

syllabus **BOUWFYSICA**

deel 3: **VERLICHTING  
ZONTOETREDING  
ZONWERING  
VENTILATIE**

Rijksgebouwendienst  
Hoofdafdeling Bouw  
's-Gravenhage, juni 1978



1            LICHT

1.0          INLEIDING

- Wat is licht

1.1          AANBEVOLEN VERLICHTINGSSTERKTEN

1.2          DAGVERLICHTING

- Daglichtfactor

- Hemelfactor

- Eisen aan woningen en andere gebouwen

1.3          KUNSTVERLICHTING

- Verlichtingssterkte

- Helderheidsverschillen

- Warmteontwikkeling door verlichting

2            ZONTOETREDING EN ZONWERING

2.0          INLEIDING

2.1          BEZONNING VAN WONINGEN

2.2          ORIENTATIE

2.3          BESCHADUWING, LUIFELS EN DERGELIJKE

2.4          BROEIKASEFFECT

2.5          ZONWERENDE CONSTRUCTIES

- Binnenzonwering

- Buitenzonwering

- Zonwerend glas

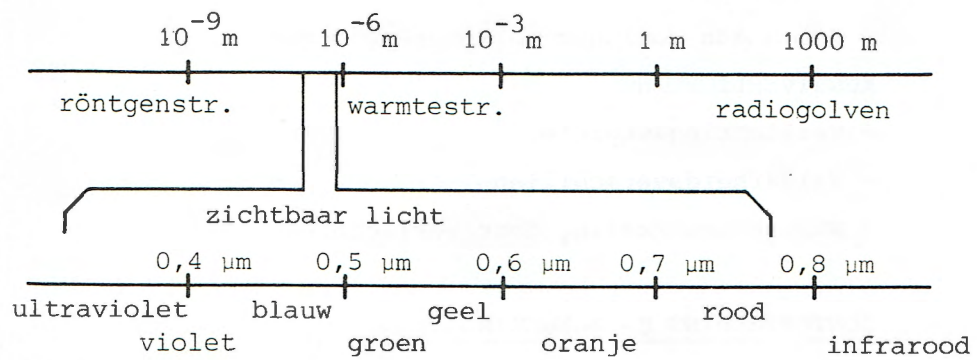
- Overzicht

3            VENTILATIE

3.0          INLEIDING

3.1          NATUURLIJKE VENTILATIE, MECHANISCHE VENTILATIE

3.2          VEREISTE VENTILATIE HOEVEELHEDEN



figuur 1-1: Golflengten electromagnetische straling.

1 LICHT

1.0 INLEIDING

In deze paragraaf worden enige zaken besproken omtrent dag- en kunstverlichting en de vereiste verlichtingssterkten. Naast informatie over wat licht is worden de principes van het berekenen van verlichting kort besproken. Hierbij komen begrippen aan de orde als daglichtfactor en hemelfactor. Verder wordt aangegeven wat in normen en richtlijnen omtrent verlichting is vastgelegd.

Wat is licht

Licht is een elektromagnetische straling.

Radiogolven, infrarode (warmte) straling, licht, ultraviolette straling en röntgenstraling zijn alle voorbeelden van deze zogenaamde elektromagnetische golven.

De voortplantingssnelheid is voor al deze golven gelijk ( $3 \cdot 10^8$  m/s ofwel 300.000 km/s).

Het verschil tussen de verschillende typen straling komt voort uit de golflengte.

Het menselijk oog is voor een heel klein deel van deze golven gevoelig.

Het "zichtbare licht" heeft golflengten die variëren van 0,4 tot 0,8  $\mu\text{m}$ .

Een  $\mu\text{m}$  is  $10^{-6}$  m ofwel één duizendste mm.

De golflengte van het licht bepaalt de kleur. Zie ook figuur 1-1.

1.1 AANBEVOLEN VERLICHTINGSSTERKTEN

De "verlichtingssterkte" (E) is de hoeveelheid licht (de lichtstroom, uitgedrukt in lumen), die op een "vlak" valt per eenheid van oppervlak ( $\text{m}^2$ ).

De verlichtingssterkte in lumen per vierkante meter ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) wordt uitgedrukt in "lux".

De verlichtingssterkte is met eenvoudige apparatuur meetbaar.

klasse	werkzaamheden/ruimte	aanbevolen verlichtingssterkte in lux
I	fijn tekenwerk, precisie gereedschap maken, confectieindustrie enz.	1000 of meer *)
II	normaal lees- en schrijfwerk, leslokaal, vergaderzaal, kantoor, bankwerkerij	500 - 1000
III	magazijn, smederij, constructiewerkplaats	250 - 500
IV	opslagruimte, autostalling	125 - 250

\*) Voor het bereiken van hoge verlichtingsniveaus dient veelal van plaatselijke verlichting als aanvulling op de algemene verlichting van de ruimte gebruik te worden gemaakt.

tabel 1-1: Aanbevolen verlichtingssterkten

In de norm NEN 3006 worden aanbevelingen gedaan voor de binnenverlichting. In tabel 1-1 worden enige richtwaarden gegeven. Voor kunstverlichting kan in de praktijk veelal met de laagste waarde van het aangegeven gebied worden volstaan.

In een woonhuis treft men allerlei verlichtingssterkten aan. Bij lezen met behulp van een extra lamp zal men veelal waarden van 250 - 500 lux vinden. Bij wat men noemt "sfeerverlichting" zal de verlichtingssterkte vaak niet meer dan 50 lux bedragen. De waarden die optimaal zijn voor het verrichten van bepaalde bezigheden zoals lezen, handwerken enz. kunnen worden afgeleid uit de hiervoor gegeven tabel (1-1).

## 1.2 DAGVERLICHTING

Zelden is gedurende de gehele normale werktijd voldoende natuurlijk licht aanwezig om aan de in 1.1 genoemde verlichtingssterkten te kunnen voldoen.

