt uitzicht werd ook besloten om een eis te formuleren voor het aanzicht van een gebouw. Een daglichtsysteem mag geen hinder opleveren voor de gebruikers van het tegenoverliggende gebouw.

#### *Betreft Economie*

Bij het aandachtspunt Economie wordt niet meer gerefereerd aan de totale kosten per vierkante meter gevel maar wordt nu de insteek gehanteerd dat daglichtsystemen niet gekozen worden omdat ze zo'n grote bijdrage leveren aan de energiebesparing maar meer omdat ze zorgen voor een aangenaamere subjectieve beleving van de ruimte waardoor de prestaties van de gebruiker van de ruimte omhoog gaan. Dit is moeilijk in een terugverdientijd te vatten. De klankbordgroep heeft derhalve besloten geen uitspraak meer te doen over de kosten en terugverdientijd van daglichtsystemen.

## 6 De uiteindelijke checklist voor daglichtsystemen in kantooromgeving

De uiteindelijke checklist voor daglichtsystemen in kantooromgevingen is hierna weergegeven. Deze checklist is tijdens de derde bijeenkomst van het daglichtnetwerk 14 november 2001 gepresenteerd. Tijdens deze bijeenkomst is de tabel in deze vorm door het daglichtnetwerk als een goed initiatief ontvangen. Er werd geen inhoudelijk commentaar geleverd (dit was immers via de enquête al gebeurd), wel was er bezorgdheid over de manier waarop deze lijst uiteindelijk in de markt gebruikt zou worden. (Bijvoorbeeld dat er alleen nog maar gekozen zou worden op beste 'energiezuinige' prestatie en niet meer op gebruikscomfort en aanzien van daglichtsystemen).



### Checklist voor daglichtsystemen in kantoor situaties (14- 11- 2001)

Aandachtspunt	Aspecten	Functionele eis op het gebied van:	Prestatie eis
Energiegebruik	Verwarmen en Koelen	<u>Thermisch comfort</u> , dit stelt eisen aan het binnenklimaat dat mede door het daglichtsysteem beïnvloedt wordt.	<p><b>De toepassing van een daglichtsysteem moet tot een minder totaal energiegebruik leiden voor verwarmen, koelen en verlichten dan bij het referentie kantoor.</b></p> <p><u>Eisen ten aanzien van het daglichtsysteem:</u></p> <p>De kunstverlichting dient voorzien te zijn van een daglichtregeling. Dat zich op gebruiksvriendelijke wijze aanpast aan de dynamiek van het toetredende daglicht. (de kunstverlichting wordt voor de gebruikers onmerkbaar omlaag en omhoog gedimd al naar gelang de hoeveelheid binnenvallend daglicht)*</p> <p>Bij een automatisch daglichtsysteem: Variaties in de daglichttoetreding dienen gedempt te worden (de vertraging waarmee het daglichtsysteem op kortdurende wisselingen in het weerbeeld reageert)*</p> <p><u>Algemeen geldende eisen voor de ruimte:</u></p> <p>Het samenspel van gebouw, gebouwinstallaties, regelingen en het te verwachten gebruik van het gebouw moet tijdens de gebruiksuren een binnenklimaat in verblijfsruimten met een kantoorfunctie bewerkstelligen zodanig dat de Predicted Mean Vote (PMV) ten minste -0.5 en ten hoogste +0.5 bedraagt (een binnenklimaat waarbij slechts 10% het te warm of te koud vindt).**</p> <p>-de comfortgrenzen (te warm/ te koud) mogen elk met maximaal 5% van de gebruikstijd op jaarbasis worden over- of onderschreden. Dit is verdisconteerd in het seizoensafhankelijke aantal toelaatbare gewogen temperatuuroverschrijdings (GTO-) uren voor beide comfortgrenzen:**</p> <p>- voor verblijfsruimten met een kantoorfunctie is gedurende de zomer-periode een PMV groter dan +0.5 toegestaan tot een maximum van 150 GTO-uren;**</p> <p>- voor verblijfsruimten met een kantoorfunctie is gedurende de winter-periode (en zomerperiode) een PMV kleiner dan -0.5 toegestaan tot een maximum van 150 GTO-uren.**</p>
	Economie	<u>Energiebesparing</u>	
	Verlichten	<u>Dynamiek</u> , dit stelt eisen aan de wijze waarop het daglichtsysteem op het wisselende weerbeeld reageert.	
<p>*(eisen komen niet voort uit normen of regelgevingen)</p> <p>** (richtlijn Rijksgebouwendienst)</p>			

Checklist voor daglichtsystemen in kantooromgevingen (14-11-2001)			
Aandachtspunt	Aspecten	Functionele eis op het gebied van:	Prestatie eis
Verlichten	Kunstverlichting	<u>Visuele prestatie</u> , dit stelt minimum eisen aan de taakverlichting en het voorkomen van verblinding.	<b>Het daglichtsysteem en de kunstverlichting samen dienen een omgeving te creëren waarbinnen aan de functionele eisen voor visuele prestatie en visueel comfort voldaan wordt.</b>
	Dagverlichting	<u>Visueel comfort</u> , dit stelt eisen aan de lichtverdeling over de ruimte, de acceptabele luminantieverhoudingen in de ruimte en de acceptabele luminantie van het daglichtsysteem zelf.	
			<p>Kwantificering:</p> <p><u>Algemeen geldende eisen voor de ruimte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-De verlichtingssterkte op het werkvlak dient minimaal 500 lux te zijn.*</li> <li>-een natuurlijke kleurweergave wordt noodzakelijk geacht. De algemene kleurweergave index van de verlichting dient groter dan 80 te zijn, Ra&gt;80.*</li> <li>-de gelijkmatigheidsindex van de verlichting dient minimaal 0,5 te zijn.*</li> <li>-Tussen de visuele taak en de directe omgeving dient de luminantieverhouding bij voorkeur niet meer dan 3 te bedragen (max. 10 is nog toelaatbaar)*</li> <li>-Tussen de visuele taak en de periferie dient de luminantieverhouding bij voorkeur niet meer dan 10 te bedragen (max. 30 is nog toelaatbaar)*</li> </ul> <p>De verhouding tussen de luminantie van het raam en de luminantie van de strook tussen de ramen (kozijn of muur) moet kleiner zijn dan 30:1 voor een persoon die richting het raam kijkt. **</p> <p><math>L_{window} / 30 * L_{op.facade} &lt; 1</math></p> <p><u>Eisen ten aanzien van het daglichtsysteem:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-de luminantie van de zon door het raam, binnen het gezichtsveld van de personen in de ruimte moet minder zijn dan een bepaald maximum afhankelijk van waar de hoge luminantie optreedt: 1000 cd/m<sup>2</sup> in het midden van het gezichtsveld en 40000 cd/m<sup>2</sup> aan de rand**</li> </ul> <p><math>L_{window.max} / L_{vision.max} &lt; 1</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-De verhouding tussen de luminantie van papier op het bureau voor een persoon en de luminantie van de muur achter het bureau moet kleiner zijn dan 10:1.**</li> </ul> <p><math>L_{desk} / 10 * L_{wall.behind.desk} &lt; 1</math></p> <p><u>Algemeen geldende eisen voor beeldschermen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-de verticale verlichtingssterkte op het beeldscherm dient kleiner dan 500 lux te zijn.*</li> <li>-De verhouding tussen de luminantie van een monitor en de luminantie van de muur achter de monitor moet kleiner zijn dan 10:1, waarbij voor de monitor een luminantiewaarde van 100 Cd/m<sup>2</sup> wordt aangenomen. **</li> </ul> <p><math>L_{wall.behind.desk} / 10 * L_{monitor} &lt; 1</math>, met <math>L_{monitor} = 100</math></p>
*(eisen uit NEN 1890, 1891 en 3087)			
**(eisen uit EU Revis visual comfort criteria)			

