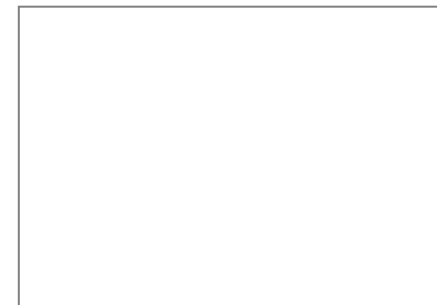
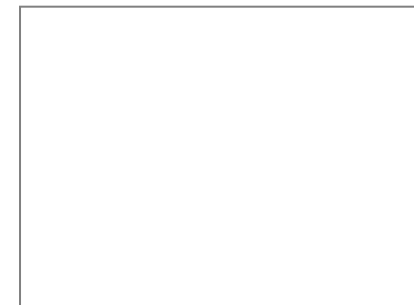




100% **Schoonlicht** in Scholen

**ONTWERPHANDREIKINGEN**



# Inhoudsopgave

## 1. Schoonlicht, definitie

## 2. Ontwerphandreikingen Daglicht

- 2.1 Daglichtambitie
- 2.2 Verlichtingeisen en functies
- 2.3 Hoofdopzet
- 2.4 Gevelzonering
- 2.5 Gevelopzet
- 2.6 Gevel per oriëntatie
- 2.7 Glaskeuzen
- 2.8 Zon -en lichtregulering gevel
- 2.9 Zon -en lichtregulering dak
- 2.10 Zon -en lichtregulering per oriëntatie

## 3. Referenties

## 4. Besparing opties

Literatuurlijst

Opdrachtgever: Dhr. H. Korbee, AgentschapNL

Voorzitter: Dhr. P. Elemans, Stichting Living Daylights

Daglicht: Dhr. T. Haartsen, Climatic Design Consult

Kunstlicht: Dhr. R. Visser, Rienk Visser Lichtontwerp -en advies.

Onderwijs: Dhr. L. Heijnders, Service Centrum Scholenbouw

Communicatie: Dhr. D. Teeuwen / H. Elsendoorn, Communication Concert

Stichting Living Daylights  
Bemurde weerd OZ3514 AP Utrecht

Living Daylights



Ministerie van Binnenlandse Zaken en  
Koninkrijksrelaties

# 1. Schoonlicht, definitie

Licht is met de luchtkwaliteit, de warmte huishouding en de geluidskwaliteit een belangrijk onderdeel van het totaal aan binnenklimaat. 100% Schoonlicht ontstaat door de volgende drie ontwerputgangspunten aan te houden.

## A. Maximaliseren efficiëntie daglichttoetreding

Maximaal gebruik van daglicht: Een daglicht autonomie van 70%. Gemiddeld is dan op jaarbasis 70% van de tijd geen kunstverlichting nodig (daglichtfactor minimaal 3%). Dit is alleen mogelijk bij zoveel mogelijk onbelemmerde daglichttoetreding en beperking van de warmte-uitstraling 's nachts. Daglichttoetreding uiteraard wel zonder nadelige warmte-instraling en verblinding.

## B. Minimaliseren energiegebruik

Door vervangen van armaturen met conventionele voorschakelapparatuur door armaturen met elektronische, hoogfrequente (HF)-voorschakelapparatuur is een besparing mogelijk met circa 40%. Door toepassing van armaturen voorzien van regelbare hoogfrequente voorschakel apparaten in combinatie met een daglichtafhankelijke lichtregeling en bewegingsmelders kan dit oplopen tot meer dan 75%.

## C. Duurzame energiebronnen

Om een energieneutrale kunstverlichting te realiseren moet de elektrische energie die uit het net wordt opgenomen worden gecompenseerd door eigen stroomopwekking. Dit kan in de vorm van PV-cellen en/of windenergie. Beide vragen om bouwkundige voorzieningen op het dak of naast het gebouw die een langdurige en probleemloze energieopwekking mogelijk maken. Daarnaast moet de energie die niet voor eigen gebruik nodig is teruggeleverd kunnen worden aan het openbare elektriciteitsnet.



### Wat is Schoonlicht?

- Mooi
- Functioneel
- Duurzaam: Zuinig, lampen zonder giftig cadmium
- Goedkoper in gebruik
- Gezond: bevordert welzijn en leerprestaties





## 2. Ontwerphandreikingen Daglicht

# 2.1 Daglichtambitie

## Licht is gezond

Behalve voor de uitvoering van visuele taken, vervult licht ook een belangrijke rol bij de gezondheid van kinderen en volwassenen. Dit is het zogenaamd biologisch effect van licht. Dit blijkt uit grootschalige, medisch-wetenschappelijke onderzoeken met proefpersonen van de afgelopen 25 jaar.

Vooraf relatief hoge lichtniveaus op het oog sturen:

- de biologische klok en daarmee ons dag- en nachtritme. Onderstaande grafiek illustreert het verloop van waakzaamheid, activiteitsniveau en de lichaamstemperatuur over de dag;
- de stemming. Korte grijze dagen 's winters kunnen winterdepressie veroorzaken (SAD: Seasonal Affective Disorder) of winterblues, een lichtere vorm hiervan;
- de alertheid en activiteit. Nachtploegen bijvoorbeeld werken effectiever met minder faalkosten bij zeer hoge lichtniveaus.

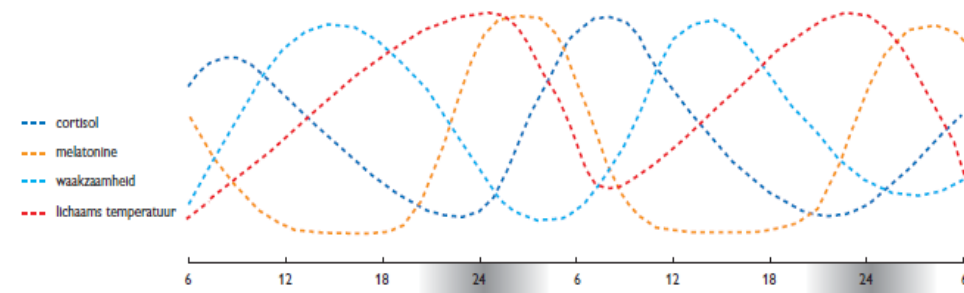
Absentiepercentages verminderen in het algemeen bij hoge lichtniveaus. Tevens blijkt dat *variatie in verlichtingsomstandigheden* het activeringsniveau van leerlingen en leraren ten goede komen.

## Daglicht doet het goed

Belangrijk voordeel van gebruik van veel en goed daglicht is dat de lichtkleur varieert over de dag en zorgt voor een natuurlijke afstemming van het activiteitsniveau over de dag, maar ook aansluit op het natuurlijk verloop van lichtintensiteiten over de seizoenen. Zo is het koele en relatief blauwe opwekkende ochtendlicht bevorderlijk voor de alertheid en concentratie terwijl het warmere avondlicht een ontspannende en rustgevende werking heeft.

## Daglichtambitie

Creëer, om een zo natuurlijk mogelijk verloop van het licht over de dag en het seizoen te volgen, met gedurende een groot deel van de tijd bovengenoemde positieve effecten, een ruime daglichttoetreding. Daartoe is het gewenst dat ook verder van de gevel afgelegen plekken in leslokalen een daglichtfactor van tenminste 3% krijgen en een zo groot mogelijk deel van de lokalen een daglichtfactor van 5% of meer. Laat zowel leerlingen als leraren minimaal 30 minuten per dag in het volle daglicht buiten verblijven.



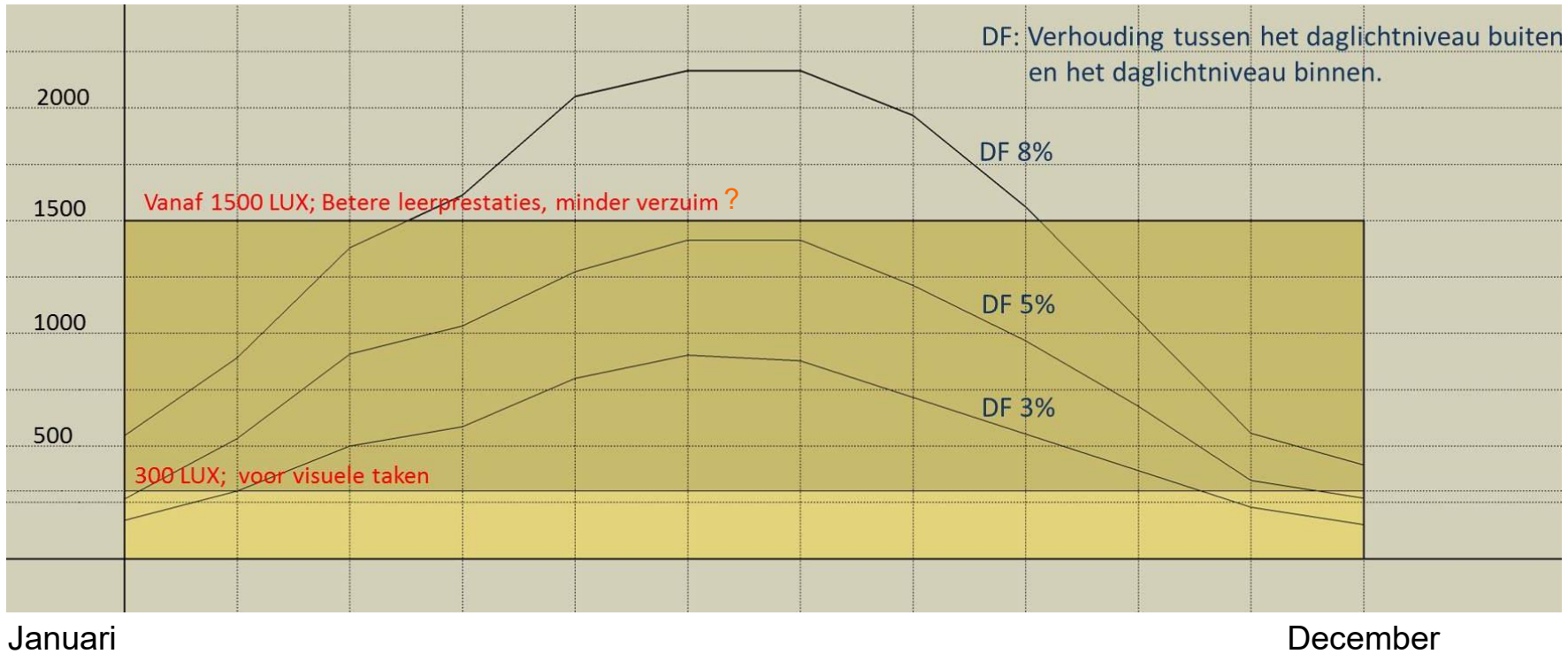
De afbeelding toont hoe daglicht onze lichaamsprocessen stuurt



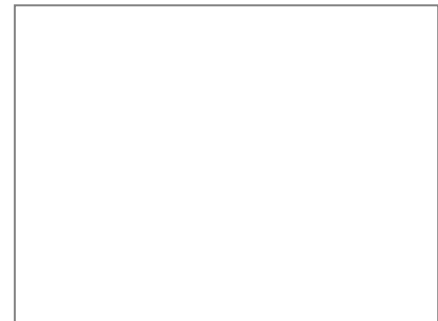
## Concretisering daglichtambitie in de bouwopgave

Streef in het midden van de lokalen daglichtfactoren in de klasse goed (B) 5% of zeer goed (A) 8% na volgens het Programma van Eisen Frisse Scholen. Laat de ontwerpers in hun afweging bij de realisering van een zo groot mogelijke oppervlakte met hoge daglichtfactoren rekening houden met:

- het gebruik van lichtwering bij de toepassing van digiboards e.d.;
- beperking warmtetransmissieverliezen in de winter en
- zonwering in de zomer.



Verloop gemiddelde verlichtingssterkte op horizontaal vlak per maand, afhankelijk van daglichtfactor



## 2.2 Verlichtingseisen en functies

Naast de daglichtambitie gelden de wettelijke kaders die onderstaand zijn weergegeven.

Alle aangegeven waarden zijn praktijkverlichting sterkten (minimaal aanwezige gemiddelde verlichtingssterkte)

conform NEN-EN 12464-1: Licht en verlichting – Werkplekverlichting – Deel 1: Werkplekken binnen.

De aangegeven waarden dienen te worden gerealiseerd met daglicht, kunstlicht of een combinatie van beide.

| Verlichtingseisen             | Lux   | Soort licht                                           |
|-------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|
| A. Lezen, rekenen             | 300   | Zijlicht van rechts                                   |
| B. Computeren                 | 300   | Diffuus zijlicht. Geen tegenlicht of licht van achter |
| C. Drama, toneel              | 0-300 | Regelbaar daglicht                                    |
| D. Kringgesprekken            | 300   | --                                                    |
| E. Zelfstandig werken         | 300   | Zijlicht                                              |
| F. Donkere borden             | 300   | Verticaal                                             |
| G. Witte borden               | 300   | Verticaal                                             |
| H. Digiborden                 | 100   | Geen direct zonlicht                                  |
| I. Docentenkamers             | 300   | --                                                    |
| J. Entree                     | 200   | --                                                    |
| K. Circulatiegebieden, gangen | 100   | --                                                    |
| L. Trappen                    | 150   | --                                                    |
| M. Gemeenschapsruimten / aula | 200   | --                                                    |
| N. Gymnastiekzalen            | 300   | Geen direct zonlicht                                  |



## 2.3 Hoofdopzet

De realisatie van de daglichtambitie zonder overlast van zonnewarmte en verblinding begint bij de hoofdopzet van een ontwerp, dat wil zeggen situering ten opzichte van de zon, plattegronden, doorsneden en gevels. Hiervoor zijn de volgende ontwerphandleidingen geformuleerd.