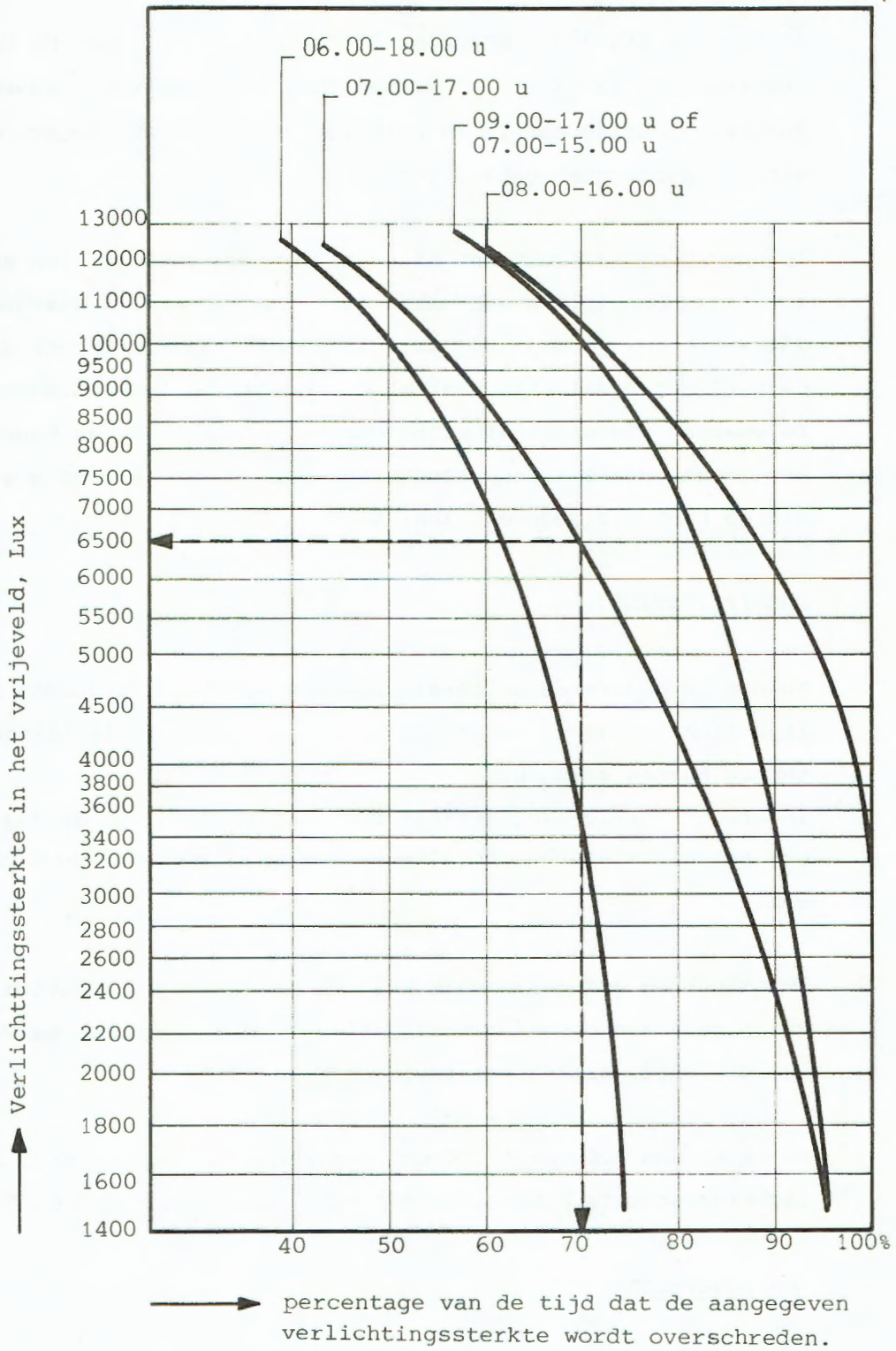
Immers de verlichtingssterkte buiten varieert over de dag en kan ook tijdelijk sterke wisselingen vertonen (wolken, onweersbui, enz.).

Er is bekend gedurende welk percentage van de tijd buiten in het vrije veld een bepaalde verlichtingssterkte minimaal aanwezig is. Dit wordt aangegeven in figuur 1-2.

Zo is tussen 7.00 en 17.00 uur gedurende 70% van de tijd de verlichtingssterkte buiten, in het vrije veld, meer dan 6500 lux.

### Daglichtfactor

Voor de dagverlichting van een ruimte kan nu als eis worden gesteld dat gedurende een bepaalde periode van de dag een bepaald percentage van de tijd aan een minimale verlichtingssterkte (bijvoorbeeld volgens 1.1) wordt voldaan. In dit kader wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde daglichtfactor.



figuur 1-2: Referentiewaarden van de verlichtingssterkte in het vrije veld in Nederland.



De daglichtfactor kan worden gedefinieerd als de verhouding tussen de verlichtingssterkte binnen en de verlichtingssterkte buiten, in het vrije veld, op hetzelfde moment.

Stel binnen is de verlichtingssterkte 150 lux en buiten, op hetzelfde moment 5000 lux; de daglichtfactor is dan:  $\frac{150}{5000} \cdot 100\% = 3\%$ .

Stijgt de verlichtingssterkte buiten tot 10.000 lux, dan wordt de verlichtingssterkte binnen 300 lux. De daglichtfactor blijft hetzelfde.

voorbeeld:

In een werkplaats wil men gedurende 90% van de tijd tussen 8.00 en 16.00 uur een verlichtingssterkte hebben van 300 lux.

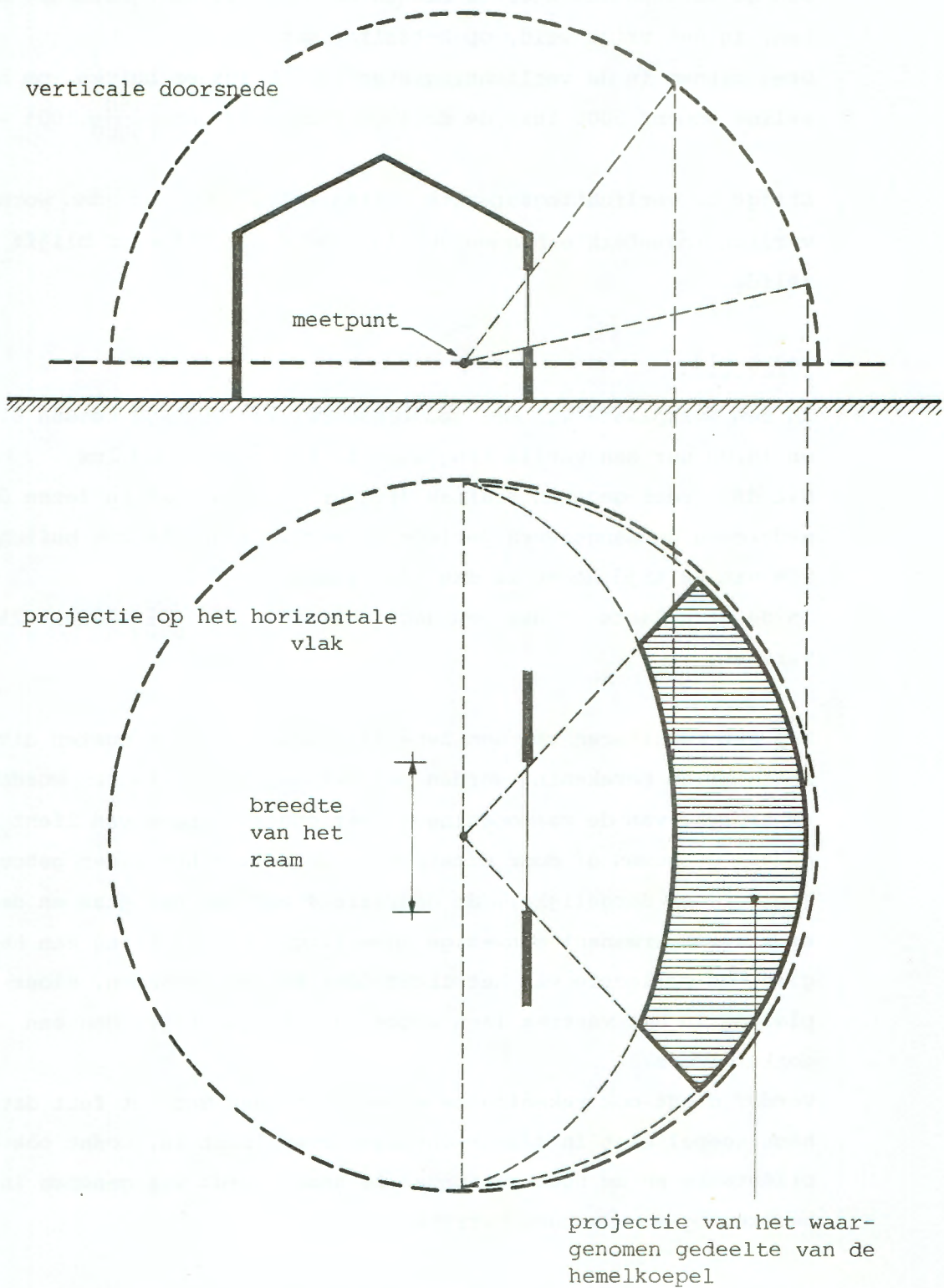
Uit de eerder gegeven grafiek (figuur 1-2) valt af te lezen dat gedurende de aangegeven periode de verlichtingssterkte buiten 90% van de tijd hoger is dan 6000 lux.