Checklist voor daglichtsystemen in kantorsituaties (14- 11- 2001)			
Aandachtspunt	Aspecten	Functionele eis op het gebied van:	Prestatie eis
Uitzicht	Doorzicht	<u>Waarnemen</u> , dit stelt eisen aan de mate waarin het waarnemen beïnvloedt wordt door het daglichtsysteem.	<b>Voor de gebruikers van de ruimte moet bij toepassing van een daglichtsysteem uitzicht gegarandeerd blijven op momenten dat de gebruiker dit wenselijk acht.</b>
	Aanzicht	<u>Overlast</u> , dit stelt eisen aan de mate waarin de omgeving nadelig beïnvloedt wordt door het toepassen van een daglichtsysteem.	<p><b>De toepassing van een daglichtsysteem mag geen hinder opleveren voor de directe omgeving van het gebouw waar het systeem toegepast wordt.</b></p> <p><u>Algemeen geldende eisen voor de ruimte:</u> De gebruiker dient optisch onvervormd het weertype en het straatbeeld te kunnen waarnemen op momenten dat de gebruiker dit wenselijk acht.</p> <p><u>Eisen ten aanzien van het daglichtsysteem:</u> De mate van uitzicht dient regelbaar te zijn door de gebruiker van de ruimte. Het daglichtsysteem mag geen verkleuring van het toetredende daglicht veroorzaken.</p>
(eisen komen niet voort uit normen of regelgevingen)			

Checklist voor daglichtsystemen in kantorsituaties (14- 11- 2001)			
Aandachtspunt	Aspecten	Functionele eis op het gebied van:	Prestatie eis
Economie	Kosten	<u>Prestatie</u> , van de gebruikers van de ruimte.	<b>Daglichtsystemen dienen een positieve bijdrage te leveren aan het creëren van een aangename werkomgeving.</b>
	Baten	<u>Terugverdienen</u> , door verhogen van de prestatie en verlagen van ziekteverzuim.	<p><u>Eisen ten aanzien van het daglichtsysteem:</u> Door de toepassing van daglichtsystemen dienen de prestaties en gezondheid van de gebruikers van de ruimte toe te nemen.</p>
(eisen komen niet voort uit normen of regelgevingen)			

## 7 Voorbeeldberekeningen

### 7.1 Checklist

De checklist met prestatie-eisen uit hoofdstuk 6 bestaat uit de vier aandachtspunten Energiegebruik, Verlichten, Uitzicht en Economie. Hieronder volgt de conversie naar de te berekenen uitvoer, zoals die gedaan is om voor elf voorbeeldsystemen de visuele en energie-prestatie te kunnen bepalen.

#### 7.1.1 *Energiegebruik*

Voor 'energiegebruik' geldt dat per systeem het jaarlijks energiegebruik voor verwarmen en koelen en het energiegebruik voor verlichten moet worden bepaald uitgedrukt in kWh primaire energie (hoeveelheid primaire energie = hoeveelheid elektrische energie / 0.39). Er is gebruik gemaakt van een gasgestookt referentiekantoor dat beschreven is in bijlage D. Voor de wintersituatie wordt uitgegaan van een ideale verwarmingsinstallatie en er zullen dus geen gewogen temperatuur onderschrijdingsuren optreden. In het referentievvertrek is geen koeling opgenomen, maar in overleg met Novem is een ideaal koelsysteem gemodelleerd waardoor voor de zomersituatie ook geen gewogen temperatuuroverschrijdingsuren zullen optreden. Vanwege de soms complexe daglichtsystemen is ervoor gekozen deze berekening uit te voeren met ESP-r, een energiesimulatie programma dat is ontwikkeld bij University of Strathclyde, Schotland.

#### 7.1.2 *Verlichten*

De eisen die voor 'verlichten' zijn gesteld, kunnen met het Revis programma gecontroleerd worden. Wanneer aan alle eisen wordt voldaan berekent het programma een Discomfort Index [DI] van 0. Wanneer voor een van de drie personen in het referentievvertrek aan een of meer criteria niet wordt voldaan zal de DI een waarde groter dan 0 krijgen. Als maat voor de prestatie-eis verlichten is het gemiddelde van de drie personen genomen. Om een idee te krijgen van de mate van hinder tijdens de kantoor tijd is het aantal uur bepaald dat sprake is van lichte hinder ( $DI_{gem} > 0$ ) en het aantal uur dat sprake is van ernstige hinder ( $DI_{gem} > 1$ ). Bij flexibele systemen is per uur gekozen voor de stand (open of dicht) die de minste visuele hinder opleverde. Hoe de DI wordt bepaald is weergegeven in bijlage E.

#### 7.1.3 *Uitzicht*

Bij het onderdeel 'uitzicht' worden twee eisen gesteld: Onvervormd uitzicht & Geen verkleuring daglicht. Voor alle systemen geldt dat de gebruiker een optisch onvervormd uitzicht kan hebben door instellingen te wijzigen (bijvoorbeeld door de lamellen te openen), maar omdat er twee of drie personen in de ruimte aanwezig zijn kan dit voor de andere persoon hinder opleveren. Hier wordt verder niet op ingegaan. Aan de eis dat het daglichtsysteem geen verkleuring van het toetredende daglicht mag veroorzaken wordt niet voldaan door systeem 9: getint glas. Zelfs wanneer voor het glas grijstinten worden gebruikt, en er dus geen 'verkleuring' van het daglicht optreedt, vindt er toch een vertekend beeld van de werkelijke daglichtsituatie plaats (versombering). Alle andere systemen voldoen wel, omdat wanneer de gebruiker dit wenst het daglichtsysteem geopend kan worden. Wanneer de systemen gesloten zijn is er in de meeste gevallen beperkt uitzicht. Verschillen in uitzicht is voor gesloten systemen niet onderzocht.

### 7.1.4 Economie

Tenslotte is er een eis voor 'economie' geformuleerd: "door de toepassing van daglichtsystemen dienen de prestaties en gezondheid van de gebruikers van de ruimte toe te nemen". Er wordt van uitgegaan dat de ratio daglicht versus kunstlicht een maat is voor de prestatie en gezondheid van de gebruikers, omdat wetenschappelijk is aangetoond dat de prestatie en gezondheid van werknemers o.a. beïnvloed wordt door de hoeveelheid beschikbaar daglicht. Ook wordt het percentage van de kantoor tijd berekend waarbij de zonwering in het daglichtsysteem opgetrokken is. De ratio's worden met het Revis programma bepaald.

### 7.1.5 Overzicht van te berekenen grootheden

In tabel 7.1 zijn de te berekenen grootheden samengevat.

Tabel 7.1: Te berekenen grootheden.

Energie	Jaarlijks energiegebruik voor warmte in kWh primaire energie
	Jaarlijks energiegebruik voor koeling in kWh primaire energie
	Jaarlijks energiegebruik voor verlichting in kWh primaire energie
Verlichten	Percentage van de kantoor tijd dat $DI_{gem} > 0$ : lichte hinder
	Percentage van de kantoor tijd dat $DI_{gem} > 1$ : ernstige hinder
Uitzicht	Geen extra berekening noodzakelijk
Economie	Percentage daglicht van de totale lichthoeveelheid tijdens kantoor tijd
	Percentage van de kantoor tijd dat het daglichtsysteem 'open' is

## 7.2 Geselecteerde daglichtsystemen

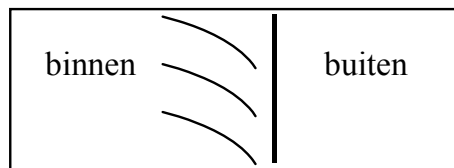
In overleg met Novem is een selectie gemaakt van elf veelvoorkomende of interessante daglichtsystemen, weergegeven in tabel 7.2.

Tabel 7.2: Geselecteerde systemen.