- Hoofdopzet: paragraaf 2.3
- Gevelopzet: paragraaf 2.4 t/m 2.8

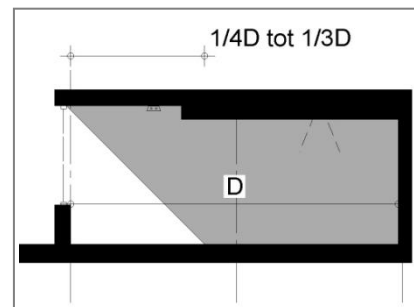
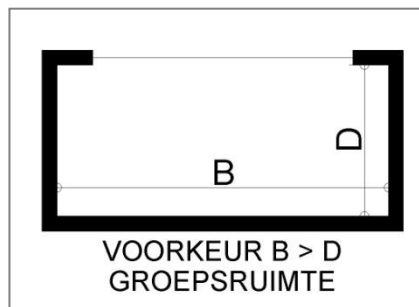
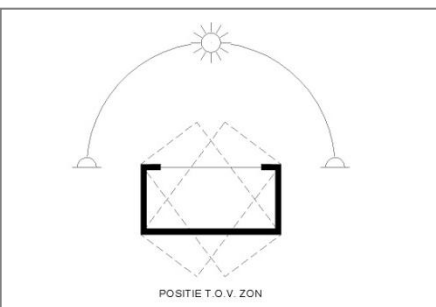
### Algemene aandachtspunten bij de hoofdopzet

Houd rekening met:

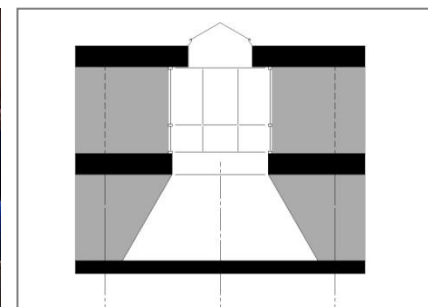
- A. De verlichtingeisen uit paragraaf 2.1 en 2.2
- B. Oriëntatie ten opzichte van de zon
- C. Ruimteform
- D. Gevellengte
- E. Ruimteafwerking
- F. Doorsneden
- G. Overweeg buitenlokale

### Verdiepingbouw

- A. Situeer de lange zijde van groepsruimten aan de gevelzijde, creëer ondiepe ruimten.
- B. Zorg voor daglichttoetreding in verkeer zones door middel van patio's, atria, lichthoven, vrijstaande oplossingen, etc.
- C. Vermijdt verblijfsruimten dieper dan 7 meter gerekend vanaf de gevel.



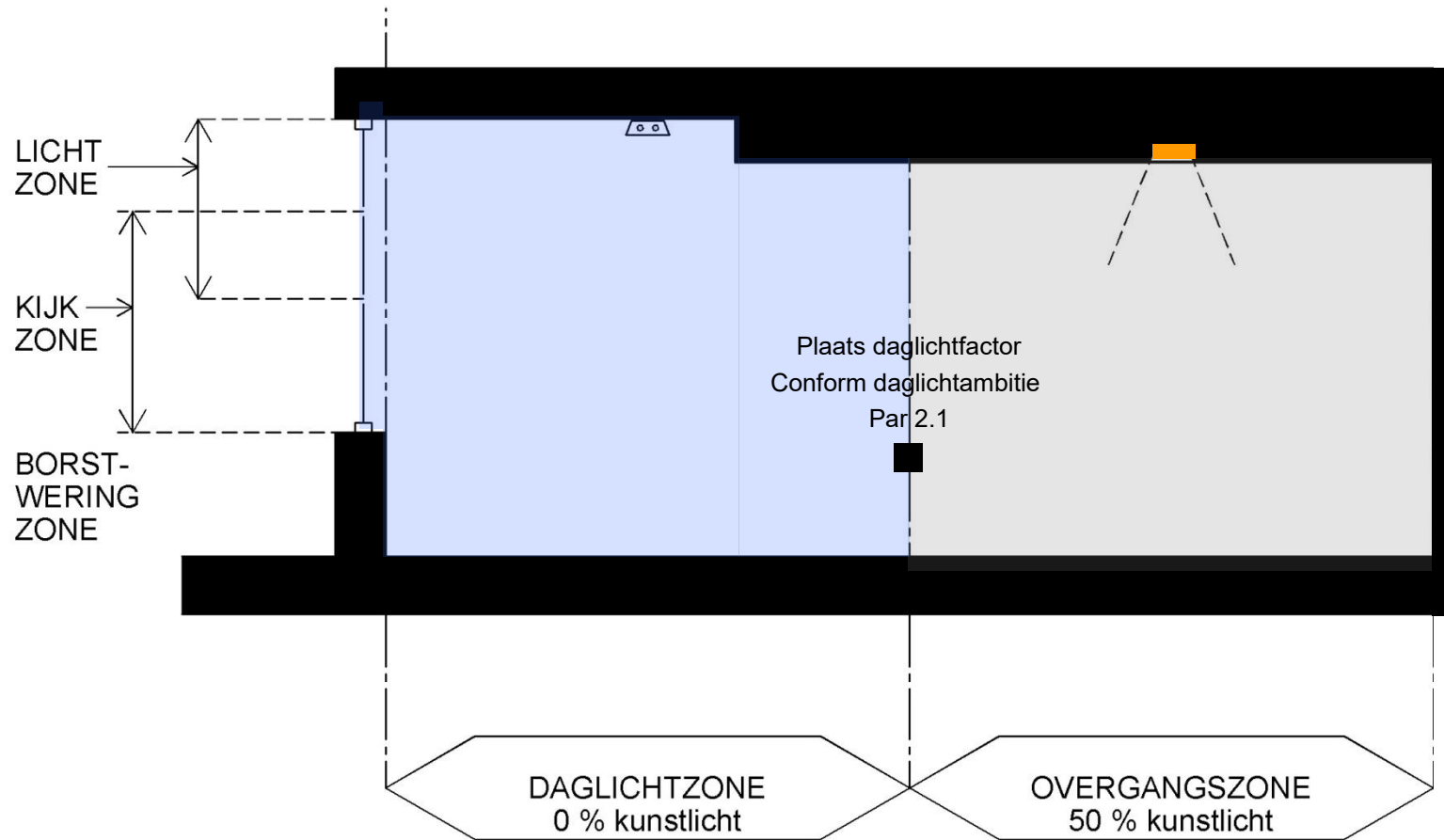
Buitenlokaal





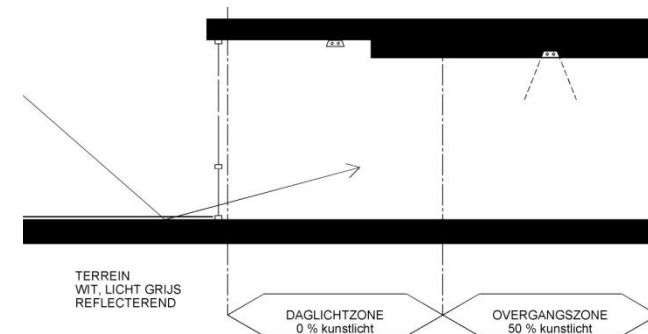
## 2.4 Gevel zonering

Bij het ontwerp van gevels en hun achterliggende doorsnede gelden de onderstaande principes.



### Ontwerphandreikingen

- Kozijnen zo hoog mogelijk positioneren.
- Verlaagd plafond ca. 2400 mm vrijhouden van de gevel.
- Lichte kleuren voor wanden, vloeren, plafonds en kozijnen.
- Lichte afwerking dagkanten en vensterbanken (niet spiegelend).
- Zo min mogelijk stijlen en dorpels.



## 2.5 Gevelopzet

De in paragraaf 2.1 geformuleerde daglichtambitie dient het energieverbruik te verminderen, leerprestaties van leerlingen te verbeteren en het verzuim te reduceren. Deze daglichtambitie vraagt een hoge daglichttoetreding in een onderwijsgebouw en wordt daarom alleen bereikt met onbelemmerde vensters en puien. Op basis hiervan gelden twee principes voor een gevelopzet: Gevels voorzien van 70%, respectievelijk 30% glasoppervlak.

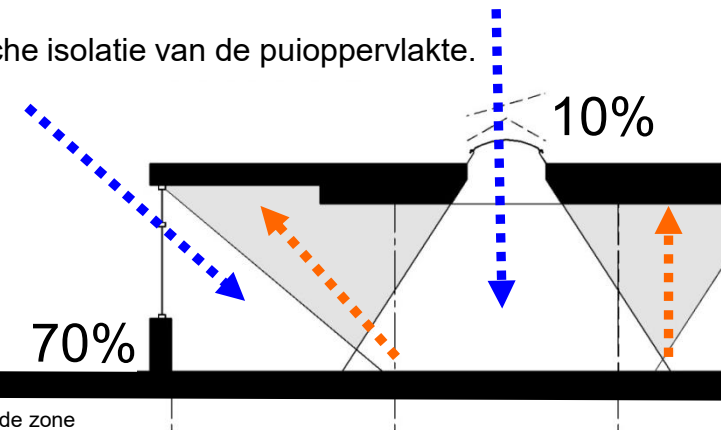
### A. Gevels bestaande uit 70% glasoppervlak en voorzien met luiken

Bij deze variant wordt het energetisch voordeel al snel teniet gedaan door de warmtetransmissie in de nacht tengevolge van het grote glasoppervlak. Luiken worden aangewend dit te voorkomen. Er worden vier perioden onderscheiden voor alle gevels (noord, oost, zuid en west).

1. December en januari: Dag: Onbelemmerde daglichttoetreding aangevuld met energiezuinig kunstlicht. Nacht: Thermische isolatie van de puioppervlakte.
2. Februari, maart, oktober en november: Dag: Onbelemmerde daglichttoetreding met beweegbare lichtwering. Nacht: Thermische isolatie van de puioppervlakte.
3. April, mei, en september: Daglichttoetreding met beweegbare licht- en warmtewering. Nacht: Thermische isolatie van de puioppervlakte.
4. Juni, juli, augustus: Daglichttoetreding met beweegbare licht- en warmtewering.

#### Dak

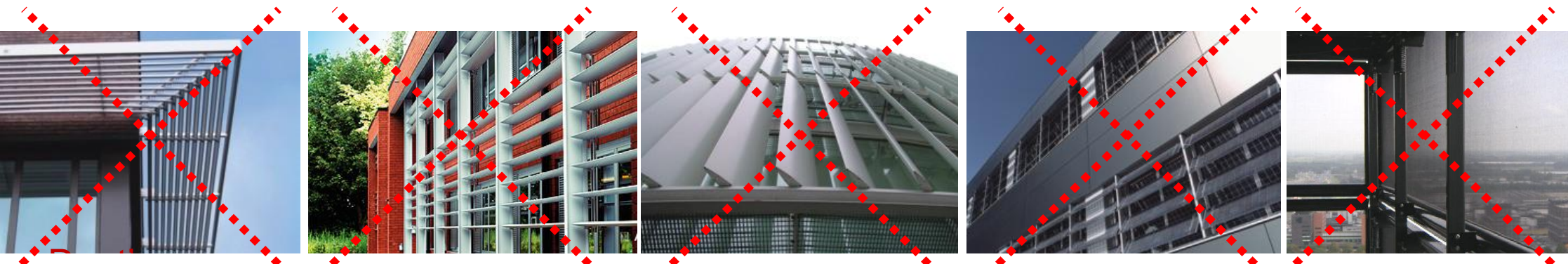
Onbelemmerde daglichttoetreding met beweegbare licht- en warmtewering.



**Overdag: 70%** geveloppervlakte

**Nacht: Luiken**

Oppervlak dak opening is uitgedrukt als een percentage van het vloeroppervlak van de betreffende zone  
Oppervlak gevel opening is uitgedrukt als een percentage van het geveloppervlak van de betreffende ruimte



100% Schoon Licht vraagt om een onbelemmerde daglichttoetreding. Dus permanente statische zonwering systemen zijn minder gewenst.

## B. Gevels bestaande uit 30% glasoppervlak zonder luiken

Omdat het meeste licht afkomstig is van de zenith wordt in deze variant het venster benut als kijkraam (30%) en wordt de daglichttoetreding bereikt met relatief kleine daglichtopeningen in het dak. Zij hebben een relatief geringe warmte transmissie 's nachts.

Er worden 4 perioden onderscheiden voor alle gevels (noord, oost, zuid en west):

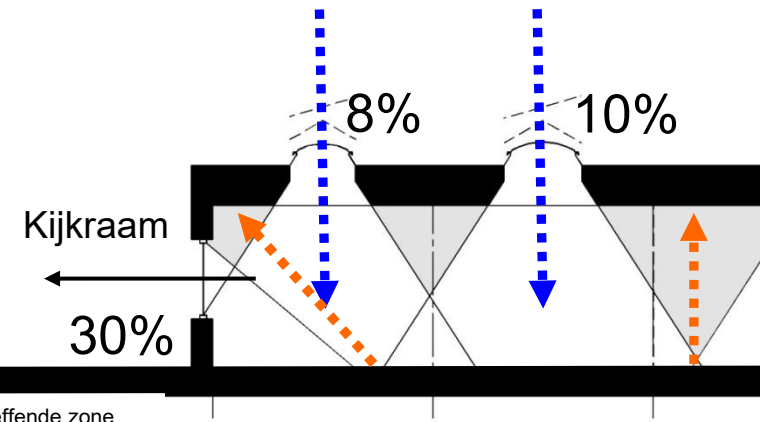
1. December en januari: Dag: Onbelemmerde daglichttoetreding aangevuld met energiezuinig kunstlicht. Nacht: geen voorzieningen.
2. Februari, maart, oktober en november: Dag: Onbelemmerde daglichttoetreding met beweegbare lichtwering. Nacht: geen voorzieningen.
3. April, mei, en september: Daglichttoetreding met beweegbare licht- en warmtewering. Nacht: geen voorzieningen.
4. Juni, juli, augustus: Daglichttoetreding met beweegbare licht- en warmtewering.