In de werkplaats is dan een daglichtfactor van  $\frac{300}{6000} \cdot 100\% = 2\%$  vereist.

Bij het realiseren van een bepaalde daglichtfactor moeten diverse zaken in de berekening worden betrokken. Genoemd kunnen worden de grootte van de raamopeningen, het onderscheppen van licht door andere gebouwen of door uitstekende delen van het eigen gebouw (luifels en dergelijke), de doorlatendheid van het glas en de eventueel permanent aanwezige zonwering, de vervuiling van het glas, de reflectie van het licht door de binnenwanden, vloer en plafond in het vertrek (een witte wand is gunstiger dan een donkere) enz.

Verder dient ook rekening te worden gehouden met het feit dat de hemelkoepel niet in alle richtingen even licht is, zodat ook de oriëntatie en de hoek waaronder de hemel wordt waargenomen in de berekening moet worden betrokken.

Dit alles maakt dat de daglichtfactor een vrij ingewikkelde grootheid is om mee te werken. Daarom wordt veelal gewerkt met de "hemelfactor".



figuur 1-3: Bepaling van de hemelfactor

### Hemelfactor

De hemelfactor is een zuiver meetkundige grootheid, die kan worden beschouwd als de daglichtfactor voor het geval dat de hemelkoepel overal even licht is, geen lichtverliezen optreden door glas en vervuiling en geen lichtbijdragen aanwezig zijn door reflecties in het vertrek.

De hemelfactor in een bepaald punt is derhalve feitelijk gewoon het percentage van de hemelkoepel (halve bol) dat vanuit dat punt kan worden waargenomen. Zie ook figuur 1-3.

De hemelfactor kan derhalve door berekening ook worden bepaald met behulp van het "stippendiagram" van de V 1069. Dat is de ontwerpnorm "Dagverlichting van woningen" die al dateert van 1953. Voor de hemelfactor worden eisen gesteld in bepaalde normpunten. Deze worden aangenomen op 0,85 m boven het vloeroppervlak en op een afstand van ca. 2 m van de gevel.

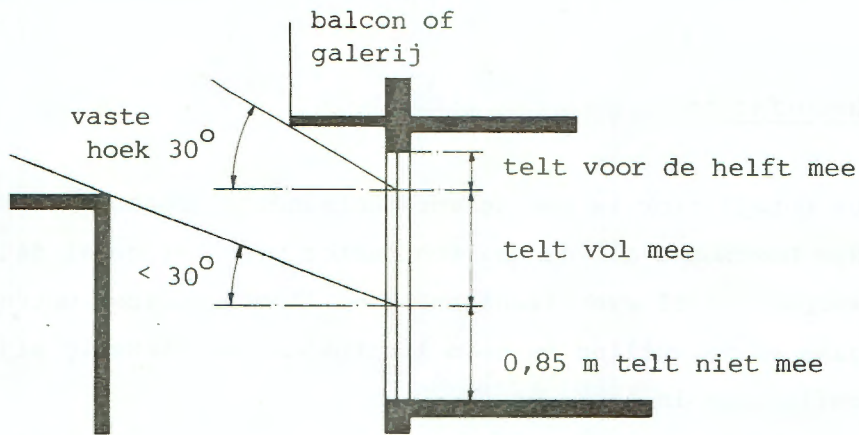
### Eisen aan woningen en andere gebouwen

In Nederland zijn de bouwvoorschriften voor woningen behalve op het criterium van de hemelfactor gebaseerd op de verhouding tussen glas- en vloeroppervlak.

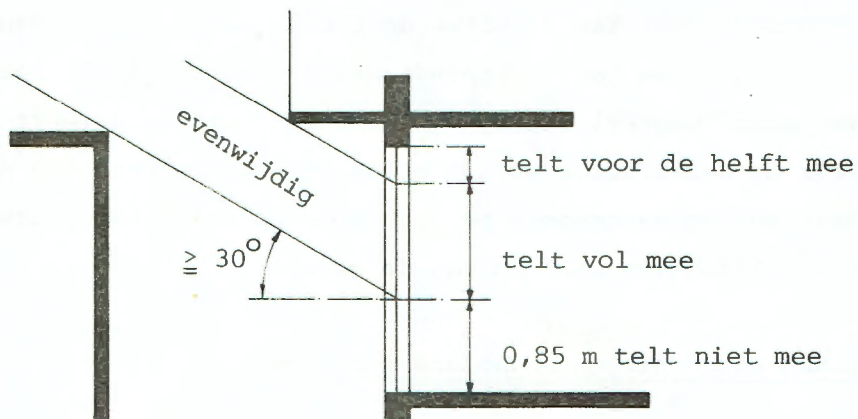
In de Model-Bouwverordening en het Staatsblad worden eisen geformuleerd zoals die in de volgende figuren zijn aangeduid.

In figuur 1-4 is aangegeven hoe het raamoppervlak moet worden gemeten. Hoe groot de verhouding tussen nuttige raamoppervlakte en vloeroppervlak minimaal moet zijn is aangegeven in figuur 1-5.

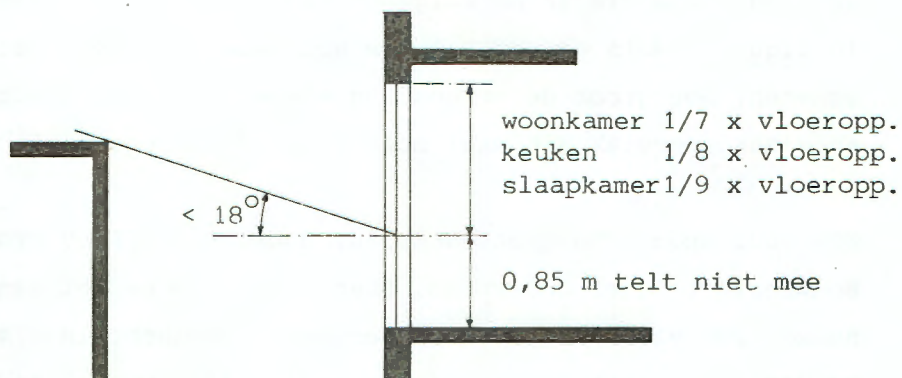
Ook voor andere ruimten (scholen, Bouwbesluit Kleuteronderwijs en Bouwbesluit Lager Onderwijs, Staatsblad nummer 361 van 1957 en nummer 200 van 1959; werkruimten, Veiligheidsbesluit van 1938) worden eisen gesteld aan de verhouding glasoppervlak-vloeroppervlak. In de "Wenken 1974" zijn door het Rijks Schooltoezicht "interne" aanwijzingen opgesteld voor de interpretatie van de bouwbesluiten in verband met de veranderde wijze van scholenbouw. Hierin wordt onder meer gesproken over "mogelijkheden voor secundaire daglichttoetreding" (daglichtkoepels en dergelijke).