	Stelsel	ZTA [-]	LTA [-]	U [W/m <sup>2</sup> .K]
<b>A</b>	Dubbelglas, zonder zon- of helderheidswering	0,57	0,71	1,52
<b>B</b>	Flexibele horizontale lamellen binnen	-	-	-
<b>1</b>	A + B	0,41	0,16	1,56
<b>2</b>	A + flexibele horizontale lamellen buiten	0,11	0,13	1,39
<b>3</b>	A + flexibele verticale lamellen binnen	0,41	0,16	1,56
<b>4</b>	A + flexibel rolgordijn binnen	0,34	0,06	1,49
<b>5</b>	A + flexibel screen buiten	0,12	0,11	1,51
<b>6</b>	A + B + lichtplank (50 cm diffuus reflecterend)	bovenraam = <b>A</b> ; benedenraam = <b>1</b>		
<b>7</b>	A + B + grote vaste horizontale lamellen buiten	bovenraam = <b>2</b> ; benedenraam = <b>1</b>		
<b>8</b>	Klimaatgevel met horizontale lamellen (B) zomer winter	0,20	0,14	0,58
		0,37	0,14	1,29
<b>9</b>	Getint glas	0,37	0,14	1,29
<b>10</b>	Spectraal selectief glas + B	0,22	0,08	1,12
<b>11</b>	A + B: optimaal bovenraam, flexibel onderraam	bovenraam = <b>A</b> ; benedenraam = <b>1</b>		

### 7.3 Berekeningen

De berekeningen zijn uitgevoerd met het Test Reference Year [TRY] van de locatie De Bilt waarbij de daglichtsystemen zijn gemodelleerd in het standaard referentievertrek, zie bijlage D. In het geval van bedienbare systemen is er met twee standen gerekend: open of gesloten. In de ‘open stand’ is het systeem indien mogelijk voor het raam opgetrokken. Voor de systemen 1, 2, 6, 7 (onderraam), 8 (onderraam), 10, 11 (onderraam) staan de lamellen in de ‘gesloten stand’ onder een hoek van 45° graden verdraaid, met de bovenkant van de lamellen naar buitengericht (figuur 7.1). Bij systemen 4 en 5 is in de ‘gesloten stand’ het doek of de screen helemaal neergelaten. Systeem 3 kent ook twee standen: in een stand staan de verticale lamellen half open 45° rechtsom gedraaid en in de ander stand half open 45° linksom gedraaid, ten opzichte van het gevelvlak. De referentie A en systeem 9 hebben geen schakeloptie en zijn dus gedurende het jaar in één stand gemodelleerd.



Figuur 7.1: Zij aanzicht; horizontale lamellen, met de bovenkant naat buiten gericht.

Per uur wordt met behulp van Revis bepaald of het systeem in open of gesloten stand de gunstigste visuele omstandigheden veroorzaakt; de visueel optimale stand wordt gekozen. De informatie of het daglichtsysteem open of gesloten is, wordt in ESP-r ingevoerd. Per uur is het energiegebruik voor verlichten, koelen en verwarmen bepaald. Uit de uurlijkse waarden is een jaartotaal bepaald. Alle daglichtsystemen zijn gesimuleerd op twee verschillende oriëntaties: noord en zuid.

### 7.4 Resultaten

De resultaten zijn samengevat in de tabellen 7.3A en 7.3B.

Tabel 7.3A: Resultaten voor de referentie en elf daglichtsystemen voor TRY De Bilt, oriëntatie zuid.

Z U I D	Energie				Verlichten		Uitzicht		Economie	
	Warmte [kWh-p]	Koeling [kWh-p]	Licht [kWh-p]	Totaal [kWh-p]	% hinder		Onver- vormd uitzicht	Onge- kleurd daglicht	% daglicht	% open stand
					DI>0	DI>1				
A	840	390	560	1790	92%	26%	√	√	62%	100%
1	880	350	840	2070	68%	0.3%	√	√	43%	23%
2	1030	100	840	1970	68%	0.3%	√	√	43%	23%
3	850	380	800	2030	68%	0%	√	√	46%	0%
4	870	340	1180	2390	73%	5%	√	√	20%	24%
5	1010	120	1080	2210	77%	14%	√	√	27%	23%
6	890	330	720	1940	65%	1%	√	√	51%	24%
7	920	260	850	2030	71%	0.3%	√	√	42%	24%
8	690	260	840	1790	68%	0.3%	√	√	43%	23%
9	1080	230	970	2280	90%	19%	√	-	34%	100%
10	960	120	840	1920	68%	0.3%	√	√	43%	23%
11	860	360	700	1920	74%	1%	√	√	53%	26%

Tabel 7.3B: Resultaten voor de referentie en elf daglichtsystemen voor TRY De Bilt, oriëntatie noord.

N O O R D	Energie				Verlichten		Uitzicht		Economie	
	Warmte [kWh-p]	Koeling [kWh-p]	Licht [kWh-p]	Totaal [kWh-p]	% hinder		Onver- vormd uitzicht	Onge- kleurd daglicht	% daglicht	% open stand
					DI>0	DI>1				
A	1070	160	580	1810	87%	1%	√	√	61%	100%
1	1070	160	1010	2240	45%	0%	√	√	31%	29%
2	1080	160	1010	2250	45%	0%	√	√	31%	29%
3	1070	160	960	2190	32%	0%	√	√	35%	0%
4	1070	160	1280	2510	87%	0%	√	√	13%	31%
5	1080	160	1250	2490	68%	0.3%	√	√	15%	30%
6	1100	140	900	2140	40%	0%	√	√	39%	28%
7	1120	100	980	2200	48%	0%	√	√	33%	31%
8	890	200	1010	2100	45%	0%	√	√	31%	29%
9	1370	60	1070	2500	43%	1%	√	-	27%	100%
10	1100	70	1010	2180	45%	0%	√	√	31%	29%
11	1070	160	830	2060	56%	0%	√	√	44%	26%

## 7.5 Energie ranking

Op verzoek van Novem wordt per oriëntatie een ranking gegeven die gebaseerd op het energiegebruik. Er moet opgemerkt worden dat de spreiding in energiegebruik klein is; op de zuidgevel is het verschil tussen het laagste en het hoogste energiegebruik slechts 34% en op de noordgevel 37%.

Systemen die uit het oogpunt van verlichten, uitzicht of economie niet acceptabel zijn worden niet in de ranking meegenomen. Criteria hiervoor zijn:

Verlichten Systemen mogen tijdens kantoortijd maximaal 1% ernstige hinder (DI>1) en maximaal 80% lichte hinder (DI>0) veroorzaken.

Uitzicht Systemen moeten daglicht onvervormd en ongekleurd door laten.

Economie Systemen moeten minimaal een bijdrage van 30% daglicht op de totale lichthoeveelheid tijdens kantoortijd hebben.

### 7.5.1 Top vier daglichtsystemen

Van alle systemen die aan de genoemde criteria voldoet, komt de klimaatgevel energetisch op de zuidgevel als beste en op de noordgevel als tweede uit de bus.

Het systeem met een leeg bovenraam en horizontale lamellen voor het benedenraam komt energetisch op de zuidgevel als tweede, samen met spectraal selectief glas, en op de noordgevel als beste uit de bus. Spectraal selectief eindigt op het noorden op een vierde plaats.

Ook de lichtplank heeft een leeg bovenraam en eindigt hierdoor hoger dan verwacht op de zuidgevel als vierde en op de noordgevel als derde in onze energie ranking.

Tabel 7.4: *Energie ranking voor acceptabele systemen op het gebied van verlichten, uitzicht en economie oriëntatie noord en zuid.*

	Zuid	Noord
1	klimaatgevel	optimaal bovenraam, flexibel onderraam
2	spectraal selectief glas + hor. lam	klimaatgevel
3	optimaal bovenraam, flexibel onderraam	lichtplank + horizontale lamellen
4	lichtplank + horizontale lamellen	spectraal selectief glas + hor. lam
5	horizontale lamellen buiten	verticale lamellen binnen
6	verticale lamellen binnen	grote vaste hor. lamellen buiten
7	grote vaste hor. lamellen buiten	horizontale lamellen binnen
8	horizontale lamellen binnen	horizontale lamellen buiten

### 7.5.2 *Flexibele systemen*

De flexibele systemen zoals de horizontale lamellen, binnen of buiten, de verticale lamellen binnen en de horizontale lamellen gecombineerd met grote vaste horizontale lamellen voldoen allemaal aan de criteria voor verlichten, uitzicht en economie. Ze eindigen echter zowel op de zuidgevel als op de noordgevel op de plaatsen vijf tot en met acht. Er moet echter worden vooropgesteld dat de flexibele systemen tekort worden gedaan omdat we slechts twee systemen met elkaar kunnen vergelijken. Bij horizontale lamellen wordt slechts een vaste stand van de lamellen toegestaan (45° gedraaid) naast een geheel geopend systeem en bij verticale lamellen vergelijken we 45° naar rechts gedraaid met 45° naar links gedraaid. Alle tussenvormen, die wellicht in sommige situaties de voorkeur zouden verdienen, worden niet meegenomen.