### Dak

Onbelemmerde daglichttoetreding met beweegbare licht- en warmtewering.

**Overdag: 30%** geveloppervlakte

**Nacht : Geen luiken**



Oppervlak dak opening is uitgedrukt als een percentage van het vloeroppervlak van de betreffende zone  
Oppervlak gevel opening is uitgedrukt als een percentage van het geveloppervlak van de betreffende ruimte





## 2.6 Gevel per oriëntatie

Bij het ontwerpen van gevels dient nadrukkelijk ingespeeld te worden op / rekening te worden gehouden met de oriëntatie.

### Zuid

- Hoog licht
- Veel licht
- Veel warmte



Hoge zon, veel warmte



Lage zon, verblinding  
Lage zon, veel warmte / verblinding



Geen zon, diffuus, zwak licht

### Oost

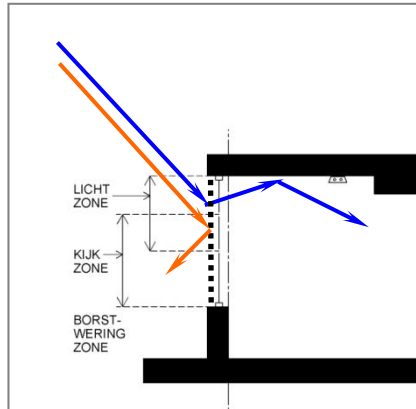
- Laag licht
- Verblindend licht
- Weinig warmte

### Noord

- Diffuus licht
- Relatief zwak licht
- Geen warmte

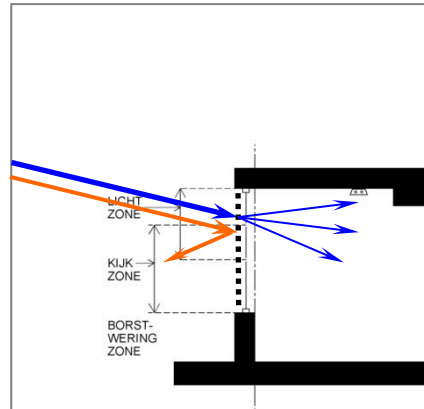
### West

- Laag licht
- Verblindend licht
- Relatief veel warmte



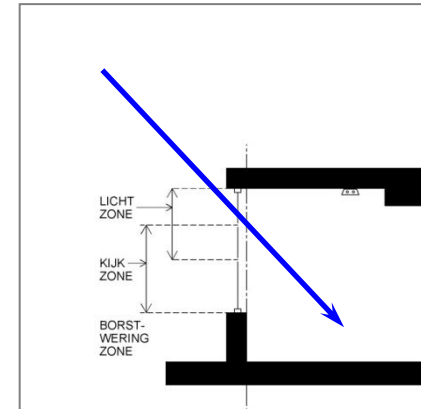
### Zuid

Wel het licht  
Niet de warmte



### Oost - West

Wel het licht  
Niet de warmte / verblinding



### Noord

Zoveel mogelijk licht



## 2.7 Glaskeuzen

Deze paragraaf toont zon- en lichtregulering oplossingen voor gevels passend bij de daglichtambitie rekening houdend met de transmissie warmteverliezen

### Blank glas

In bestaande scholen is soms nog enkel glas te vinden, terwijl ook dubbel glas en de soorten HR ( $U_{\text{glas}} < 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) en HR+ ( $U_{\text{glas}} < 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) in bestaande scholen voorkomen. Standaard wordt bij nieuwbouw ( $U_{\text{glas}} < 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) toegepast. Puien zijn voor de transmissieverliezen de zwakste schakel. Die kan worden verbeterd door toepassing van drievoudig HR ++-glas (oplossing op passiefhuis niveau,  $U_{\text{pui}} < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

In houten kozijnen levert dubbel HR++ voor de pui een  $U$ -waarde van ca.  $U_{\text{pui}} = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  op. Hiervan wordt op de volgende bladzijden standaard uitgegaan. Bij dit glas hoort een typische lichtdoorlatendheid (LTA) van ca. 70% (0,7), terwijl de doorlatendheid van de zonnewarmte naar binnen (ZTA, nu meestal aangeduid als  $g$ -waarde) ca. 60% is.

Blank glas geeft in het algemeen de kleur van het beeld buiten natuurgetrouw weer, terwijl ook de kleuren die binnen worden waargenomen natuurgetrouw zijn:  $R_a > 95$ .

Indien geen voorzieningen tegen zonwering zijn genomen wordt op de meeste oriëntaties niet voldaan aan het Programma van Eisen Frisse Scholen

### Zonwerend glas

Zonwerend glas biedt wel mogelijkheden om zon te weren, maar voor werkelijk goede zonwering ( $LTA$ -waarde  $< 0,20$ ) is beglazing nodig die de kleuren minder natuurlijk weergeeft ( $R_a$  veelal lager dan 90) en waarbij wel de transmissieverliezen van puien in stand blijven maar de zonnewarmtewinst in het winterseizoen sterk is gereduceerd, terwijl ook de lichttoetreding in het algemeen navenant is afgenomen.

Slechts beglazing met stralingselectieve eigenschappen komt in aanmerking: verhouding  $LTA/ZTA$  ca. 2. De zonwerend kwaliteit van deze selectieve beglazing is als enige zonwerende maatregel evenwel in het algemeen onvoldoende:  $ZTA > 0,30$  en soms is de kleurweergave kleiner dan  $R_a = 95$ .





## 2.8 Gevel

## Zon- en lichtregeling (t.b.v. dagsituatie)

## Isolatie (t.b.v. nachtsituatie)

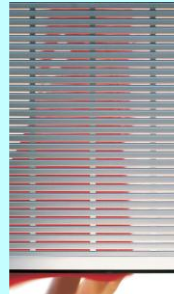
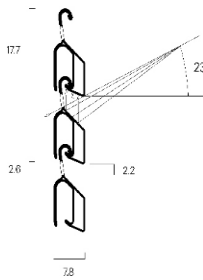
Opties zon -en lichtregulering oplossingen voor gevels passend bij de daglichtambitie rekening houdend met de warmtetransmissieverliezen.

### 1

#### Lichtdoorlatende rolluiken

Fabr: SHG

Type: S-onro



$$LTA_{(open)} = 0,70$$

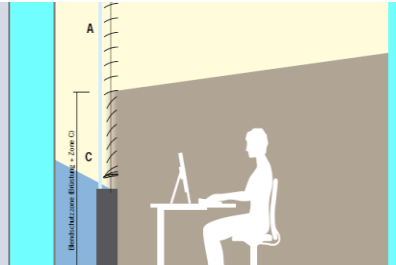
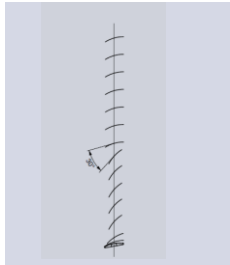
$$ZTA_{(dicht)} = 0,15$$

$$U_{(dicht)} = 1,1$$

### 2

#### Luxaflex buiten en isolatiegordijnen

Fabr: Griesser of Schellekens



$$LTA_{(open)} = 0,70$$

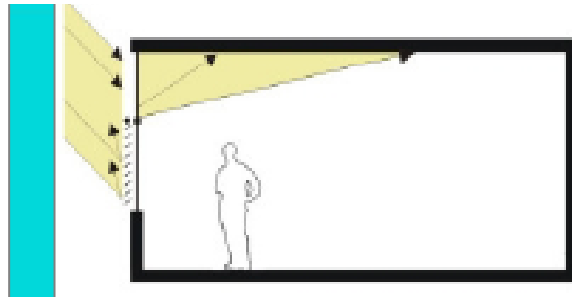
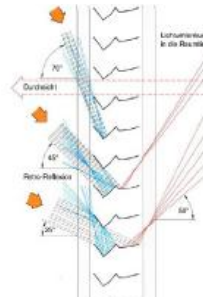
$$ZTA_{(dicht)} = 0,15$$

$$U_{(dicht)} = 0,9$$

$$U_{(open)} = 1,7$$

### 3

#### Retroreflectoren buiten en isolatiegordijnen



$$LTA_{(open)} = 0,70$$

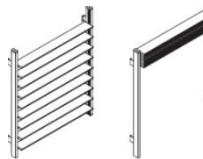
$$ZTA_{(dicht)} = 0,15$$

$$U_{(dicht)} = 0,9$$

$$U_{(open)} = 1,7$$

### 4

#### Op te halen lamellen



$$LTA_{(open)} = 0,70$$

$$ZTA_{(dicht)} = 0,15$$

$$U = 1,7$$



## 2.8 Gevel

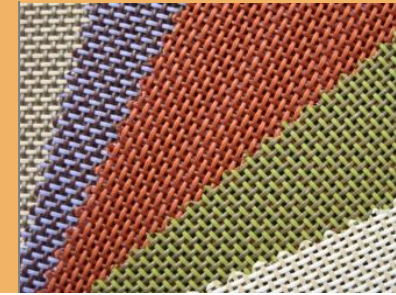
### Zon- en lichtregeling (t.b.v. dagsituatie)

### Isolatie (t.b.v. nachtsituatie)

5

#### Zonwerende luiken

1cm isolerende gordijnen.  
Bijv. Poly-ned Batyline  
SK 300 low-E



$$LTA_{(open)} = 0,50$$
$$ZTA_{(dicht)} = 0,15$$
$$U = 1,7$$

6

#### Isolerende luiken

Al dan niet voorzien van  
Glasopening

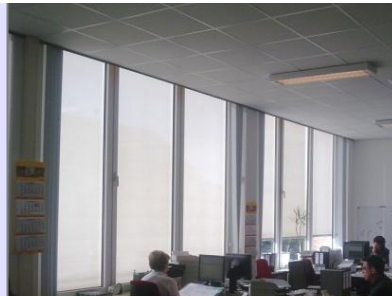


$$LTA_{(open)} = 0,70$$
$$ZTA_{(dicht)} = 0,05$$
$$U_{(dicht)} = 0,8$$
$$U_{(open)} = 1,7$$

7

#### Screen buiten

asymmetrisch doek  
Buitenkleur: Wit

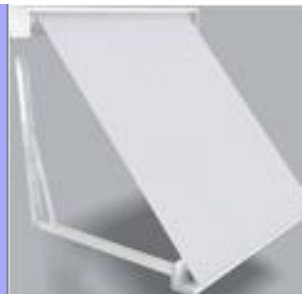


$$LTA_{(open)} = 0,70$$
$$ZTA_{(dicht)} = 0,15$$
$$U = 1,7$$

8

#### Uitvalschermer

Asymmetrisch doek  
Buitenkleur: Wit



$$LTA_{(open)} = 0,70$$
$$ZTA_{(dicht)} = 0,15$$
$$U = 1,7$$

## 2.9 Dak

### Zon- en lichtregeling (t.b.v. dagsituatie)

### Isolatie (t.b.v. nachtsituatie)

Deze paragraaf toont oplossingen voor zon- en lichtregulering voor daken, passend bij de daglichtambitie en rekening houdend met de nachtelijke uitstraling

9

#### Lichtdoorlatende rolluiken

Fabr: SHG

Type: S-onro



$$LTA_{(open)} = 0,70$$

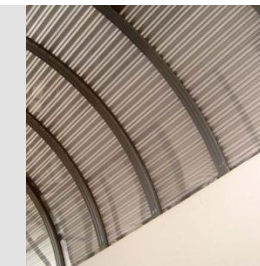
$$ZTA_{(dicht)} = 0,10$$

$$U_{(dicht)} = 1,1$$

10

#### Daglicht rolluiken

Fabr: Prokulit® of SHG



$$LTA_{(open)} = 0,70$$

$$ZTA_{(dicht)} = 0,20$$

$$U_{(dicht)} = 1,1$$

11

#### Screen lichtstraat

Fabr. Luxlight



$$LTA_{(open)} = 0,70$$

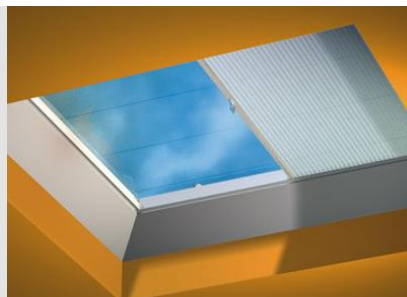
$$ZTA_{(open)} = 0,15$$

$$U_{(dicht)} = 1,7$$

12

#### Screen lichtkoepel

Fabr: Danenberg



$$LTA_{(open)} = 0,70$$

$$ZTA_{(dicht)} = 0,15$$

$$U_{(dicht)} = 1,7$$



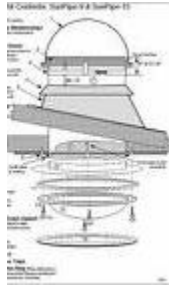
## 2.9 Dak

### Zon- en lichtregeling (t.b.v. dagsituatie)

### Isolatie (t.b.v. nachtsituatie)

13

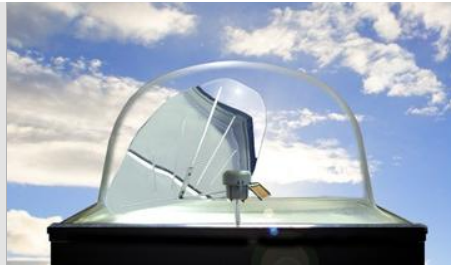
Daglichtbuis



LTA = 0,60  
ZTA = 0,60  
U = 3,0

14

Suntrackers



LTA = 0,60  
ZTA = 0,60  
U = 3,0

15

Dakvensters  
HR++-glas



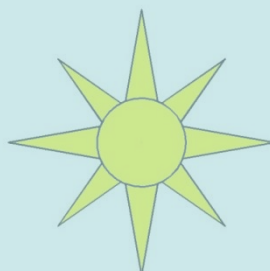
LTA = 0,60  
ZTA = 0,60  
U = 1,7



# 2.10 Zon- en lichtregulering per oriëntatie

Leeswijzer:

ZUID 70 %  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)



Hoge zonnestand  
Veel warmte

Oriëntatie

12, 13, 14

SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIS

Dak openingen

OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



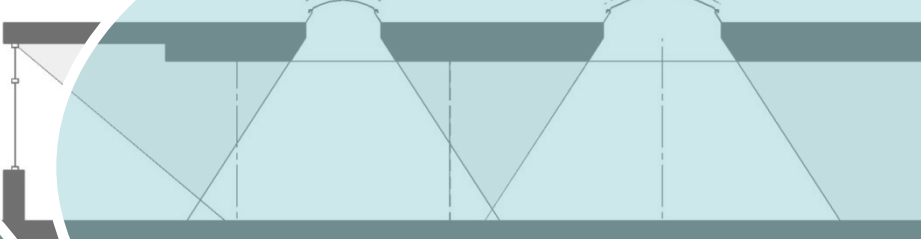
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



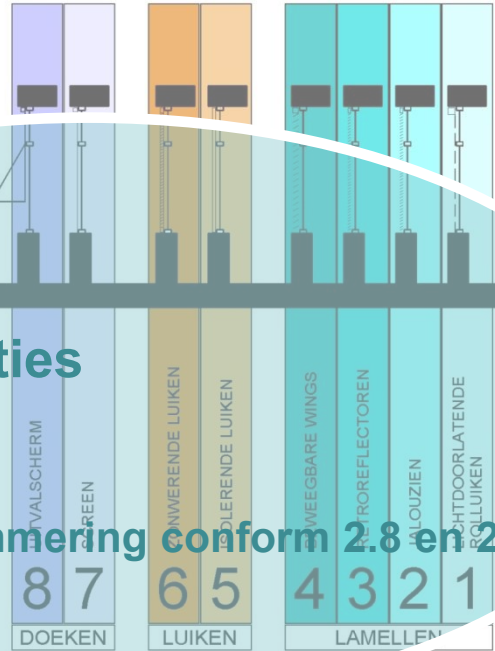
DAGLICHTZONE 0 % kunstlicht  
OVERGANGZONE 50 % kunstlicht  
KUNSTLICHTZONE 100 % kunstlicht

Doorsneden

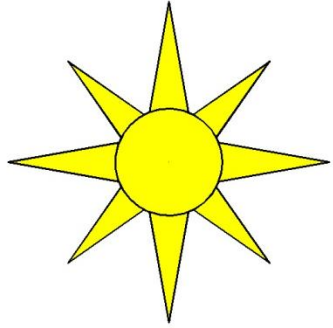
De gekleurde opties  
zijn toepasbaar

Nummering conform 2.8 en 2.9

BOMEN  
0



**ZUID 70 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

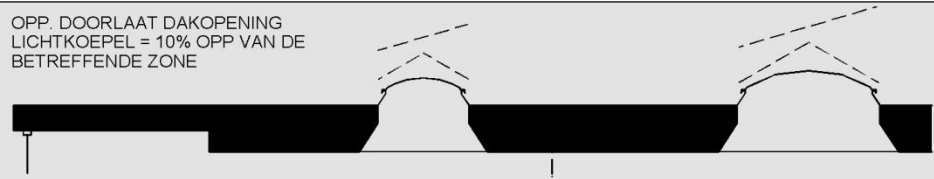


Hoge zonnestand  
Veel warmte

12, 13, 14

SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIS

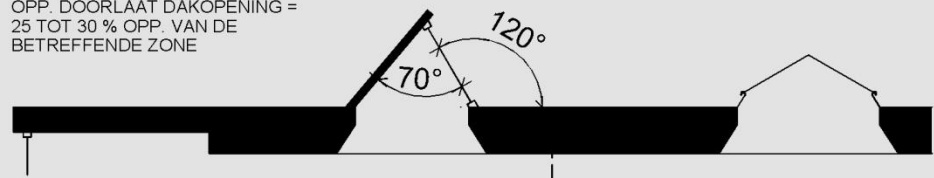
OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

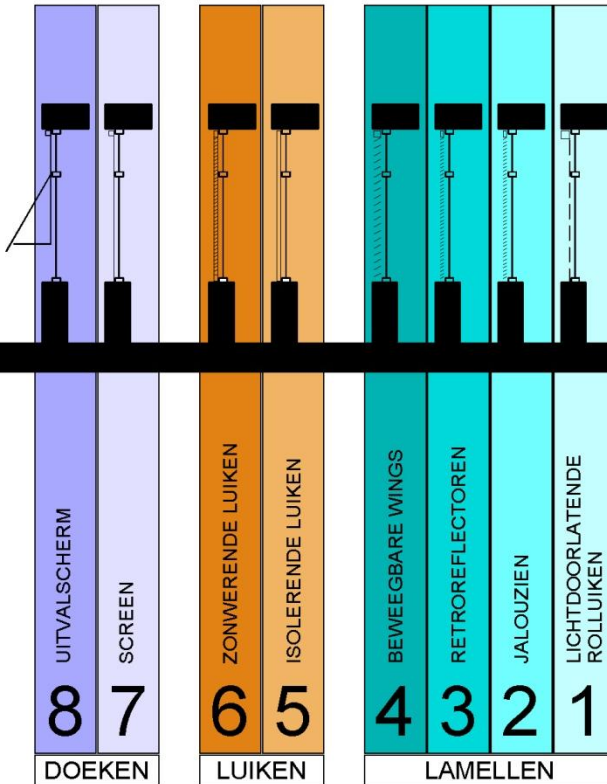
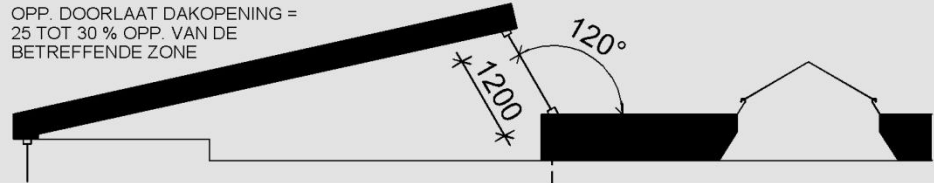
OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



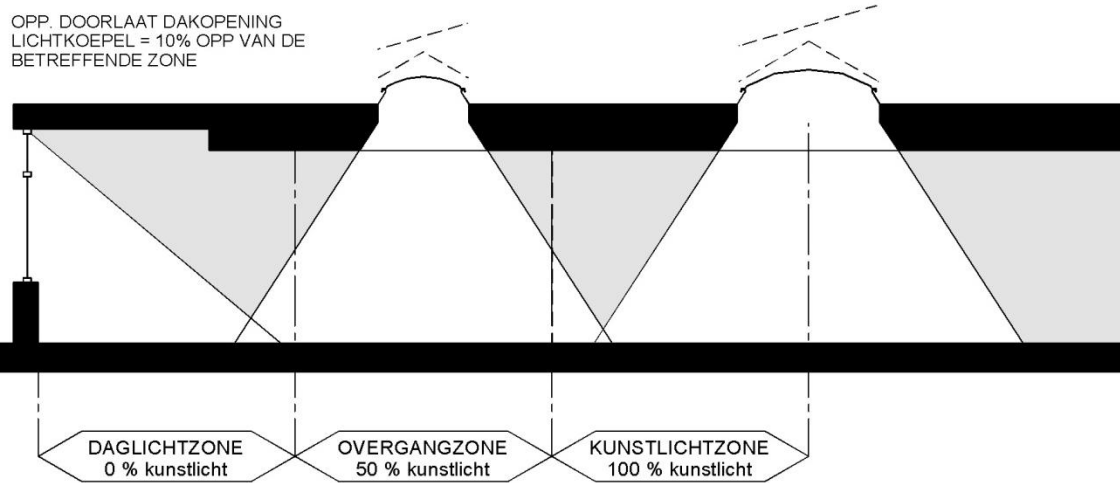
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



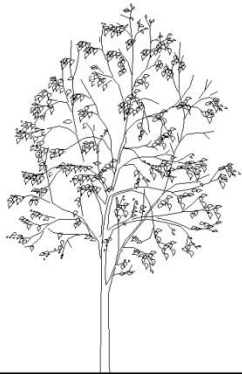
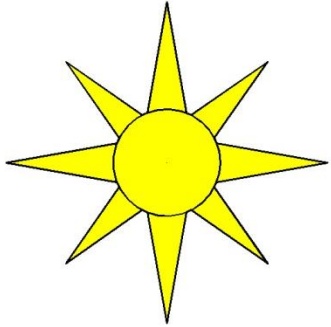
OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



0 BOMEN

**OOST 70 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

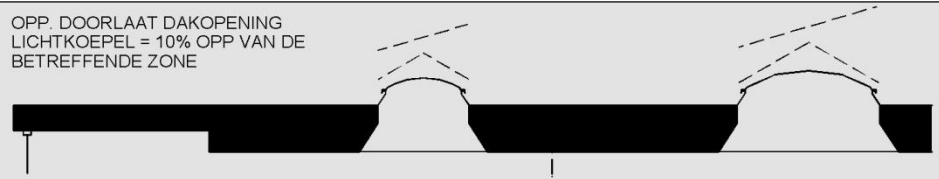
Lage zonnestand  
Warmte en verblinding



12, 13, 14

SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIS

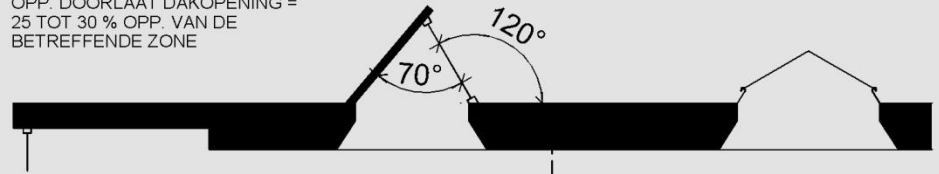
OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

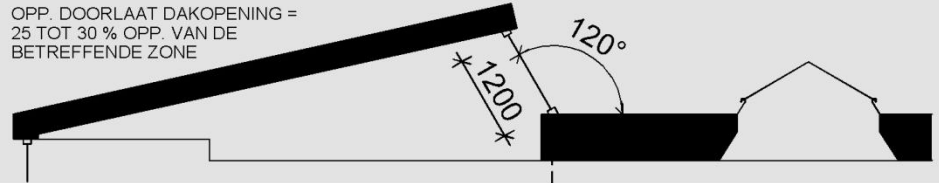
OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



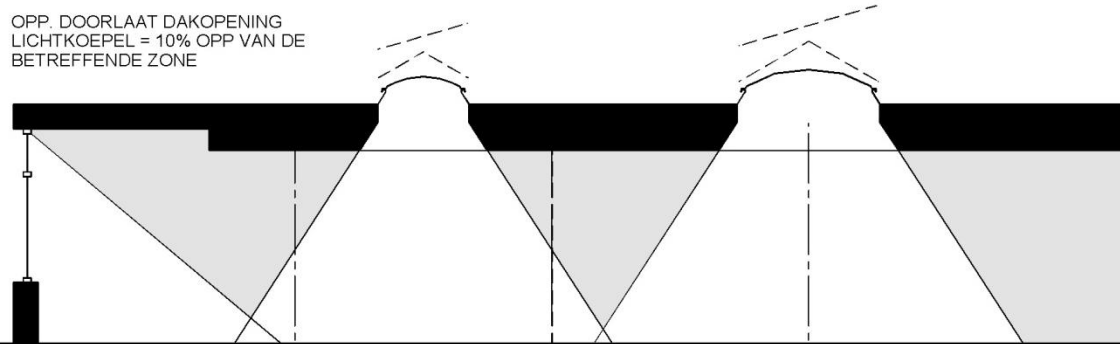
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



DAGLICHTZONE  
0 % kunstlicht

OVERGANGZONE  
50 % kunstlicht

KUNSTLICHTZONE  
100 % kunstlicht

UITVALSCHERM  
8

SCREEN  
7

DOEKEN

ZONWERENDE LUIKEN  
6

ISOLERENDE LUIKEN  
5

LUIKEN

BEWEEGBARE WINGS  
4

RETROREFLECTOREN  
3

JALOUZIEN  
2

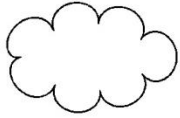
LICHTDOORLATENDE  
ROLLUIKEN  
1

LAMELLEN



**NOORD 70%**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

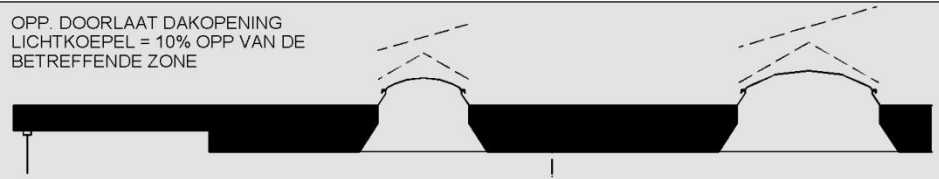
Diffuus licht



12, 13, 14

SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIS

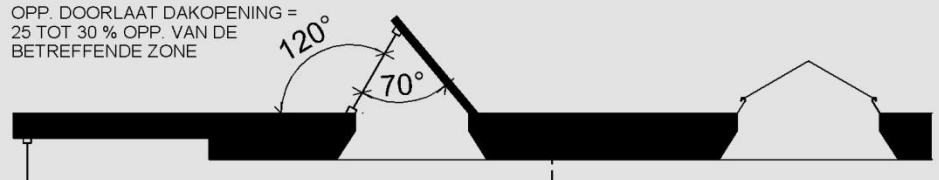
OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