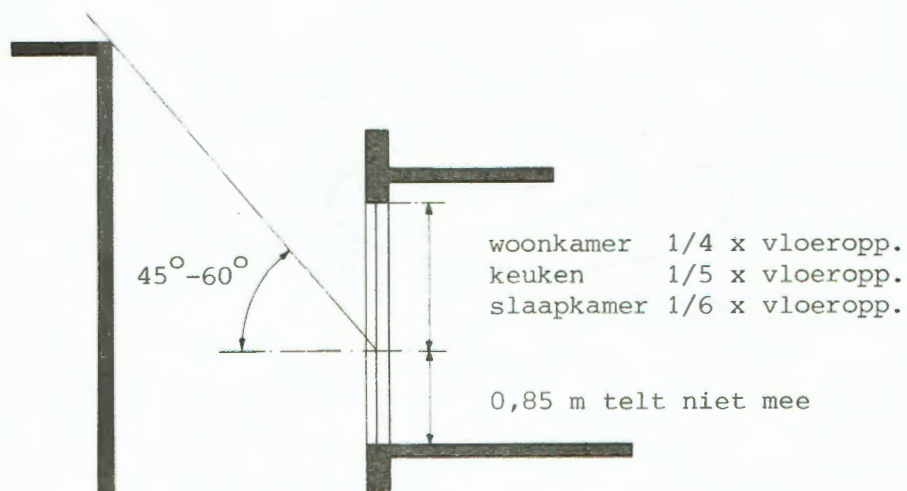
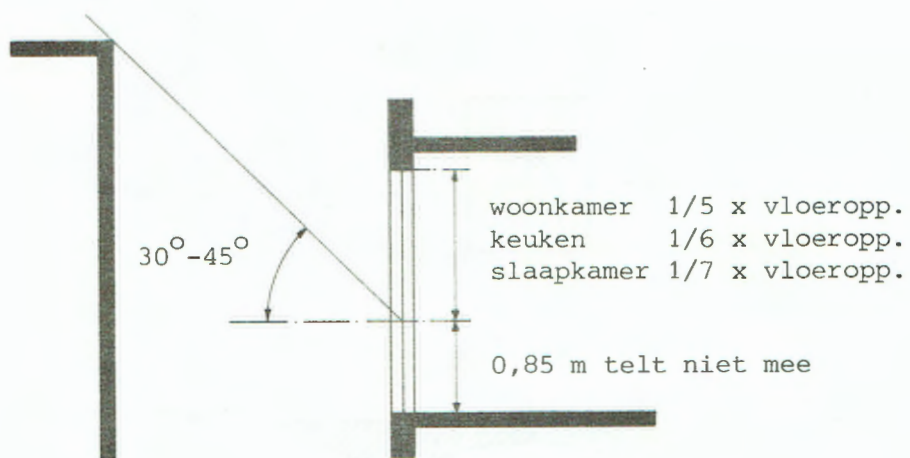
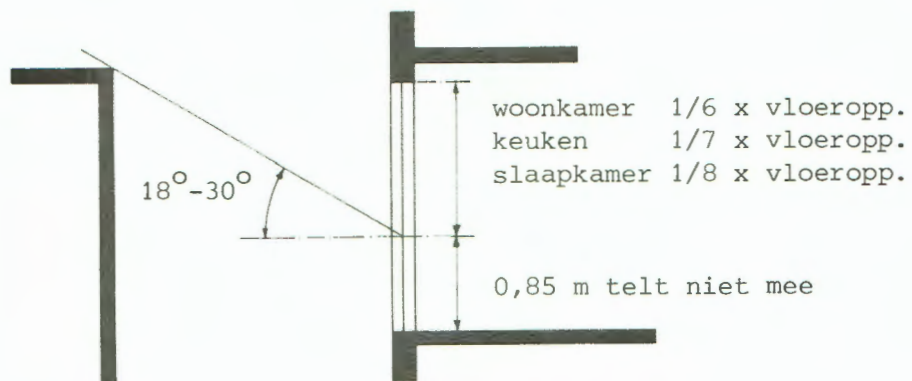
figuur 1-4<sup>a</sup>: Bepaling in rekening te brengen raamoppervlak indien de belemmeringshoek voor lichttoetreding door andere gebouwen kleiner is dan  $30^\circ$



figuur 1-4<sup>b</sup>: Bepaling in rekening te brengen raamoppervlak bij belemmeringshoek en groter dan  $30^\circ$



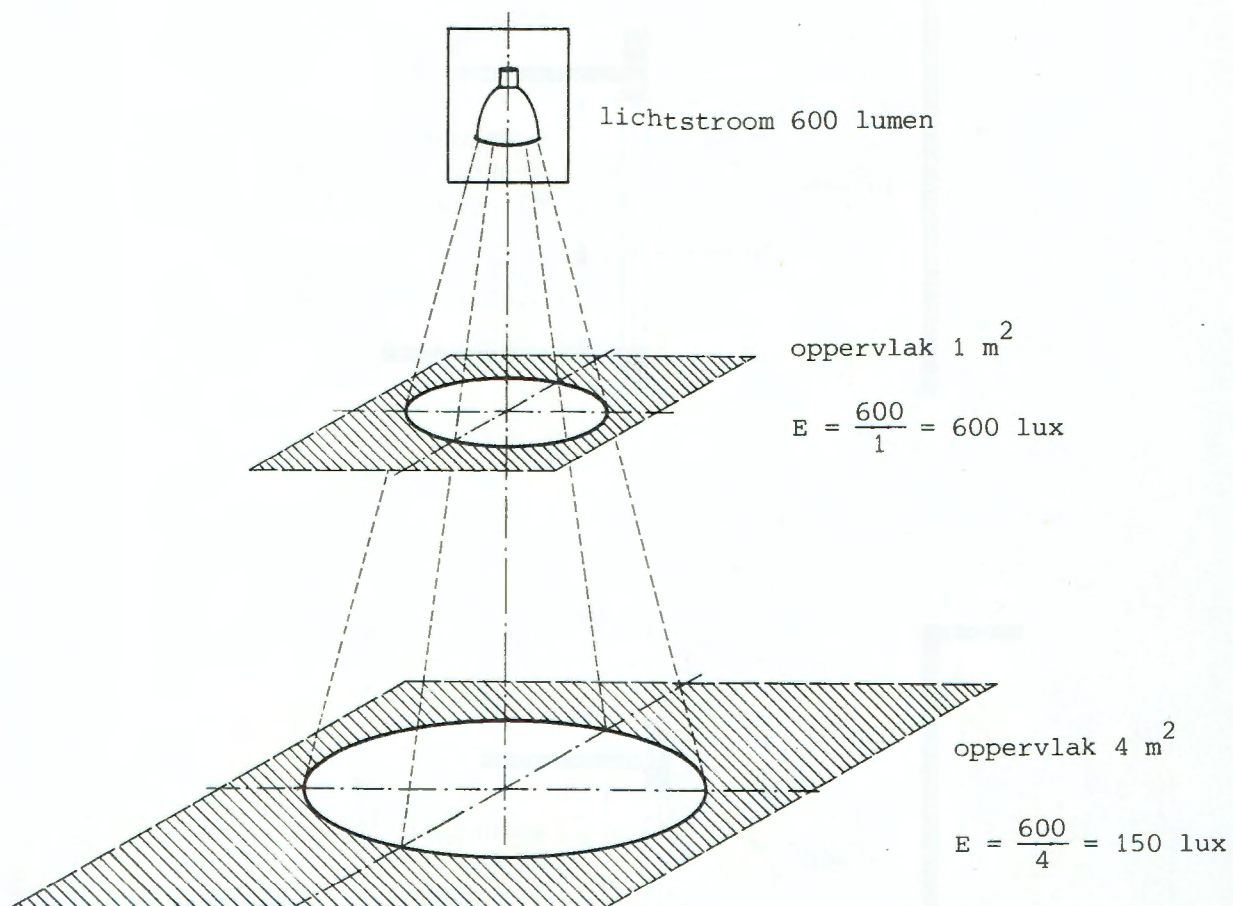
figuur 1-5<sup>a</sup>: Minimale verhouding nuttig raamoppervlak en vloeroppervlak voor Nederlandse woningen indien de belemmeringshoek kleiner is dan  $18^\circ$



figuur 1-5<sup>b-c-d</sup>: Minimale verhouding nuttig raamoppervlak  
 en vloeroppervlak voor Nederlandse wonin-  
 gen bij verschillende belemmeringshoeken

soort lamp	lichtopbrengst	
spiegellamp	12	lm/W
kleine gloeilamp	14	"
grote gloeilamp	15 - 20	"
TL- en gasontladingsbuizen	40 - 70	"
natriumlamp	150	"

tabel 1-2: Lichtopbrengst verschillende lamptypen



figuur 1-6: Verlichtingssterkte in lux (lumen /  $\text{m}^2$ ) op een bepaalde afstand van een lichtbron

Op deze plaats dient overigens te worden opgemerkt dat grote glasvlakken en daglichtkoepels wanneer zij door de zon worden beschenen een grote warmtetoevoer in het gebouw veroorzaken. In de winter is dit niet onwelkom (energiebesparing), in de zomer echter kunnen de binnentemperaturen hierdoor sterk of zelfs onaanvaardbaar hoog oplopen.