### 7.5.3 *Niet acceptabele systemen*

Onder de systemen die uit het oogpunt van verlichten, uitzicht en economie niet voldoen aan de criteria vinden we zoals verwacht het referentie systeem met alleen dubbel glas en uit het oogpunt van daglicht verkleuring ook het getinte glas. Naast deze twee systemen worden ook het rolgordijn binnen en het screen buiten uitgesloten. Deze systemen laten wanneer ze gesloten zijn weinig daglicht door en veroorzaken daardoor tegelijkertijd grote helderheidsverschillen in het gevelvlak. Hierdoor voldoen ze niet aan de gestelde criteria voor economie en verlichten.

## 7.6 **Conclusies**

De prestatie-eisen zoals afgeleid met de klankbordgroep zijn succesvol toegepast op 11 voorbeeldsystemen. De absolute waarde van de getallen wordt voor een groot deel bepaald door de gekozen parameters van de daglichtsystemen zelf en van het referentievertrek en kunnen derhalve niet als op zichzelf staande getallen worden beoordeeld. De resultaten voor energiegebruik van acceptabele systemen op het gebied van verlichten, uitzicht en economie kunnen goed met elkaar worden vergeleken. Het wordt echter wel als een beperking ervaren dat de investeringskosten niet als prestatie-eis zijn aangemerkt door de klankbordgroep en daarom niet in de vergelijking zijn meegenomen.

Systemen met een leeg bovenraam (lichtplank, optimaal bovenraam) en energie-efficiënte systemen (klimaatraam, spectraal selectief glas) voldoen energetisch als beste. De eerste categorie is schematisch weergegeven in figuur 7.2. Er geldt dat het bovenraam (lichtraam) zoveel mogelijk licht doorlaat en het onderraam (zichtraam) een helderheidwering heeft die zo flexibel mogelijk is. Een lamellen systeem heeft hierbij



de voorkeur boven een rolgordijn of een screen omdat daarbij meer daglichttoetreding mogelijk is.



*Figuur 7.2: Goede combinatie van licht en zicht.*

Delft, 3 mei 2002  
GTE/novem/vnm

Dr. I.J. Opstelten  
Hoofd afdeling Gezonde Gebouwen en Installaties

Dr.ir. E.H. de Groot  
Auteur

## Referenties

- [1] Discussiestuk Energetisch optimaal gebruik van daglicht in kantoorgebouwen, Dr. Ir. E.H. de Groot & Ir. M.E. Spiekman, 31 –5-2001, TNO rapport 2001 G&I-R035
- [2] <http://www.rijksgebouwendienst.nl/bouwfys/Bouwfysica.htm>
- [3] NEN 1890; binnenverlichting functionele eisen, Nederlands normalisatie instituut, 1991
- [4] NEN 1891; meetmethoden voor verlichtingssterkten en luminanties, Nederlands normalisatie instituut, 1994
- [5] NEN 3087; Ergonomie- visuele ergonomie in relatie tot verlichting- principes en toepassingen, Nederlands normalisatie instituut, 1997
- [6] Aanbevelingen voor binnenverlichting, Uitgegeven door de Nederlandse stichting voor verlichtingskunde, NSVV nr. BV-400, 1981
- [7] Ooyen Ir. M. H. F. van, Handboek verlichtingstechniek – Hoofdstuk 1, Uitgegeven door Ten Hagen Stam, nov. 2001
- [8] Begemann et al., “Acceptance and preference of illuminances in offices (1994-1997)” in proceedings LUX Europe, Amsterdam 1997
- [9] Dijk, H.A.L. van et al., “Visual comfort criteria” EU working document (2000), TNO Bouw, Delft
- [10] Dijk, D. van “Reference office for thermal, solar and lighting calculations” (2001), IEA task 27 report.

## Bijlage A Overzicht aspecten en bijbehorende prestatie-eisen

Overzicht van aspecten en bijbehorende prestatie eisen die van belang zijn bij het optimaal presteren van daglichtsystemen.[uit: Energetisch optimaal gebruik van daglicht in kantoorgebouwen'-Dr. Ir. E. de Groot, Ir. M. Spiekman-TNO rapport 2001-G&I-R035]

<b>Randvoorwaarden</b>	<b>Aspect</b>	<b>Functionele eis</b>	<b>Prestatie-eis</b>
<i>Energie</i>	Verwarming & Koeling	Het energiegebruik moet zo laag mogelijk zijn in de verschillende seizoenen.	Beoordeling energiegebruik voor verwarmen en koelen, afhankelijk van oriëntatie, $U_{\text{raam}}$ en ZTA.
	Verlichting	Er moet optimaal gebruik gemaakt worden van daglicht, zowel op momenten met weinig als met (te) veel zonlicht.	Elektriciteitsgebruik in W/m <sup>2</sup> vloeroppervlak.
<i>Visueel comfort primair</i>	Verlichtingsterkte	Het lichtniveau moet voldoende zijn om kantoorwerkzaamheden te verrichten.	Edesk > 500 lux
	Helderheid van zon	Hinderlijk zonlicht moet geweerd kunnen worden.	Lwindow / Lopaque.facade < 30 Lwindow / Lvision.max < 1
	Helderheidverhoudingen	Luminantieverschillen in het gezichtsveld van de kantoorbewoner(s) mogen niet te groot zijn.	Emonitor < 500 lux Lwall.behind.desk / Lmonitor(=100) < 10 Ldesk / Lwall.beind.desk < 10
	Daglichtverdeling	Het daglicht moet goed verdeeld zijn over de ruimte	EdeskA / EdeskB < 10

<b>Randvoorwaarden</b>	<b>Aspect</b>	<b>Functionele eis</b>	<b>Prestatie-eis</b>
<i>Uitzicht</i>	Uitzicht/doorzicht	Vanaf de werkplek moet het weertype en het straatbeeld waargenomen kunnen worden.	Functie van: transmissie (direct, afgebogen, diffuus en verstrooid); reflectie tegen daglichtsysteem; obstructie door daglichtsysteem (porositeit).
<i>Beleving</i>	Kleur daglicht	De kleur van het daglicht moet zo natuurlijk mogelijk doorgelaten worden.	**** Kleurweergave minimaal 95% *** Kleurweergave tussen 90- 95% ** Kleurweergave tussen 85-90% * Kleurweergave tussen 80-85% Appendix A Kleurweergave minder dan 80% (bepaald met het daglichtspectrum D65)
<i>Ergonomie</i>	Gebruikersvriendelijkheid bediening	De bediening van het systeem moet eenvoudig zijn, zowel wat betreft bereikbaarheid als gebruikersvriendelijkheid	**** Automatisch instelbaar vanaf werkplek *** Eenvoudig handmatig instelbaar (staand of zittend) ** Lastig handmatig instelbaar (op of onder iets kruipen) * Niet individueel instelbaar (automatisch via gebouwbeheersysteem) - Niet instelbaar
<i>Visueel comfort secundair (1)</i>	Aanpasbaarheid	Het daglichtsysteem moet aan te passen zijn (aan weer, seizoen en takenpakket van de gebruiker): omhoog/omlaag, kantelen/draaien lamellen, LTA instelbaar	**** Traploos instelbaar. *** In minimaal 4 standen instelbaar ** In minimaal 3 standen instelbaar * In 2 standen instelbaar - Een stand