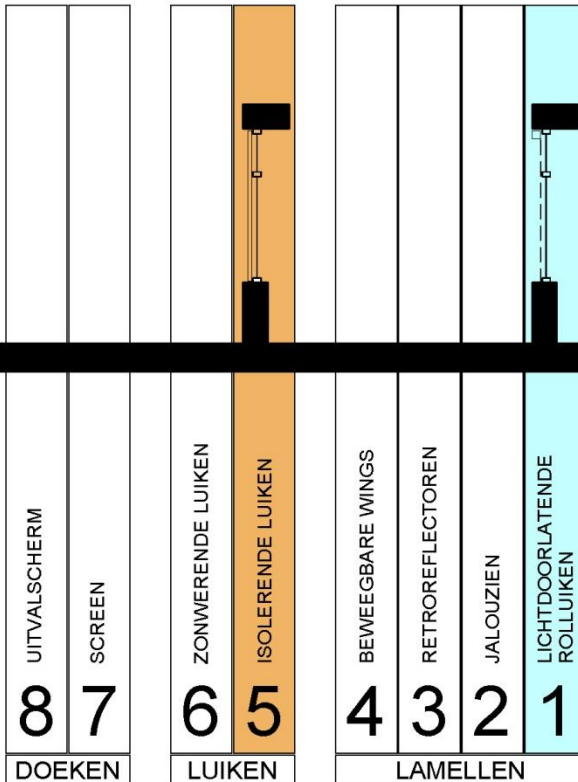
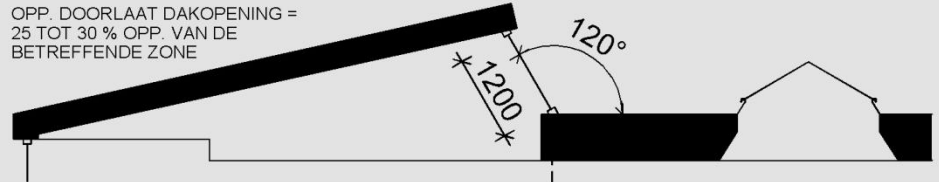
OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



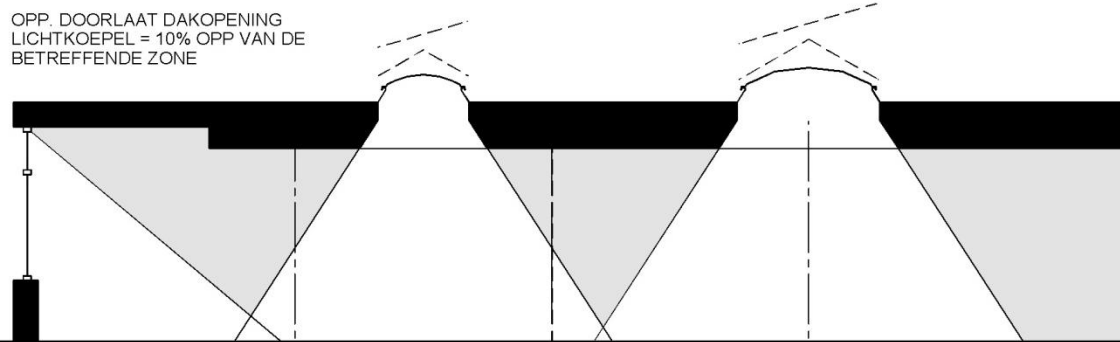
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



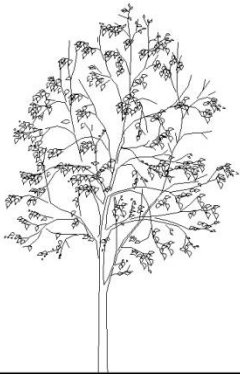
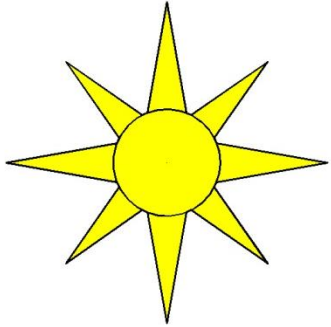
DAGLICHTZONE  
0 % kunstlicht

OVERGANGZONE  
50 % kunstlicht

KUNSTLICHTZONE  
100 % kunstlicht

**WEST 70 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

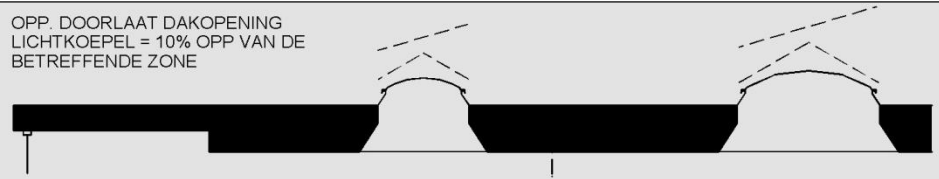
Lage zonnestand  
Verblinding



12, 13, 14

SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIS

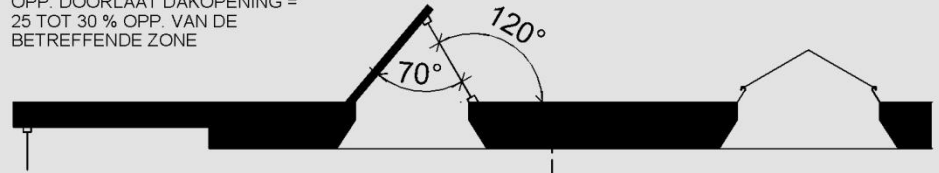
OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

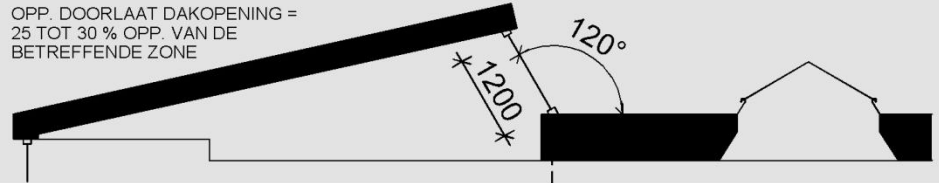
OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



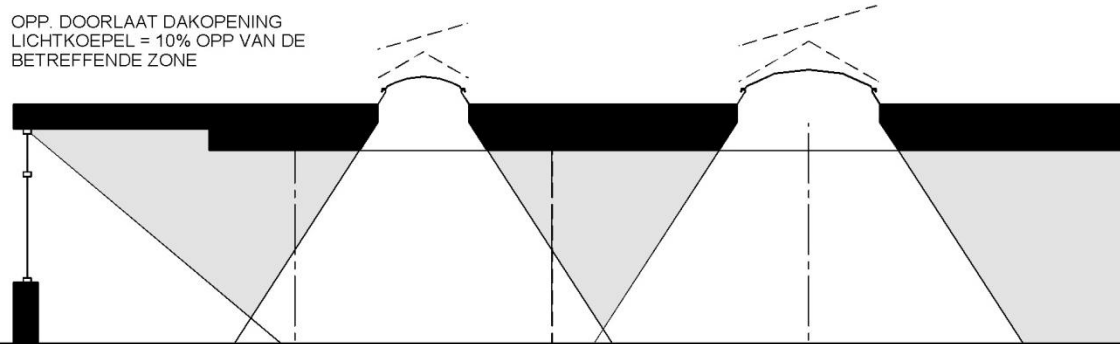
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



DAGLICHTZONE  
0 % kunstlicht

OVERGANGZONE  
50 % kunstlicht

KUNSTLICHTZONE  
100 % kunstlicht

UITVALSCHERM  
8

SCREEN  
7

DOEKEN

ZONWERENDE LUIKEN  
6

ISOLERENDE LUIKEN  
5

LUIKEN

BEWEEGBARE WINGS  
4

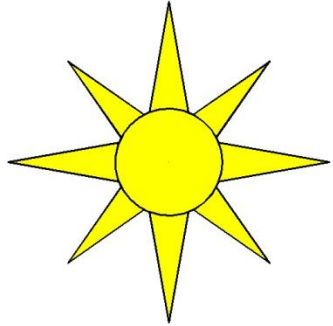
RETROREFLECTOREN  
3

JALOUZIEN  
2

LICHTDOORLATENDE  
ROLLUIKEN  
1

LAMELLEN

**ZUID 70 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

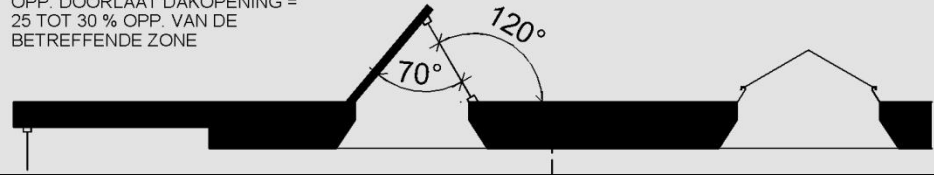


Hoge zonnestand  
Veel warmte

9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

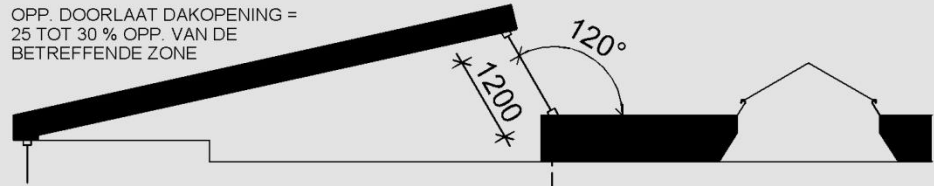
OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



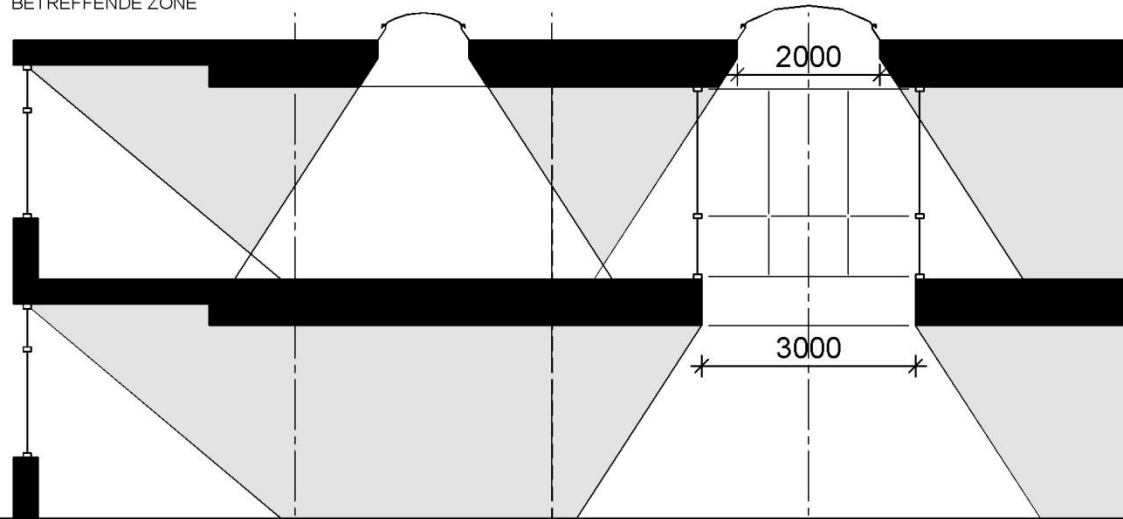
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



DAGLICHTZONE  
0 % kunstlicht

OVERGANGZONE  
50 % kunstlicht

KUNSTLICHTZONE  
100 % kunstlicht

0 BOMEN

UITVALSCHERM  
8

SCREEN  
7

DOEKEN

ZONWERENDE LUIKEN  
6

ISOLERENDE LUIKEN  
5

LUIKEN

BEWEEGBARE WINGS  
4

RETROREFLECTOREN  
3

JALOUZIEN  
2

LICHTDOORLATENDE  
ROLLUIKEN  
1

LAMELLEN

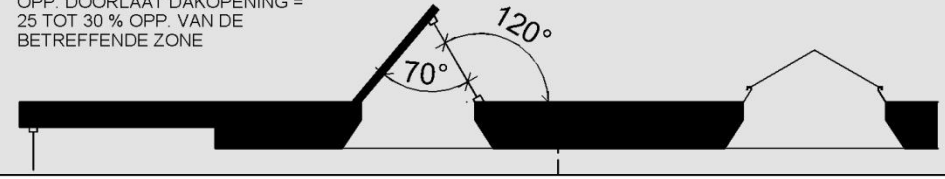


**OOST 70 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

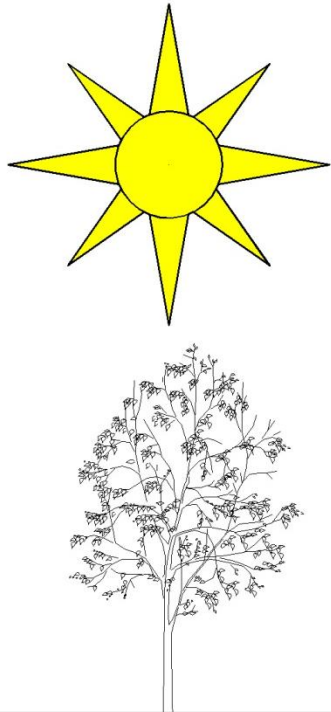
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