In gebouwen met airconditioning leidt dit tot grote koelinstallaties met hoge energieverbruiken. In vrijwel alle gevallen zal een goede (buiten)zonwering en een beperking van het glasoppervlak noodzakelijk zijn.

Grote glasvlakken zorgen 's winters verder voor grote warmteverliezen en ook kunnen hierbij (vooral bij enkel glas) ernstige "koudeval" en "tochtverschijnselen" optreden.

### 1.3 KUNSTVERLICHTING

#### Verlichtingssterkte

Van alle typen lampen is bekend wat de lichtopbrengst is.

Uit tabel 1-2 blijkt dat het "rendement" van TL-buizen bijvoorbeeld veel groter is dan dat van een gloeilamp.

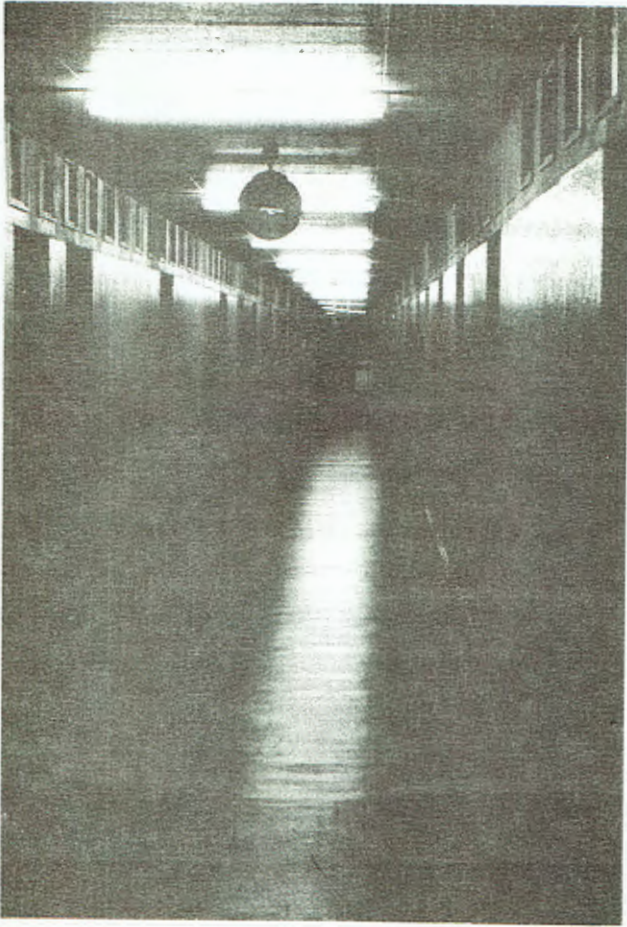
Aangegeven is de lichtopbrengst (lichtstroom) in lumen per watt.

Wanneer een lamp wordt aangebracht in een armatuur wordt de hoeveelheid licht die in een bepaalde richting wordt uitgestraald mede bepaald door de eigenschappen van dat armatuur (vorm, kleur, reflectie, enz.).

Bij direct licht uit een armatuur wordt de verlichtingssterkte op een bepaald vlak behalve door de sterkte van de bron bepaald door de afstand.

#### voorbeeld:

Stel een lichtbron zendt in een bepaalde hoek (kegelvormig) een lichtstroom uit van 600 lumen (figuur 1-6).

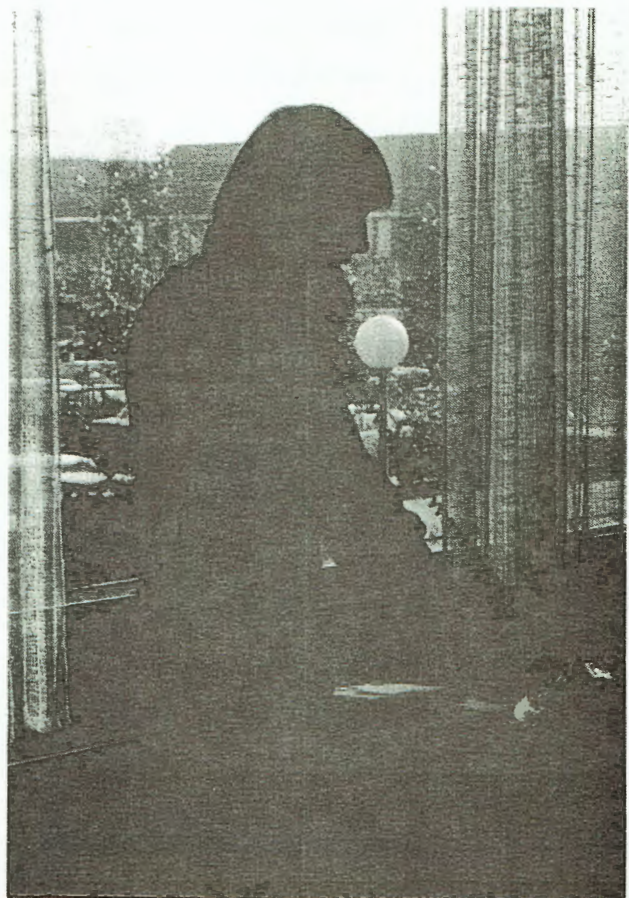


figuur 1-7:

Te grote helderheidsverschillen door onafgeschermde TL-lampen

figuur 1-8:

Een persoon voor een helder verlicht venster ziet men slechts als silhouet





Op een bepaalde afstand is het beschenen oppervlak bijvoorbeeld  $1 \text{ m}^2$ . De verlichtingssterkte op dit vlak is dan  $E = 600 \text{ lux}$ . Wanneer de afstand tot de bron twee maal zo groot wordt genomen, wordt het oppervlak dat wordt beschenen 4 maal zo groot en de verlichtingssterkte 4 maal zo klein dus  $E = 150 \text{ lux}$ .

Bij indirect licht komen naast eigenschappen van lamp en armatuur ook de eigenschappen van de ruimte aan de orde. Met name de kleurafwerking van de wanden, vloer en plafond is belangrijk. Immers donkere kleuren reflecteren het licht veel minder goed dan lichte kleuren.

#### Helderheidsverschillen

Een heel belangrijk punt bij verlichting is de verdeling van de helderheid van diverse vlakken en objecten binnen het gezichtsveld. Het oog stelt zich in op een bepaalde helderheid van de waargenomen beelden. Wanneer in het gezichtsveld een of meer zeer heldere vlakken voorkomen (onbeschermde TL-buizen, sterk verlichte vensters, enz.) dan stelt het oog zich in op deze grote helderheid.

De minder sterk verlichte objecten kunnen dan nauwelijks meer worden waargenomen, details zijn dan in ieder geval niet meer te zien (figuur 1-7 en 1-8).

#### Warmteontwikkeling door verlichting

In het algemeen wordt maar een zeer beperkt deel van de aan een lamp toegevoerde elektrische energie omgezet in licht. Het grootste deel komt rechtstreeks vrij in de vorm van warmte (straling en convectie).