<b>Randvoorwaarden</b>	<b>Aspect</b>	<b>Functionele eis</b>	<b>Prestatie-eis</b>
<i>Visueel comfort secundair (2)</i>	Materiaalgebruik	Er dienen zo min mogelijk hinderlijk spiegelende materialen in het gezichtsveld gebruikt te worden, zowel aan de binnenkant als aan de buitenkant van het daglichtsysteem.	**** Geen spiegelende materialen *** 0-10% spiegelende materialen ** 10-20% spiegelende materialen * 20-30% spiegelende materialen - Meer dan 30% spiegelende materialen
<i>Thermisch comfort</i>	Stralingsasymmetrie	Het daglichtsysteem mag niet een veel lagere temperatuur aannemen dan de andere vlakken in de ruimte bij een buitentemperatuur van $-10^{\circ}\text{C}$ .	Hedendaagse daglichtsystemen leveren geen risico op dit gebied.
<i>Economie</i>	Aanschafkosten	De aanschafkosten en installatiekosten van het daglichtsysteem moeten zo laag mogelijk zijn.	**** € 0,- - € 500,- per m <sup>2</sup> raamoppervlak *** € 500,- - € 1000,- ** € 1000,- - € 1500,- * € 1500,- € 2000,- - duurder dan € 2000,-
	Onderhoudskosten	Het systeem moet een redelijke levensduur hebben en binnen deze termijn onderhoudsarm zijn	**** € 0,- - € 0,50 per m <sup>2</sup> raamopp. per jaar *** € 0,50 - € 1,- ** € 1,- - € 1,50 * € 1,50 - € 2,- - meer dan € 2,-
	Levensduur	Het systeem moet een redelijke levensduur hebben en binnen deze termijn onderhoudsarm zijn	**** 25 jaar of langer *** 20-25 jaar ** 15-20 jaar * 10-15 jaar - korter dan 10 jaar

## Bijlage B Besprekingsverslag 1 (25-9-01)

**Aan**

Ton Begemann, Rien van der Voorden, Tjerk Reijenga, Harry Hoiting, Ellie de Groot, Juliet van Putten, Dick van Dijk, Frans Taeymans

**Van**

Juliet van Putten

**Aanwezig**

alle bovenstaande personen

**Kopie aan**

Marleen Spiekman, Marco Kavelaars

Door TNO Bouw is 29 mei tijdens de bijeenkomst van het kennisnetwerk daglicht een presentatie gehouden over “energetisch optimaal gebruik van daglicht in kantoorgebouwen”. Zoals verwacht ontstond er op een aantal punten ten aanzien van de definitie van prestatie eisen van daglichtsystemen nog discussie.

Novem vindt het wenselijk dat er binnen het daglichtnetwerk consensus bestaat over wat de prestatie eisen van daglichtsystemen dienen te zijn teneinde diverse systemen onderling met elkaar te kunnen vergelijken. Hiertoe is er door TNO een klankbordgroep in het leven geroepen die bestaat uit de bovengenoemde 8 tal leden van het daglichtnetwerk.

De eerste klankbordgroepbespreking heeft plaatsgevonden bij TNO dd 25 september. Als uitgangspunt van de discussie diende het verslag “Discussiestuk; Energetisch optimaal gebruik van daglicht in kantoorgebouwen” waarin reeds een voorstel is gedaan voor prestatie eisen van daglichtsystemen.

Als referentieruimte wordt het referentievertrek gebruikt wat in verschillende nationale en internationale TNO projecten is samengesteld zonder additionele daglichttoetreding beïnvloedende elementen. Hiermee wordt context vastgelegd. Er wordt geen rekening gehouden met de stedelijke context. Daklichten worden in eerste instantie buiten beschouwing gelaten.

Hieronder volgt een samenvatting van de meest belangrijke prestatie eisen zoals ze in de discussie naar voren kwamen:

Tijdens de discussie die ontstond bleek al snel dat luminantieverdeling en luminantiegrenzen een grote rol spelen in de beoordeling van een daglichtsysteem. *‘Het daglichtsysteem wordt als verlichtingsarmatuur behandeld’*. In een laboratorium situatie wordt een transmissie-distributie functie bepaald (er wordt gemeten hoeveel licht er onder verschillende hoeken door komt). Hiermee beoordelen we het visueel comfort. De luminantieverhoudingen zijn wetenschappelijk vastgesteld na jaren van onderzoek en hebben bewezen goede kwantitatieve richtlijnen voor comfort te zijn. Belangrijk bij de beoordeling van het daglichtsysteem op visueel comfort is ook nog het

feit dat het systeem ‘aanpasbaar’ moet zijn voor de gebruiker van de ruimte zodra de bovengrens van de aanvaardbare helderheid wordt bereikt.

De thermische prestatie van het systeem wordt uitgedrukt in het effect op de energiereductie van de koellasten en warmtelasten van de gekozen referentieruimte. Het energiegebruik moet uitgedrukt worden in een energiegebruik per jaar, maar er moet tevens gekeken worden naar extreme situaties in de winter en in de zomerperiode.

Een andere eis die nog naar voren kwam was dat het systeem uitzicht naar buiten moet bieden voor de gebruiker van de ruimte. Het deel van het geveloppervlak op ooghoogte van een zittende persoon moet dus vrijblijven van het daglichtsysteem. (Vanaf 1,1 meter tot 1,3 ?).

De energiebesparing en terugverdientijd van het systeem moet gerefereerd worden aan een kunstlichtsituatie zonder daglichtsysteem. Het daglichtsysteem dient toegepast te worden in samenwerking met armaturen met een daglichtregeling. De investering in een daglichtsysteem impliceert derhalve ook investeren in armaturen met een daglichtafhankelijke regeling.

Van alle prestatie-eisen wordt zowel een fysische waarde gegeven als , indien mogelijk een waardeoordeel. Dus bijvoorbeeld: “de maximale luminantie met daglichtsysteem A is 40.000 cd/m<sup>2</sup>; dit wordt over het algemeen in kantoor situaties als hinderlijk ervaren”.

Volgende bijeenkomst: dinsdag 2 oktober, 10.00 tot 12.00 bij TNO kamer LM 3.201

### **Bijlage tabel**

Tabel eerste bijeenkomst

<b>Randvoorwaarden</b>	<b>Aspect</b>	<b>Functionele eis</b>	<b>Prestatie eis</b>
<i>Energie</i>	Verwarming & Koeling	Het energiegebruik moet zo laag mogelijk zijn in de verschillende seizoenen.	Energiereductie warmtelasten minimaal --- Energiereductie koellasten minimaal --- <i>Beoordeling energiegebruik voor verwarmen en koelen, afhankelijk van oriëntatie, <math>U_{raam}</math> en ZTA. (Zie EU-project Fenestration)</i>
<i>Visueel comfort</i> <i>(criteria worden onder aan de tabel uitgelegd)</i>	Helderheidverhoudingen	Luminantieverschillen in het gezichtsveld van de kantoorbewoner(s) mogen niet te groot zijn.	Edesk > 500 lux
	Aanpasbaarheid	Het daglichtsysteem moet aan te passen zijn door de gebruiker als de bovengrenzen van de luminantieverhoudingen bereikt worden.	Lwindow / Lopaque.facade < 30 Lwindow / Lvision.max < 1
			Emonitor < 500 lux Lwall.behind.desk / Lmonitor(=100) < 10 Ldesk / Lwall.behind.desk < 10 EdeskA/EdeskB < 10



Tabel eerste bijeenkomst

<b>Randvoorwaarden</b>	<b>Aspect</b>	<b>Functionele eis</b>	<b>Prestatie eis</b>
<i>Uitzicht</i>	Uitzicht/doorzicht	Vanaf de werkplek moet het weertype en het straatbeeld waargenomen kunnen worden.	Het gedeelte in het gevelvlak op ooghoogte van een zittend persoon dient vrij te blijven van het daglichtsysteem. Tussen 1,1 tot 1,3 meter?
<i>Economie</i>	Terugverdientijd	Het systeem* dient zichzelf terug te verdienen door de reductie van de energiekosten tijdens het gebruik.  *daglichtsysteem met daglichtregelbare verlichtingsarmaturen	Terug niet langer dan 7,5 (?) jaar**  **hierbij wordt het systeem vergeleken met de referentieruimte

**Terugverdientijd:** hieronder wordt verstaan de tijd die nodig is om de originele investering in het daglichtsysteem terug te verdienen middels een reductie van het energiegebruik voor het verlichten, koelen en verwarmen van de achterliggende ruimte. De onderhoudskosten zuiver en alleen ten behoeve van het daglichtsysteem worden eveneens in de terugverdientijd meegenomen. De investering van een daglichtsysteem impliceert ook de investering in daglichtregelbare verlichtingsarmaturen.