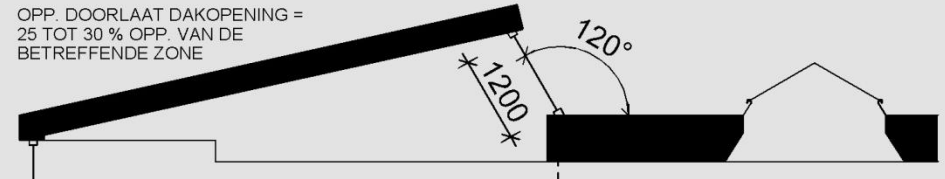
Lage zonnestand  
Warmte en verblinding



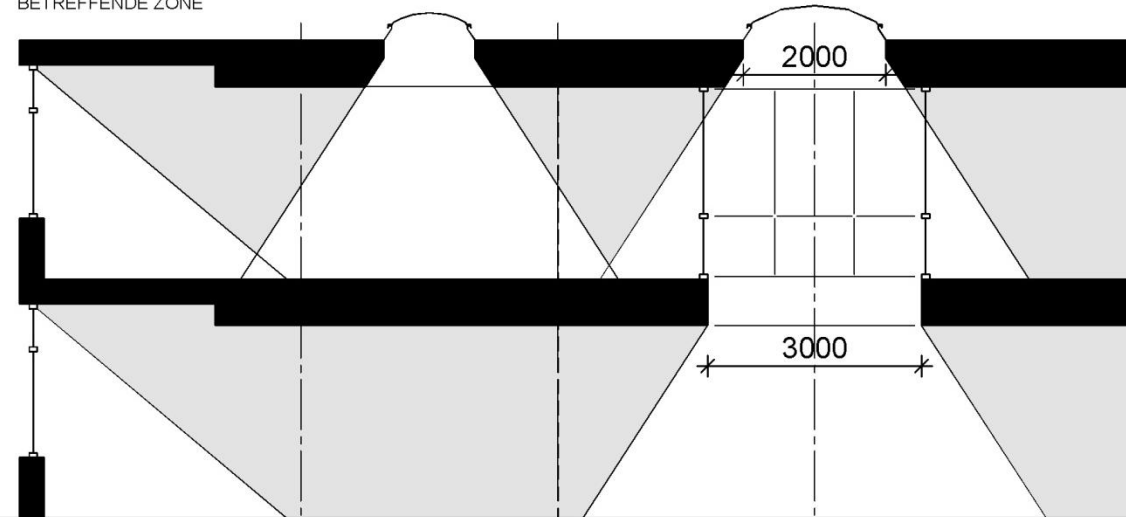
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



DAGLICHTZONE  
0 % kunstlicht

OVERGANGZONE  
50 % kunstlicht

KUNSTLICHTZONE  
100 % kunstlicht

0 BOMEN

UITVALSCHERM  
8

SCREEN  
7

DOEKEN

ZONWERENDE LUIKEN  
6

ISOLERENDE LUIKEN  
5

LUIKEN

BEWEEGBARE WINGS  
4

RETROREFLECTOREN  
3

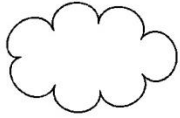
JALOUZIEN  
2

LICHTDOORLATENDE  
ROLLUIKEN  
1

LAMELLEN

**NOORD 70%**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

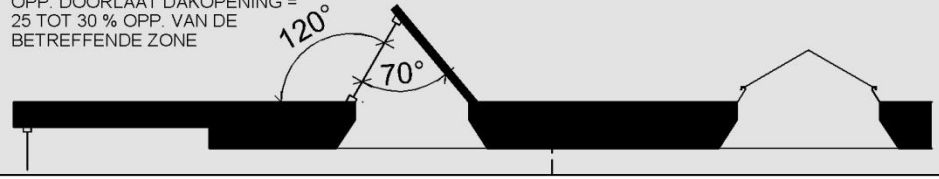
Diffuus licht



9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

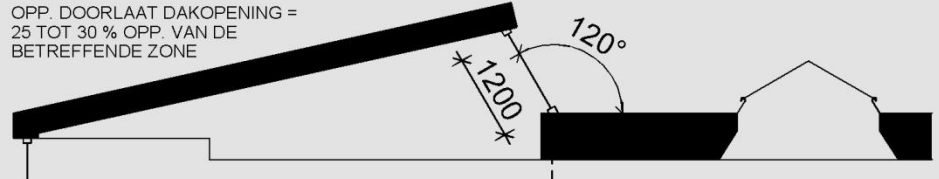
OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



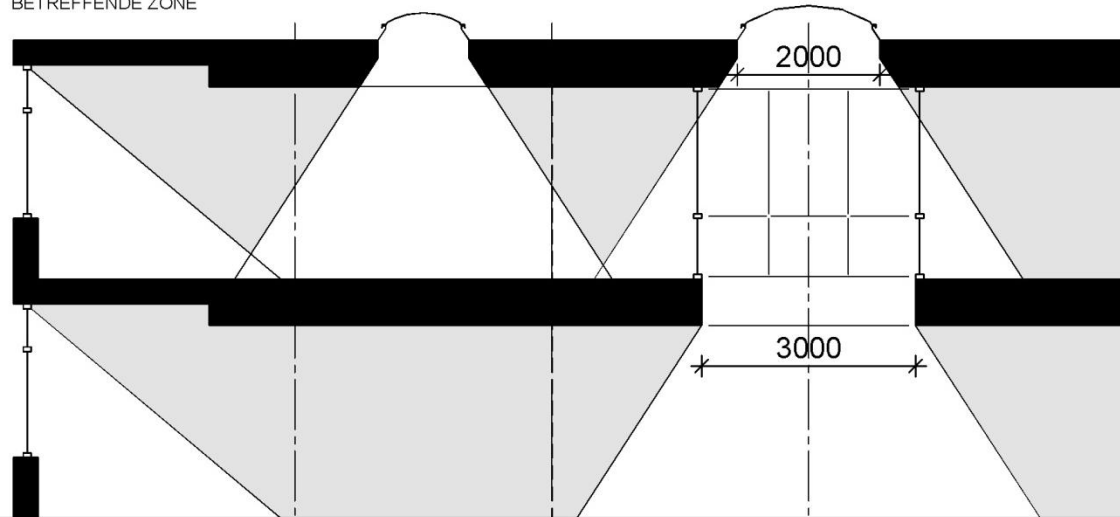
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



DAGLICHTZONE  
0 % kunstlicht

OVERGANGZONE  
50 % kunstlicht

KUNSTLICHTZONE  
100 % kunstlicht

0 BOMEN

UITVALSCHERM

8

DOEKEN

SCREEN

7

ZONWERENDE LUIKEN

6

LUIKEN

ISOLERENDE LUIKEN

5

BEWEEGBARE WINGS

4

RETROREFLECTOREN

3

LAMELLEN

JALOUZIEN

2

LICHTDOORLATENDE  
ROLLUIKEN

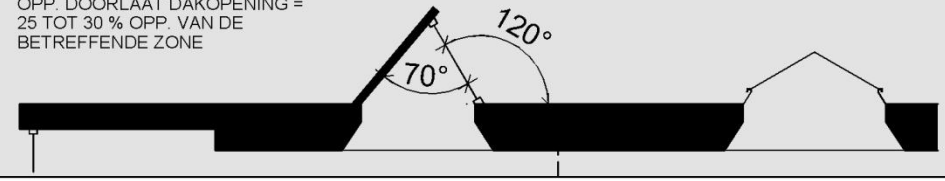
1

**WEST 70 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

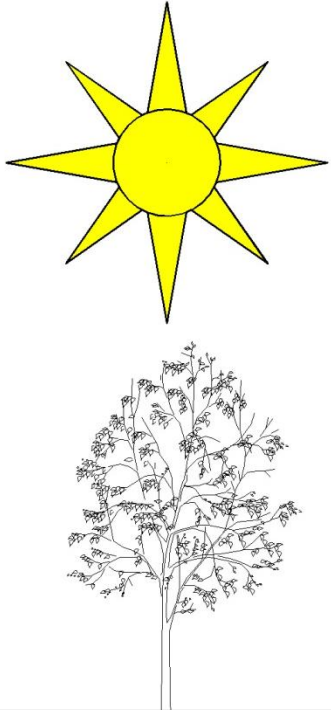
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



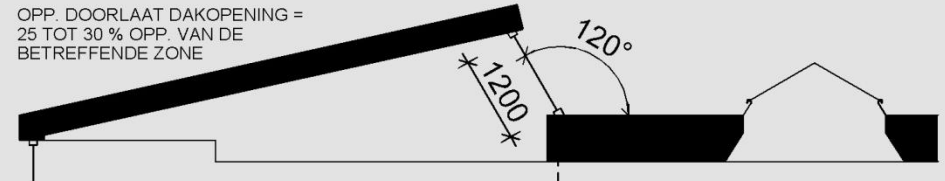
Lage zonnestand  
Verblinding



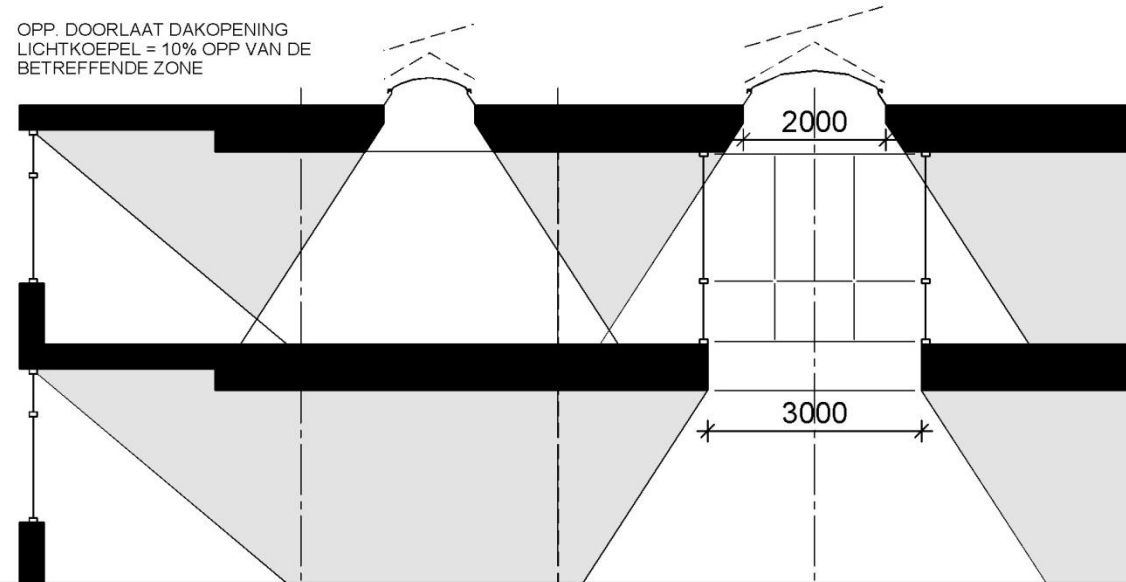
9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



DAGLICHTZONE  
0 % kunstlicht

OVERGANGZONE  
50 % kunstlicht

KUNSTLICHTZONE  
100 % kunstlicht

0 BOMEN

UITVALSCHERM  
8

SCREEN  
7

DOEKEN

ZONWERENDE LUIKEN  
6

ISOLERENDE LUIKEN  
5

LUIKEN

BEWEEGBARE WINGS  
4

RETROREFLECTOREN  
3

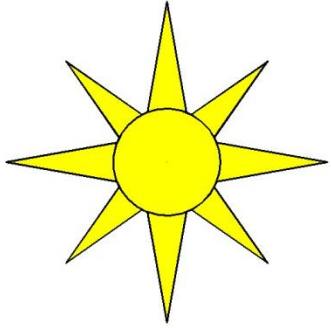
JALOUZIEN  
2

LICHTDOORLATENDE  
ROLLUIKEN  
1

LAMELLEN



**ZUID 30 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

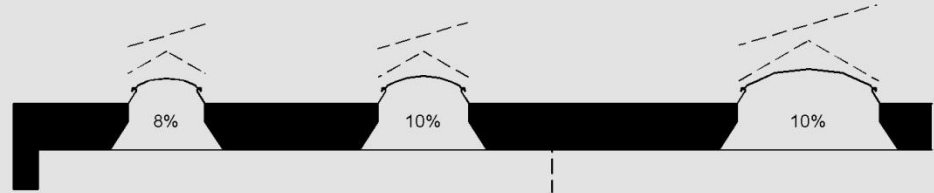


Hoge zonnestand  
Veel warmte

12, 13, 14

SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIJS

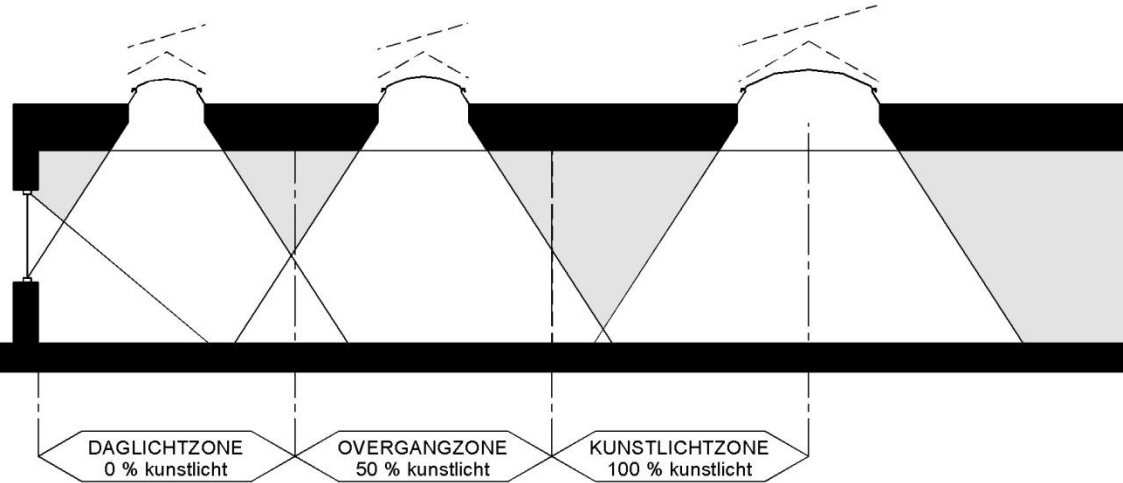
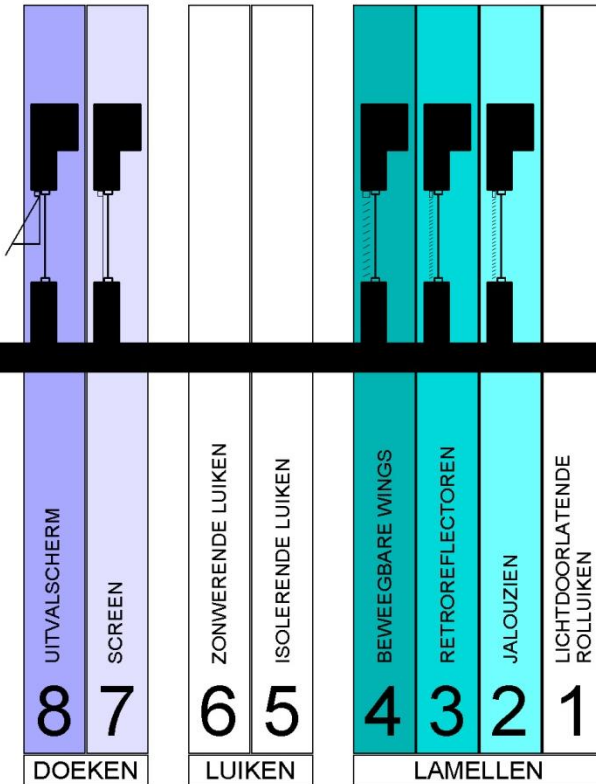
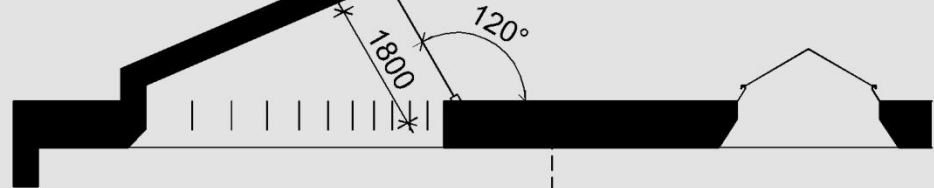
OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 8-10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