Ook het licht wordt uiteindelijk nadat het is geabsorbeerd door de voorwerpen in en de omwandelingen van het vertrek, omgezet in warmte. Bij TL-buizen geeft de voorschakelapparatuur (transformatoren, starters) nog een bepaalde warmteafgifte.

Alle toegevoerde energie komt uiteindelijk als warmte in het gebouw terecht.



figuur 1-9: Afgezogen verlichtingsarmaturen

In grote utiliteitsgebouwen kan dit oplopen tot 25 à 35 watt per m<sup>2</sup> vloeroppervlak.

Dit resulteert dan vaak in de noodzaak om over te gaan tot koeling van het gebouw.

Daarom, en ook uit oogpunt van besparing op de voor de verlichting benodigde elektrische energie, is het nuttig zo verstandig mogelijk met de verlichting om te springen.

Op dit gebied staat de ontwikkeling echter niet stil. Zo worden bijvoorbeeld TL-buizen gemaakt die bij een goede kleurweergave toch een hoog rendement hebben.

Door toepassing hiervan kan dezelfde verlichtingssterkte worden verkregen met een kleiner toegevoerd vermogen.

In gebouwen met een mechanische ventilatie-inrichting wordt vaak de lucht direct of indirect via de verlichtingsarmaturen afgezogen. Hierdoor wordt een groot deel van de warmte rechtstreeks afgevoerd uit het vertrek (figuur 1-9). Ook voor het rendement van de verlichting en de levensduur is dit gunstig omdat de lamp als het ware wordt gekoeld.



## 2 ZONTOETREDING EN ZONWERING

### 2.0 INLEIDING

De sterkte van de zonnestraling die op een gevel valt kan in totaal wel  $900 \text{ W/m}^2$  bedragen. Wanneer deze straling ongehinderd binnen kan komen betekent dit een zeer grote warmtetoevoer tot het vertrek.

De hoeveelheid opvallende zonnewarmte wordt onder andere bepaald door de oriëntatie van de gevel, beschaduwing door andere gebouwen of door delen van het eigen gebouw (luifels en dergelijke). Het gedeelte van deze energie dat het vertrek binnendringt hangt af van het percentage glas in de gevel, het soort glas en de toegepaste zonwering.

Toetreding van veel zon in een vertrek kan problemen geven met betrekking tot het oplopen van de ruimtetemperatuur, en dit komt niet alleen voor in de zomer, maar ook in voor- en najaar.

Verder kunnen fel door de zon beschenen vlakken grote helderheidsverschillen binnen het gezichtsveld veroorzaken, waardoor het kijken niet altijd even eenvoudig is (zie ook 1.3).

Niettemin wordt toetreding van zon in vertrekken onder normale omstandigheden als prettig ervaren.

De zonnestralen brengen een prezierige warmte en schittering in huis, verdrijven de somberheid en verhogen het contact met de buitenwereld.

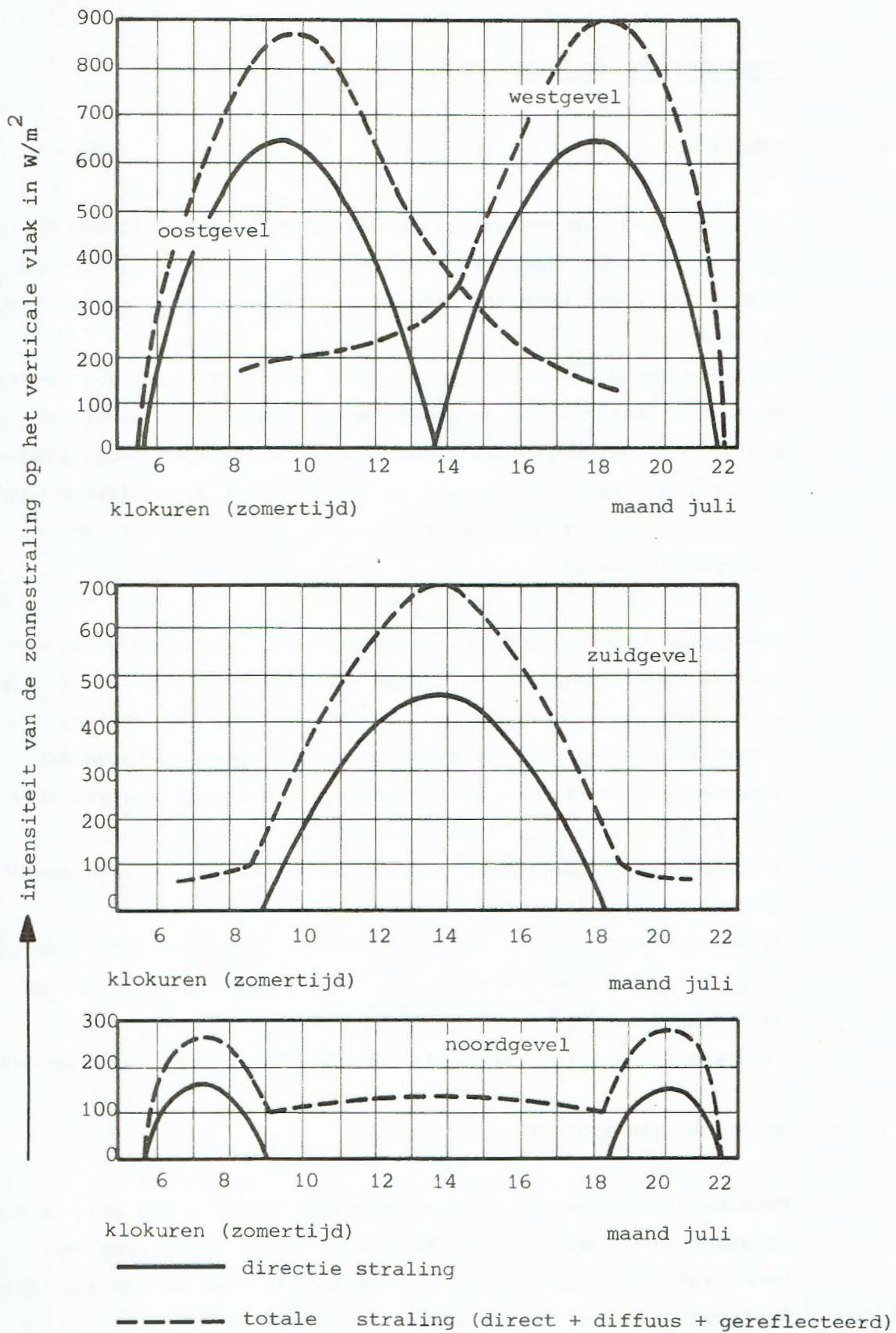
In dit hoofdstuk krijgen we dus met tegenstrijdige eisen te maken.

### 2.1 BEZONNING VAN WONINGEN

Door de Studiecommissie Grondslagen Woningwaardering zijn in de uitgave Blauwe Reeks nummer 34 (1962) van de Vereniging van Nederlandse Gemeenten aanbevelingen gedaan voor de gewenste zonlichttoetreding bij woningen.

Als op 20 januari (en 22 november) tussen 9.00 en 15.00 uur het "normpunt" minstens 3 uur door de zon wordt beschenen spreekt men van de kwalificatie "goed".

Een zonbestraling van minstens 2 uur van het "normpunt" op 19



figuur 2-1: Verloop intensiteit van de zonnestraling over de dag

februari (en 23 oktober) is goed voor de kwalificatie "matig". Het "normpunt" bevindt zich op het midden van de vensterbank, in het binnenvlak van de gevel.