#### Visueelcomfort criteria:

##### **Criterion 1:** $L_{\text{window.max}} / L_{\text{vision.max}} < 1$

Luminantie van de zon door het raam, binnen het gezichtsveld van de personen in de ruimte moet minder zijn dan een bepaald maximum afhankelijk van waar de hoge luminantie optreedt: 1000 Cd/m<sup>2</sup> in het midden van het gezichtsveld en 40000 Cd/m<sup>2</sup> aan de rand van het gezichtsveld. Dit is nodig om hinderlijke luminatie verschillen te vermijden.

##### **Criterion 2:** $500 / E_{\text{desk}} < 1$

Op het werkvlak moet een verlichtingssterkte van tenminste 500 lux worden bereikt, om voldoende licht te hebben om kantoortaken uit te kunnen voeren.

**Criterion 3:  $E_{\text{desk}} / 500 < 1$** 

De verlichtingssterkte op de monitor mag maximaal 500 lux zijn, om hinderlijke reflecties te voorkomen.

**Criterion 4:  $L_{\text{wall.behind.desk}} / 10 * L_{\text{monitor}} < 1$ , met  $L_{\text{monitor}} = 100$** 

De verhouding tussen de luminantie van een monitor en de luminantie van de muur achter de monitor moet kleiner zijn dan 10:1, waarbij voor de monitor een luminantiewaarde van 100 Cd/m<sup>2</sup> wordt aangenomen.

**Criterion 5:  $E_{\text{deskA}} / 10 * E_{\text{deskB}} < 1$** 

De verlichtingssterkte op bureau A mag maximaal 10 maal zo groot zijn als de verlichtingssterkte op bureau B, om te grote ongelijkmatigheid in verdeling over het vertrek te voorkomen.

**Criterion 6:  $L_{\text{window}} / 30 * L_{\text{op.facade}} < 1$** 

De verhouding tussen de luminantie van het raam en de luminantie van de strook tussen de ramen (kozijn of muur) moet kleiner zijn dan 30:1 voor een persoon die richting het raam kijkt.

**Criterion 7:  $L_{\text{desk}} / 10 * L_{\text{wall.behind.desk}} < 1$** 

De verhouding tussen de luminantie van papier op het bureau voor een persoon en de luminantie van de muur achter het bureau moet kleiner zijn dan 10:1.

## Bijlage C Besprekingsverslag 2 (2-10-01)

**Aan**

Ton Begemann, Rien van der Voorden, Tjerk Rijenga, Harry Hoiting, Dick van Dijk, Frans Taeymans, Juliette van Putten

**Van**

Juliette van Putten

**Afwezig**

Frans Taeymans (fileprobleem), Tjerk Rijenga (reeds andere niet -te-verzetten afspraak)

**Kopie aan**

Ellie de Groot, Marleen Spiekman, Marco Kavelaars

Dit is het besprekingsverslag van de tweede klankboordgroep bijeenkomst d.d. 2 oktober om de prestatie-eisen van daglichtsystemen te definiëren. Als leidraad tijdens de bijeenkomst diende de tabel met prestatie-eisen zoals die tijdens de eerste bijeenkomst geformuleerd waren. Doel van deze tweede bijeenkomst was het verder omschrijven en concretiseren van de eisen die aan daglichtsystemen gesteld dienen te worden. Achterliggende gedachte is om uiteindelijk iets over de 'prestaties' van een daglichtsysteem te kunnen zeggen en systemen onderling te kunnen vergelijken.

**Kanttekeningen:**

De volgende algemene opmerkingen werden nog gemaakt:

- het is belangrijk om in de verslaglegging de context te schetsen waarbinnen daglichtsystemen zich bevinden (zoals visueel, thermisch en energetische aspecten) met een uitleg dat we hier daglichtsystemen behandelen met het zwaartepunt op de energiebesparing en de tabel vanuit dat gezichtspunt samengesteld wordt.
- Om daglichtsystemen geïmplementeerd te krijgen is het belangrijk dat de markt (architecten, adviseurs) hiermee bekend gemaakt wordt. Pas dan zal een tabel waarmee de systemen vergeleken kunnen worden gebruikt worden.

Resultaten van deze tweede bijeenkomst zijn samengevat in de bijgevoegde tabel.

Met het verzoek aan elk van de klankboordgroepleden om hier kritisch naar te kijken en eventuele op- of aanmerkingen **voor 12 oktober** aan mij door te geven.

Hierna zal de enquête voor de daglichtleden voorbereid worden en rondgestuurd. De resultaten hiervan zullen tijdens de laatste klankbordvergadering d.d. 6 november besproken worden.

Volgende afspraak:

-voor 12 oktober commentaar op de tabel

-6 november klankbordbijeenkomst, 10.00- 12.00 bij TNO zaal LM 3.201

**Bijlage tabel**

Tabel tweede bijeenkomst

Aandachtspunten	Aspecten	Functionele eis op het gebied van:	Prestatie-eis
Energiegebruik	Verwarmen  Koelen	<u>Thermisch comfort</u> , zoals gedefinieerd en vastgelegd in EPN, Bouwbesluit en ---.	Bij gebruik van een daglichtsysteem mag het totale energiegebruik voor verwarmen en koelen niet toenemen ten opzichte van het energiegebruik van het referentiekantoor. Wel mag er een verschuiving plaatsvinden in de energievraag voor koelen en verwarmen.
	Kunstverlichting	<u>Visuele kwaliteit</u> , dit omvat een goede taakverlichting, lichtverdeling en luminantieverhoudingen in de ruimte die niet ten koste mogen gaan van de energiebesparing. Zoals gedefinieerd en vastgelegd in NEN 1890, 1891, 3087 en richtlijnen voor binnenverlichting van de NSVV	Bij toepassing van een daglichtsysteem dient minimaal x% op het energiegebruik door de kunstverlichting bespaard te worden.  X in te vullen door novem

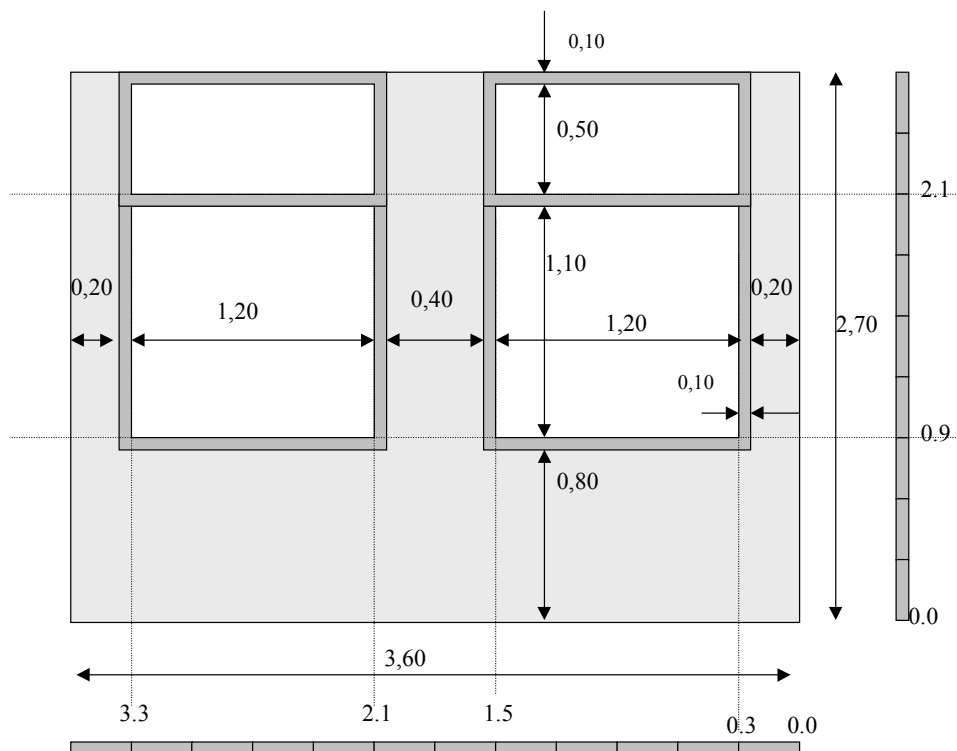
Aandachtspunten	Aspecten	Functionele eis op het gebied van:	Prestatie-eis
Verlichten	Kunstverlichting	<u>Visuele prestatie</u> , dit stelt eisen aan de taakverlichting (eisen in lux),	De combinatie van daglichtsysteem en kunstverlichting dient tijdens de gebruiksperiode te voldoen aan de geldende normen en richtlijnen voor taakverlichting.
	Dagverlichting	<p><u>Visueel comfort</u>, dit stelt eisen aan de lichtverdeling over de ruimte (eisen in cd/m<sup>2</sup>)</p> <p><u>Dynamiek</u>, de prestatie-eisen voor verlichten dienen stand te houden bij dynamische daglichtomstandigheden</p> <p>Bovenstaand zoals gedefinieerd en vastgelegd in NEN 1890, 1891, 3087 en richtlijnen voor binnenverlichting van de NSVV</p>	<p>De luminantieverhouding in de ruimte t.g.v. de combinatie van daglichtsysteem en kunstverlichting dient aan de normen en richtlijnen te voldoen.</p> <p>De luminantie van het daglichtsysteem zelf dient aan de normen en richtlijnen te voldoen. (het daglichtsysteem als verlichtingsarmatuur beschouwd)</p> <p>Variaties in de daglichttoetreding dienen gedempt te worden (de vertraging waarmee het systeem op het wisselende weerbeeld reageert) kwantitatieve eis</p> <p>De kunstverlichting dient voorzien te zijn van een daglichtregelsysteem.</p>