9, 10, 11

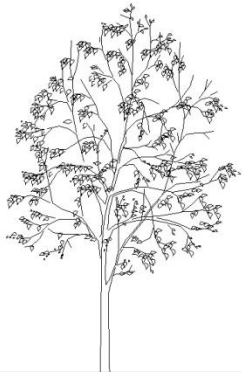
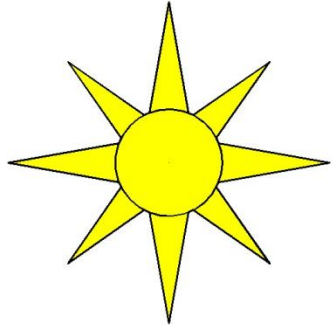
LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



**OOST 30 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

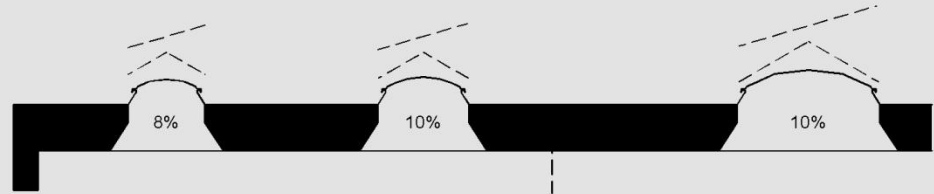
Lage zonnestand  
Warmte en verblinding



12, 13, 14

SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIJS

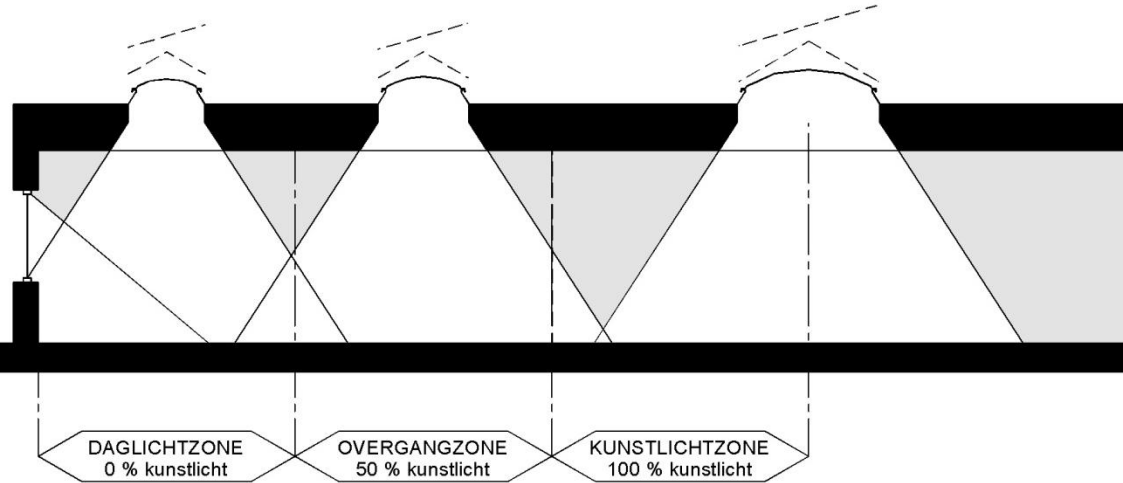
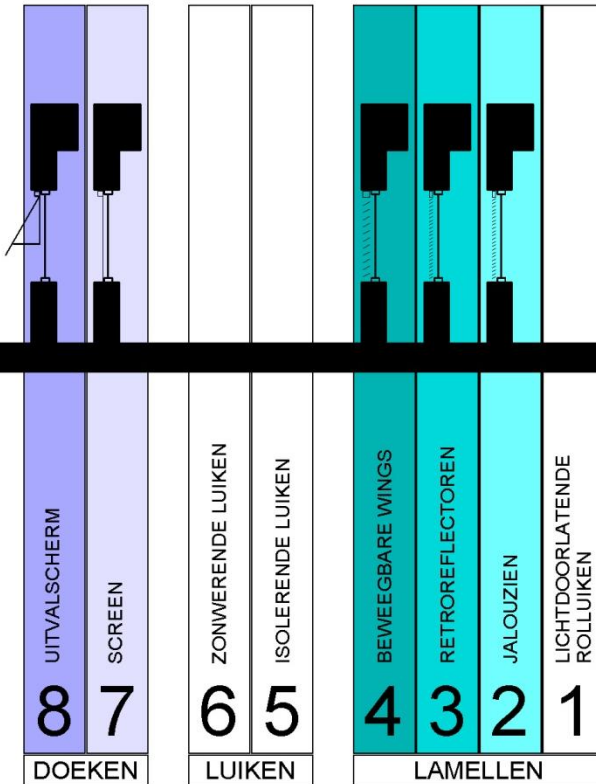
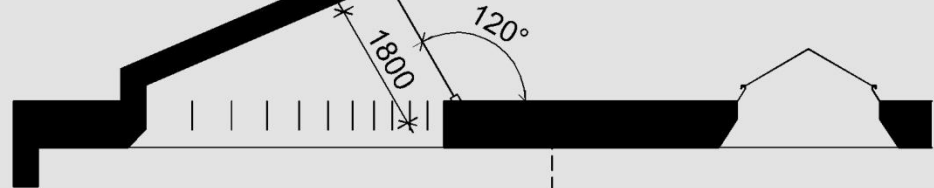
OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 8-10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

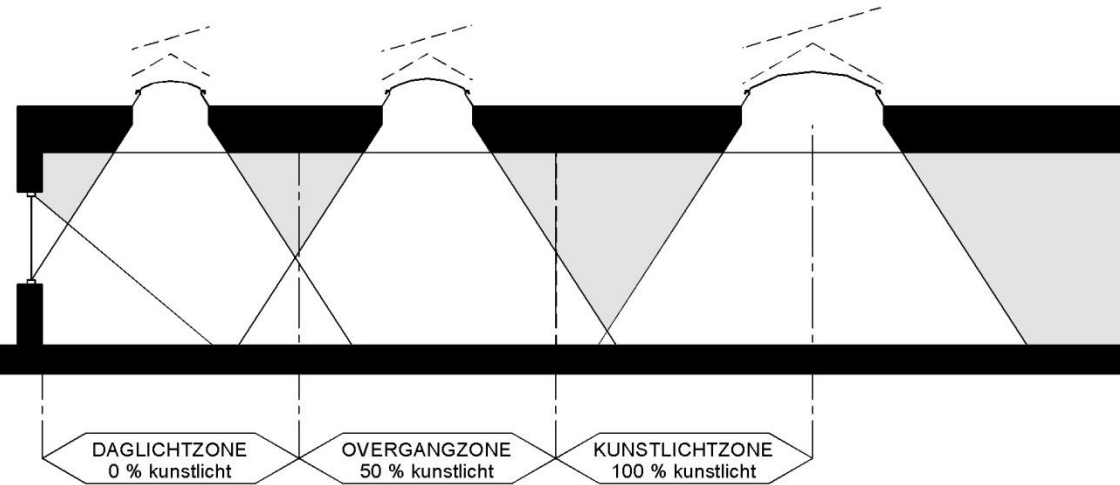
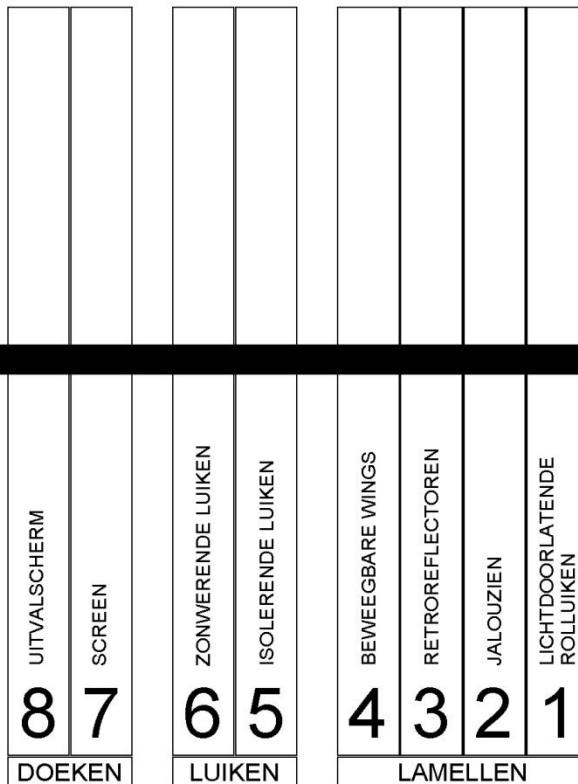
OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIJS

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
 DAGLICHT ROLLUIKEN  
 SCREENS LICHTSTRATEN

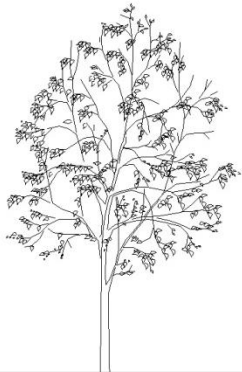
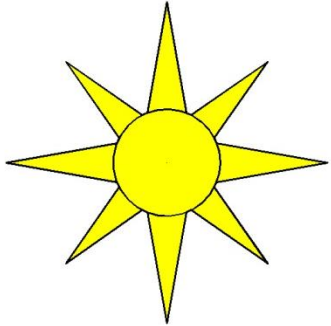
OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE





**WEST 30 %**  
(% = KOZIJNOPPERVLAKTE  
VAN DE GEVEL)

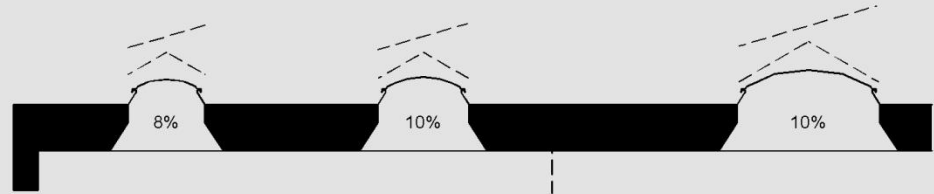
Lage zonnestand  
Verblinding



12, 13, 14

SCREENS LICHTKOEPELS /  
DAGLICHTBUIJS

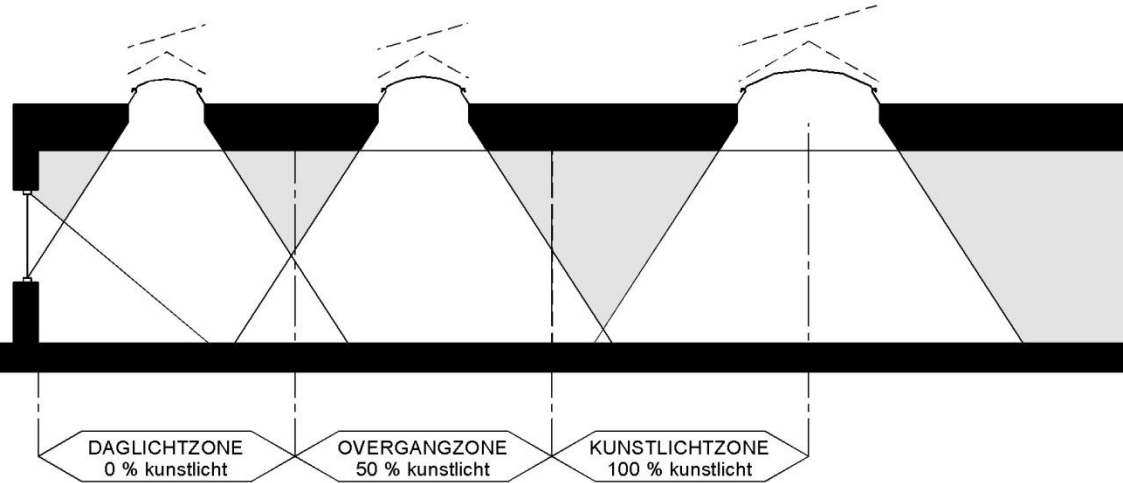
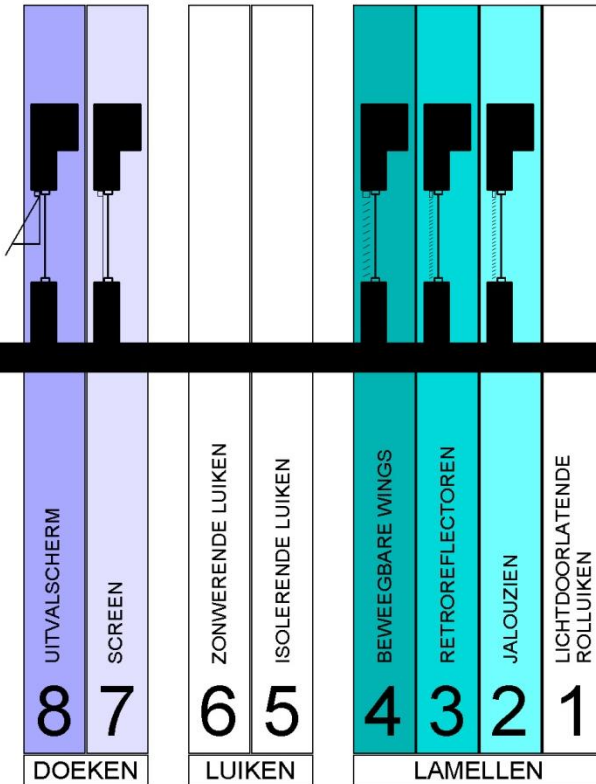
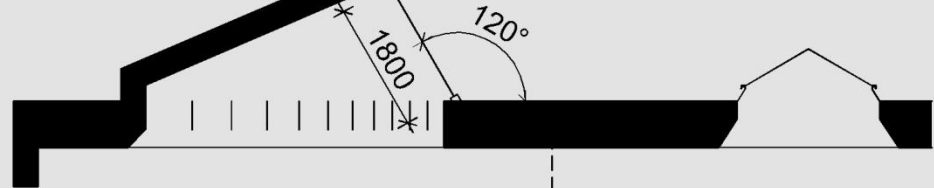
OPP. DOORLAAT DAKOPENING  
LICHTKOEPEL = 8-10% OPP VAN DE  
BETREFFENDE ZONE



9, 10, 11

LICHTDOORLATENDE ROLLUIKEN  
DAGLICHT ROLLUIKEN  
SCREENS LICHTSTRATEN

OPP. DOORLAAT DAKOPENING =  
25 TOT 30 % OPP. VAN DE  
BETREFFENDE ZONE

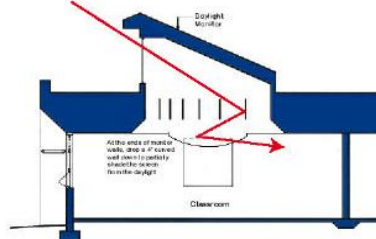


### 3. Referenties



Een oplossing op basis van een bovenlicht met lichtbaffles.  
Deze oplossing is afgestemd op de daglichniveaus die voorkomen in landen op de breedtegraad van Spanje liggen.

[www.innovativedesign.net](http://www.innovativedesign.net)



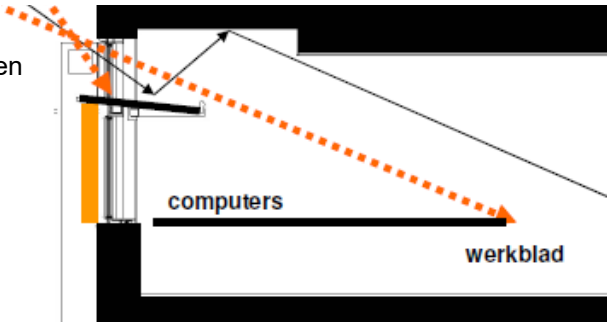
Voorbeeld van een hedendaagse daglichtschool in Ohio, Verenigde Staten. Innovative design

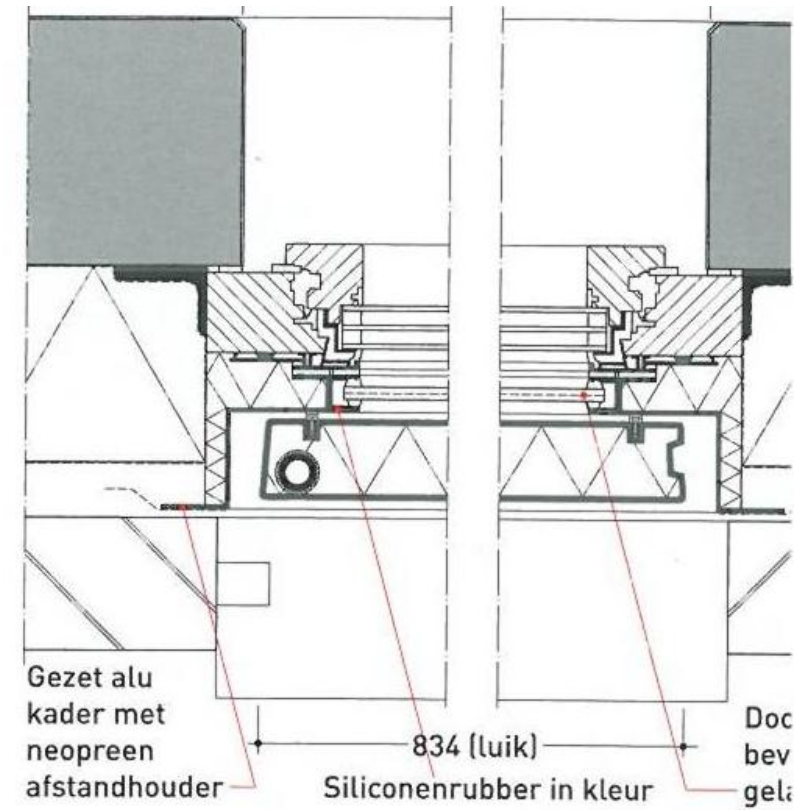
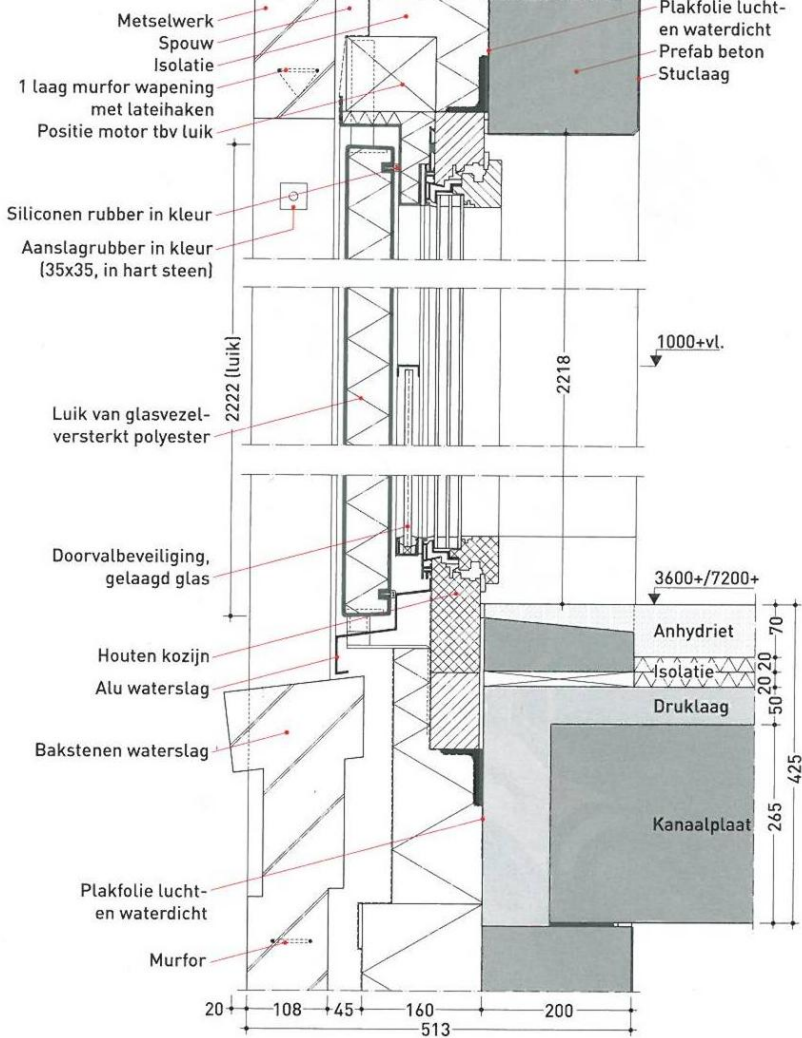




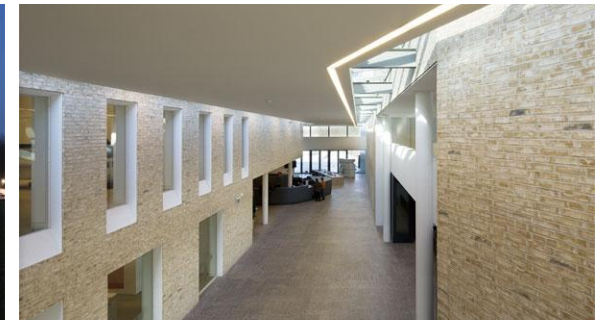
# **Wel het licht en niet de warmte.**

Hollandse bovenlichten met een combinatie van lichtplanken en zonwering, om daglicht binnen te brengen zonder de warmtelast.  
 De lichtplankaan de buitenzijde weerkaatst de zomerzon.  
 De lichtplank aan de binnenzijde weert de laagstaande winterzon van het de werktafels.  
[www.lichtopbinnenklimaat.nl](http://www.lichtopbinnenklimaat.nl)





Een oplossing met geïsoleerde luiken die de thermische verliezen als gevolg van de nachtelijke uitstraling structureel verminderen.





## 4. Besparingsopties

Als basis geldt een optimaal daglichtontwerp. Pas daarna dient gezocht te worden naar een aanvulling met een optimale energie zuinige kunstverlichting.

### A. Keuze verlichtingssysteem

Bij de aanschaf van LED-verlichting voor lesruimten is niet alleen de lichtopbrengst belangrijk, maar ook de trillingsfrequentie (flicker) van de armaturen. Goedkopere LED-armaturen hebben vaak een lage frequentie, wat kan zorgen voor vermoeide ogen, hoofdpijn en concentratieproblemen bij leerlingen en docenten. Dit is eenvoudig te testen met de camera van een mobiele telefoon. Verschijnen er golvende strepen of flikkeringen in beeld? Dan is de frequentie te laag. Kwalitatieve LED-armaturen geven een stabiel, flikkervrij beeld en dragen bij aan een comfortabele en gezonde leeromgeving

### B. Daglichtregeling

Extra besparing door toepassing van daglichtafhankelijke regeling (alleen geschikt voor de laatste twee situaties) waardoor het energieverbruik kan worden gereduceerd met wel 60%.

### C. Bewegingssensoren

Door toepassing van bewegingssensoren wordt voorkomen dat de verlichting blijft branden wanneer niemand in een bepaalde ruimte aanwezig is. Hierdoor is, uiteraard afhankelijk van de omstandigheden, een totale reductie van het energieverbruik met zo'n 75% mogelijk.

### D. Energieneutrale kunstverlichting

Om een energieneutrale kunstverlichting te realiseren moet de elektrische energie die uit het net wordt opgenomen worden gecompenseerd door eigen stroomopwekking. Dit kan in de vorm van bijvoorbeeld photo-voltaïsche cellen (PV-cellen).



# Literatuurlijst

## **Verlichting algemeen en duurzaamheid.**

- Energiezuinige verlichting voor scholen, Agentschap NL , 2010.
- Toolbox binnenklimaat onderwijs, Stichting Living Daylights / TU/e.
- Guidelines for Environmental Design in Schools, Building Bulletin 87, 2<sup>nd</sup> Edition Version 1 (May 2003).
- Guide for Daylighting Schools, Lighting Design Center, Developed by Innovative Design, Administered by Rensselaer Polytechnic Institute, 2004.
- Verlichting voor onderwijsinstellingen, Praktijkdocument NSVV, 2004.
- Licht en gezondheid voor werkenden, Aanbeveling NSVV, 2003.
- Energy Performance of Daylit Schools in North Carolina, Michael Nicklas, Gary Bailey, Innovative Design (NC, USA).
- Daylighting Ohio's Schools, PowerPoint presentation Mike Nicklas, FAIA, Innovative Design (NC, USA).
- Designing Better Learning Environments, Innovative Design (NC, USA).

## **Verlichting in relatie tot concentratie, prestatie, welbevinden en gezondheid.**

- Beter licht – hogere cijfers? Philips en Universitätsklinik Hamburg, 2008.
- Literatuurstudie scholen en kindercentra – Binnenmilieu, gezondheid en leerprestaties, Dr. A. Meijer, Dr. Ir. E. Hasselaar en Ing. C.A.M. Snepvangers, TU Delft, 2007.
- Daylighting in Schools, An Investigation into the Relationship between Daylighting and Human Performance, The Pacific Gas and Electric Company, onderzoek Heschong Mahone Group, 1999.
- Voel je goed en leer beter met SchoolVision, Philips, 2010.
- Literatuuronderzoek gebouwgebonden gezondheid, comfort, productiviteit en ziekteverzuim in relatie tot energiegebruik, ir. A.C. Boerstra, drs. J.L. Leijten en drs. L. Haans, SenterNovem, 2006.
- Windows and Classrooms: A Study of Student Performance and the Indoor Environment, California Energy Commission, 2003.
- Werkverlichting: Visuele en biologische effecten, Ir. W.J.M. van Bommel en Ir. G.J. van den Beld, Philips Lighting, Nederland 2004.