Voor fabrieken en werkplaatsen en de bijbehorende kantoren en dergelijke moet, volgens het Veiligheidsbesluit van 1938, direct zonlicht op de werkplaats worden vermeden.

Over dit onderwerp zijn verder geen gedetailleerde en algemeen aanvaarde richtlijnen aanwezig, zodat vaak het persoonlijk inzicht van de ontwerper maatgevend wordt.

## 2.2 ORIENTATIE

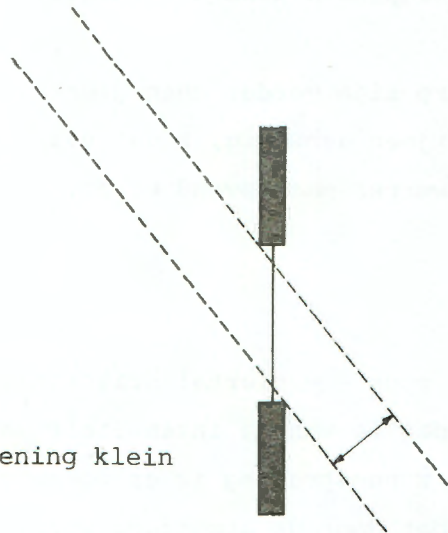
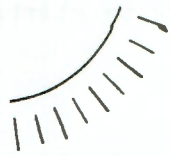
In figuur 2-1 is voor een viertal oriëntaties aangegeven hoe het verloop over de dag is van de intensiteit van de zonnestraling. Naast de directe zonnestraling is er ook zogenaamde diffuse straling (zonlicht) dat door de atmosfeer wordt verstrooid) en via de grond gereflecteerde straling. In de figuur is de directe en de totale straling (direct + diffuus + gereflecteerd) weergegeven.

Deze grafiek geldt voor de maand juli.

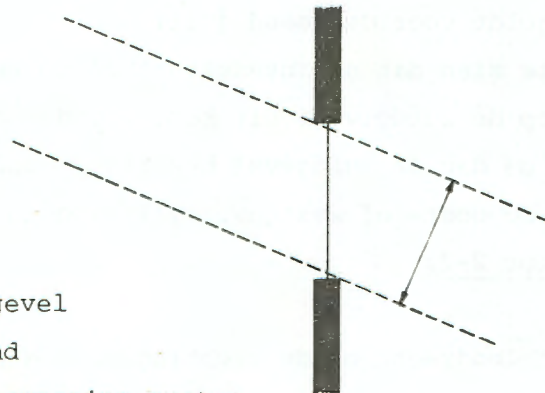
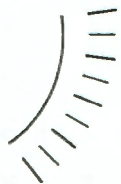
Duidelijk is te zien dat de intensiteit op de west- en oostgevel hoger is dan op de zuidgevel. Dit komt doordat de zon, wanneer hij midden op de dag de zuidgevel beschijnt veel hoger staat dan wanneer hij op de oost- of westgevel valt (begin en eind van de dag), zie figuur 2-2.

De intensiteit loodrecht op de richting van de zonnestralen is in beide gevallen vrijwel even groot. Bij hoge zonnestanden is de effectieve opening voor het doorlaten van de directe straling relatief klein. De intensiteit van de zonnestraling berekend per  $m^2$  geveloppervlak (verticale vlak) is dan relatief laag.

Anders wordt het wanneer men de maand september bekijkt. Dan is de zonnestand, ook voor een zuidgevel, veel lager. De zuidgevel ontvangt daardoor een hogere stralingsintensiteit dan in de zomermaanden. Zie figuur 2-3.



zuidgevel  
hoge zonnestand  
effectieve glasopening klein

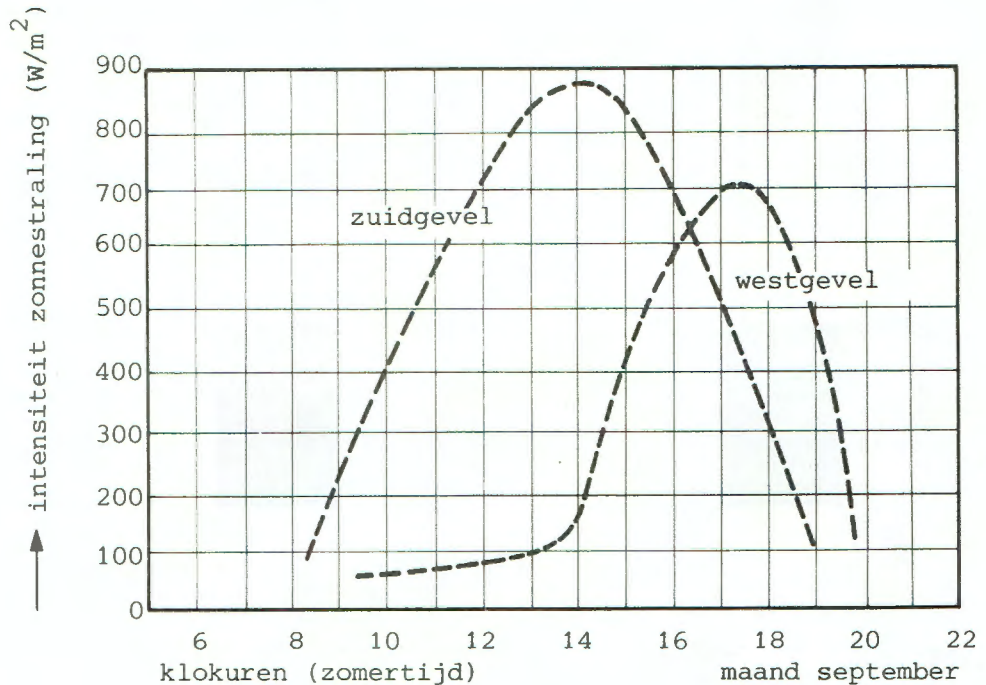


oost- en westgevel  
lage zonnestand  
effectieve glasopening groter

figuur 2-2: Effect zonshoogte op de intensiteit van  
van de zonnestraling op een verticaal  
vlak



De westgevel krijgt in dit geval minder straling omdat de zonnestand voor deze gevel heel erg laag is en de intensiteit van de straling nu door de atmosfeer sterk wordt verminderd.

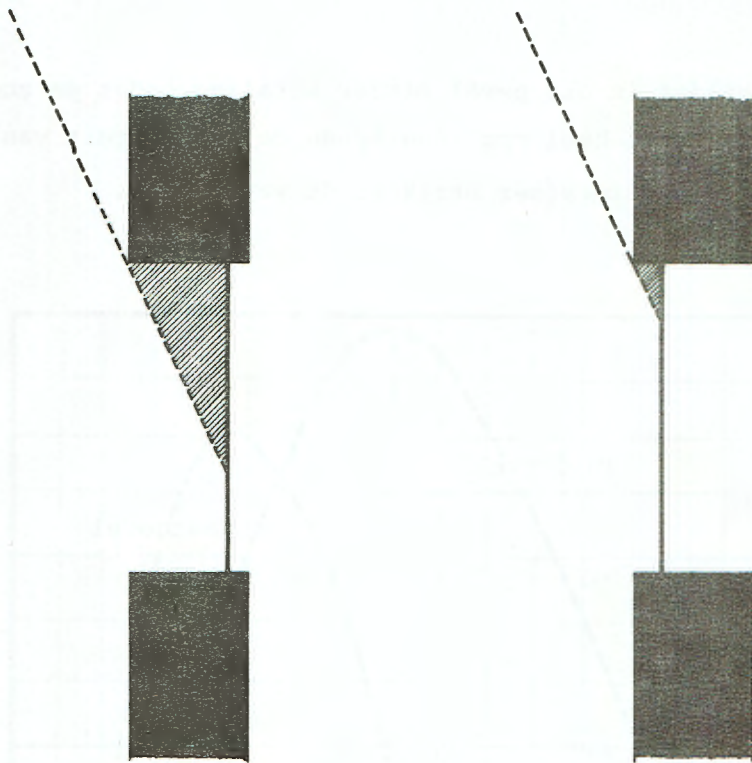


figuur 2-3: Intensiteit totale zonnestraling op zuid- en westgevel in de maand september