Aandachtspunten	Aspecten	Functionele eis op het gebied van:	Prestatie-eis
Uitzicht	Uitzicht/doorzicht	<u>Waarnemen</u> , men moet optisch onvervormd het weertype en het straatbeeld kunnen waarnemen	Vanaf de werkplek dient men vrij uitzicht te hebben. De gevel op ooghoogte in zittende positie en staande positie moet vrij blijven van obstructies.
Economie	<p>Kosten -van de 'hardware' en het onderhoud</p> <p>Baten – de energiebesparing</p>	<p><u>Initiële kosten</u>, de kosten voor de aanschaf van een daglichtsysteem en kunstverlichting met daglichtregeling. (bij het referentiekantoor de kosten voor aanschaf van de verlichting)</p> <p><u>Kosten-baten verhouding</u>, tussen de situatie met daglichtsysteem en het referentiekantoor</p>	<p>De initiële kosten mogen maximaal een factor 2 hoger zijn dan de initiële kosten van het referentiekantoor</p> <p>De terugverdientijd dient kleiner of gelijk aan 3 jaar te zijn.</p> <p>Hieronder wordt verstaan de tijd die nodig is om de originele investering in het daglichtsysteem met daglichtregelbare armaturen terug te verdienen middels een reductie van het energiegebruik voor het verlichten, koelen en verwarmen van de achterliggende ruimte. De onderhoudskosten zuiver en alleen ten behoeve van het daglichtsysteem worden eveneens in de terugverdientijd meegenomen.</p>

## Bijlage D Referentiekantoor

### *Afmetingen*

Het referentiekantoor zoals dat ook in het REVIS project gebruikt is [Dijk 2001] heeft een breedte van 3.60 meter, een diepte van 5.40 meter en een hoogte van 2.70 meter, alle dimensies zijn binnenmaten. De raam afmetingen zijn  $b \times h = 1.40 \times 1.90$  meter. Het kozijn is 0.10 meter breed. Het raam is in vier stukken gedeeld zodat verschillende daglichtproducten kunnen worden toegepast in de bovenste ramen (licht) en in de onderste ramen (uitzicht). Het glas in het bovenste raam is  $1.20 \times 0.50$  meter en het glas in het onderste raam is  $1.20 \times 1.10$  meter. Het beglaasde deel is daarmee dus  $3.84 \text{ m}^2$ , 19.75 % van het vloeroppervlak en 40 % van het geveleppervlak. De gevelindeling is te zien in figuur D.1.



*Figuur D-1 Gevelindeling voor referentiekantoor (niet op schaal) [Dijk 2001]*

In figuur D.2 is de positie van de armaturen weergegeven en in figuur D.3 de positie van de personen en de computers. In figuur D.4 is het bureau met de computer en een blad papier afgebeeld.

### Hoogten:

Bureau: 0.75 m.

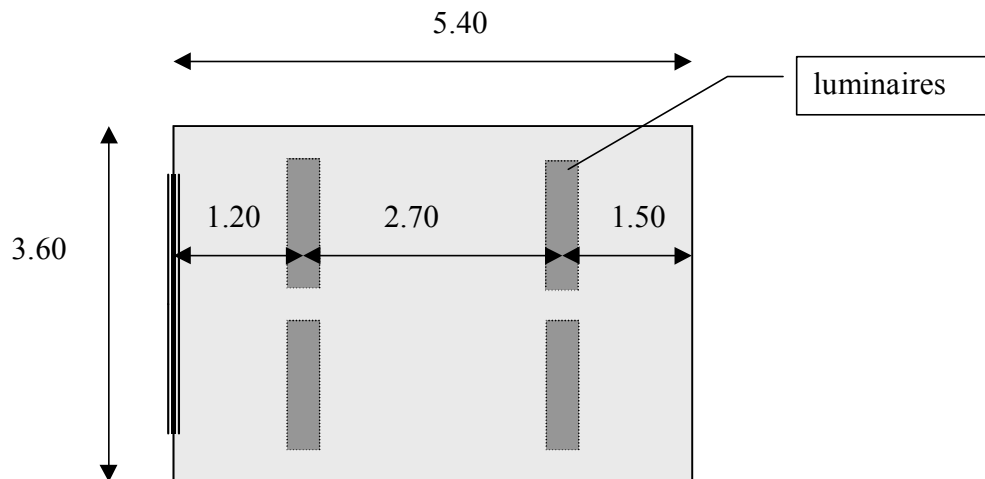
Monitor (midden): 1.00 m.

Ogen persoon: 1.20 m.

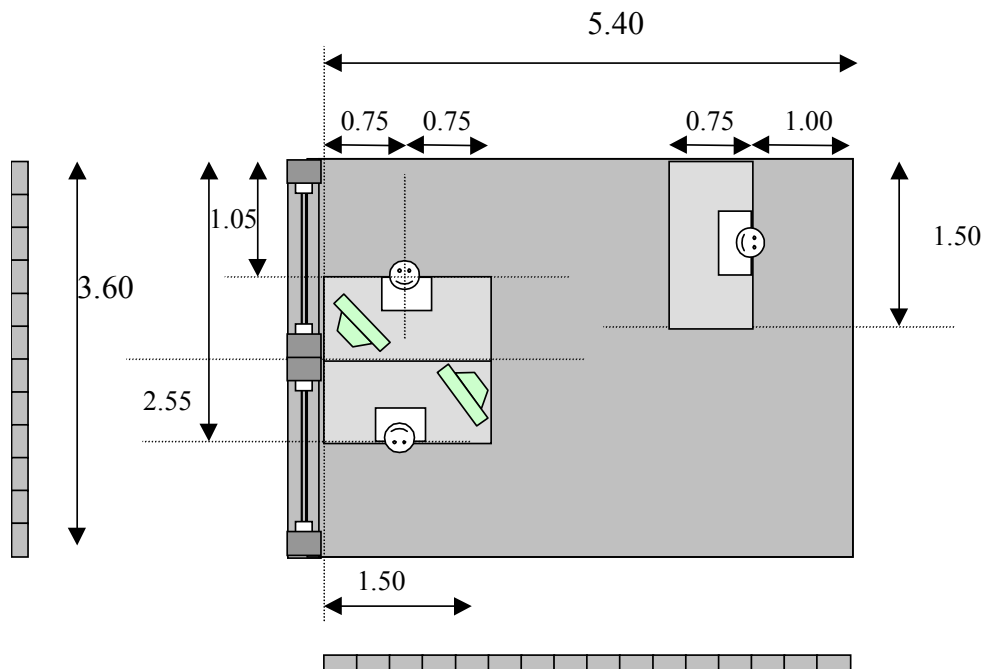
### Afmetingen:

Papier op bureau:  $0.40 \times 0.30 \text{ m}^2$

P.C. monitor:  $0.40 \times 0.40 \text{ m}^2$



*Figuur D-2 Indeling van de armaturen [Dijk 2001]*



*Figuur D-3 Indeling van het referentiekantoor [Dijk 2001]*

#### *Materiaaleigenschappen*

Het referentievertrek bevindt zich op een tussenverdieping in een kantoorgebouw. Voor de wanden zijn de volgende U-waarden gekozen. Het kleurgebruik is grijs en diffuus (neutraal):

Plafond:	$U = 1.224 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	reflectie = 0.85
Gevel:	$U = 0.301 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	reflectie = 0.65
Binnenwanden:	$U = 0.420 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	reflectie = 0.65
Vloer:	$U = 1.224 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	reflectie = 0.20
Raamkozijn:	$U = 1.80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	reflectie = 0.80
Bureaublad:	nvt	reflectie = 0.45
Papier op bureau:	nvt	reflectie = 0.80

#### *Kantoortijd*

Voor kantoortijd is genomen: ma t/m vr van 8:00 –18:00. Een jaar heeft in totaal 2610 kantooruren.



*Interne warmte last*

Apparatuur: 190 W tijdens kantoortijd, 18 W buiten kantoortijd.  
 Personen: 105 W tijdens kantoortijd (1.5 persoon à 70 W), 0 W buiten kantoortijd.  
 Verlichting: Afhangelijk van lichtbehoefte, maximaal 220 W tijdens kantoortijd.

Voor het elektrische licht is gekozen voor 4 x 50 W, type: HF fluorescentie buizen in een gespiegeld armatuur. Inclusief ballast komt het systeemvermogen op 220 W; dat komt neer op 11.3 W/m<sup>2</sup>. Dit vermogen wordt in stappen teruggedimd afhankelijk van de lichtbehoefte.

*Locatie personen*

Er zijn drie mogelijk werkplaatsen in het referentiekantoor met verschillende mogelijke oogtaken:

Persoon 1: zit aan 1<sup>ste</sup> bureau bij het raam:

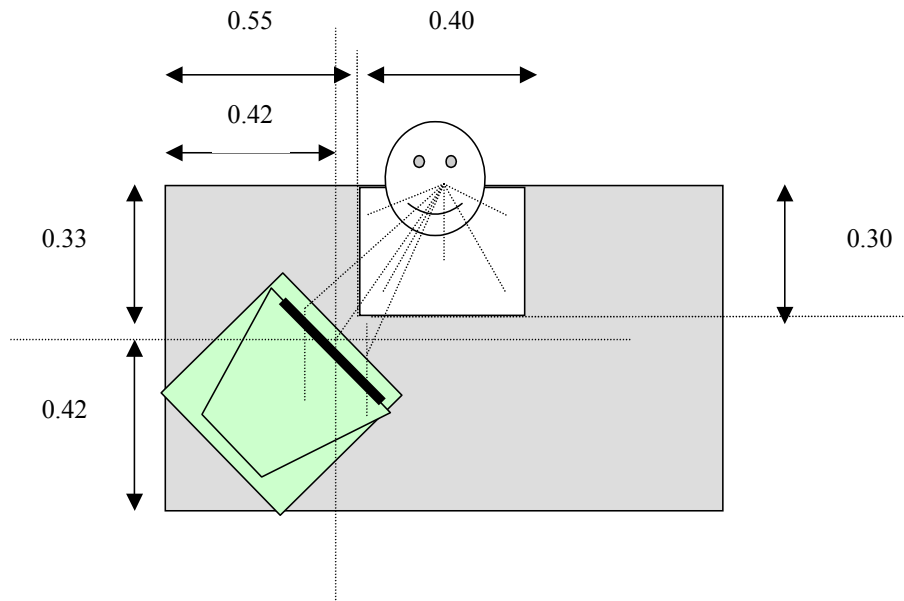
- Leest papier dat op het bureau ligt
- Kijkt naar P.C. monitor dicht bij raam

Persoon 2: zit aan 2<sup>de</sup> bureau bij het raam:

- Leest papier dat op het bureau ligt
- Kijkt naar P.C. monitor in het midden van de ruimte

Persoon 3: zit aan tafel achterin de ruimte en kijkt richting het raam:

- Leest papier dat op de tafel ligt
- Kijkt richting raam



*Figuur D-4 Detail van bureau-, computer- en papierafmetingen [Dijk 2001]*

*Setpoints verwarmen en koelen*

Verwarmen:

Maandag-Vrijdag 00.00-06.00: 16°C  
 06.00-18.00: 20°C  
 18.00-24.00: 16°C  
 Weekend 00.00-24.00: 16°C

Koelen:

Maandag-Vrijdag: 00.00-06.00: 28°C  
 06.00-18.00: 24°C  
 18.00-24.00: 28°C  
 Weekend 00.00-24.00: 28°C

## Bijlage E Discomfort Index

De Discomfort Index DI wordt bepaald door de verhoudingsgetallen van de criteria waar niet aan wordt voldaan logaritmisch op te tellen:

$$\begin{aligned}
 DI = & \log\left(\frac{L_{window.max}}{L_{vision.max}}\right) \delta_{Lw.max} + \log\left(\frac{500}{E_{desk}}\right) \delta_{E_{desk}} + \log\left(\frac{E_{monitor}}{500}\right) \delta_{E_{monitor}} \\
 & + \log\left(\frac{L_{wall.behind.desk}}{L_{monitor} * 10}\right) \delta_{L_{monitor}} + \log\left(\frac{E_{deskA}}{E_{deskB} * 10}\right) \delta_{E_{deskAB}} \\
 & + \log\left(\frac{L_{window}}{L_{op.facade} * 30}\right) \delta_{L_{facade}} + \log\left(\frac{L_{desk}}{L_{wall.behind.desk} * 10}\right) \delta_{L_{desk}}
 \end{aligned}$$

Dus alleen wanneer er bij een bepaald criterium sprake blijkt van discomfort is wordt deze bijdrage in de index meegenomen. De  $\delta$  in bovenstaande vergelijking heeft dan een waarde. De waarde geeft de weefactor aan van betreffend criterium. De meest eenvoudige manier van wegen wordt gerealiseerd wanneer alle weefactoren de waarde 1 hebben, daarom is in REVIS voorlopig gekozen voor gelijke weefactoren:

(1) als ( $L_{window.max} / L_{vision.max} > 1$ ):	$\delta_{Lwmax} = 1$ ;	anders:	$\delta_{Lwmax} = 0$ ;
(2) als ( $E_{desk.min} < 500$ Lx):	$\delta_{E_{desk}} = 1$ ;	anders:	$\delta_{E_{desk}} = 0$ ;
(3) als ( $E_{monitor} > 500$ Lx):	$\delta_{E_{monitor}} = 1$ ;	anders:	$\delta_{E_{monitor}} = 0$ ;
(4) als ( $L_{wall.behind.desk} / L_{monitor} > 10$ ):	$\delta_{L_{monitor}} = 1$ ;	anders:	$\delta_{L_{monitor}} = 0$ ;
(5) als ( $E_{deskA} / E_{deskB} < 10$ ):	$\delta_{E_{deskAB}} = 1$ ;	anders:	$\delta_{E_{deskAB}} = 0$ ;
(6) als ( $L_{window} / L_{op.facade} > 30$ ):	$\delta_{L_{facade}} = 1$ ;	anders:	$\delta_{L_{facade}} = 0$ ;
(7) als ( $L_{desk} / L_{wall.behind.desk} > 10$ ):	$\delta_{L_{desk}} = 1$ ;	anders:	$\delta_{L_{desk}} = 0$ .

De DI wordt voor drie posities in de ruimte bepaald. Het resultaat dat wordt gepresenteerd is hier een gemiddeld van.