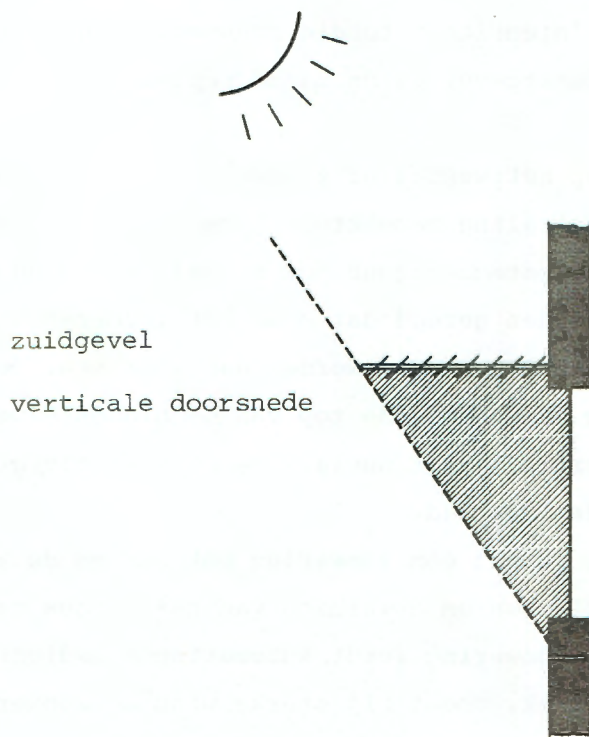
Oriëntaties op het westen of zuidwesten geven de meeste problemen. De zonbestraling bereikt de hoge waarden juist op de uren dat ook de buitentemperatuur het hoogst is (in de middag). Overigens moet worden gezegd dat door het invoeren van de zomertijd de situatie gunstiger is geworden dan voorheen. De top van de zonbestraling en daarmee de top van de binnentemperatuur (die wat later optreedt) valt nu (als we over kantoorgebouwen praten) ruim buiten de werktijd.

Dit houdt wel in dat een zonwering ook buiten de kantoor tijd gesloten moet blijven om opwarming van het gebouw te voorkomen. Bij een buitenzonwering wordt automatische bediening dan feitelijk een noodzaak, omdat bij sterke wind de zonwering moet worden opgetrokken om beschadiging te voorkomen.

Hetzelfde geldt voor oost- en zuidoostgevels waar de zonwering voor aanvang van de kantoor tijd neergelaten moet zijn om te verhinderen dat men 's morgens in een al flink opgewarmd vertrek binnenkomt. Door het invoeren van de zomertijd is de "opwarmperiode" overigens wel een uur korter geworden.



figuur 2-4: Verschil in beschaduwing bij wel en niet diepliggende ramen



figuur 2-5<sup>a</sup>: Effect van een luifel op zuidgevels

### 2.3 BESCHADUWING, LUIFELS EN DERGELIJKE

Het is duidelijk dat bij het bepalen van de zonbelasting op een gevel ook beschaduwing door andere gebouwen of objecten een rol speelt. Wanneer een gedeelte van een gebouw door de schaduw van een tegenoverliggend gebouw nooit of nauwelijks door de zon wordt beschenen is een zonwering derhalve niet noodzakelijk.

Ook het ontwerp van de gevel vormt een belangrijke factor bij de zontoetreding.

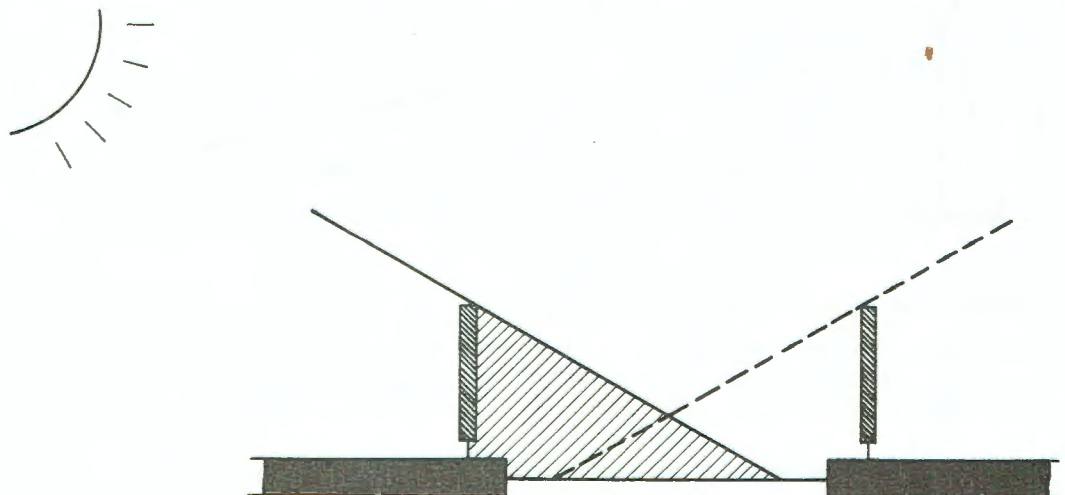
Bij diepliggende ramen ligt een gedeelte van het glas langdurig in de schaduw.

Wanneer het glas dicht bij het buitenvlak van de gevel ligt wordt altijd een groot deel door de zon beschenen (figuur 2-4).

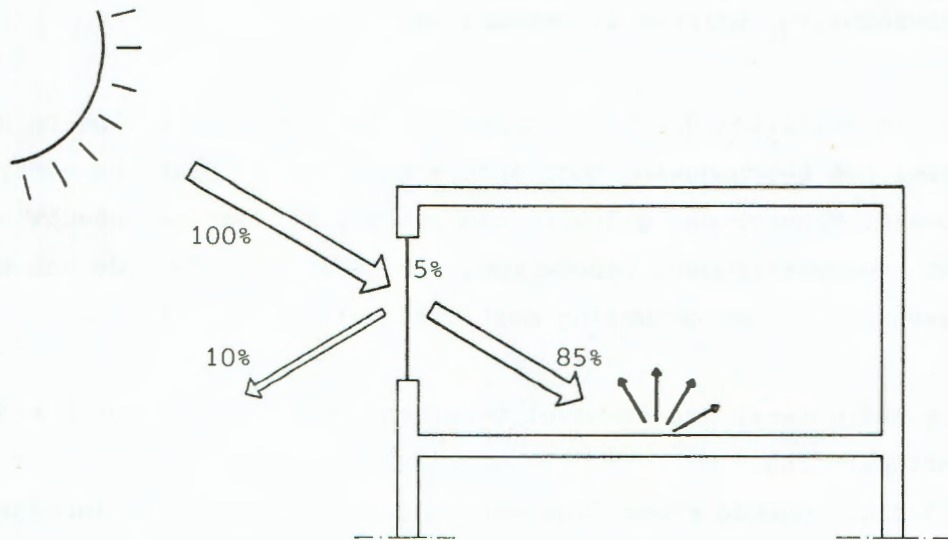
Ook luifels en verticale schermen kunnen een bijdrage leveren tot de zonwering.

Op een west- en oostgevel behoeft men van een luifel, door de lage zonnestanden, echter geen effect te verwachten. Een luifel is geschikt voor een zuidgevel, waarbij de zon tijdens de zomermaanden hoog aan de hemel staat.

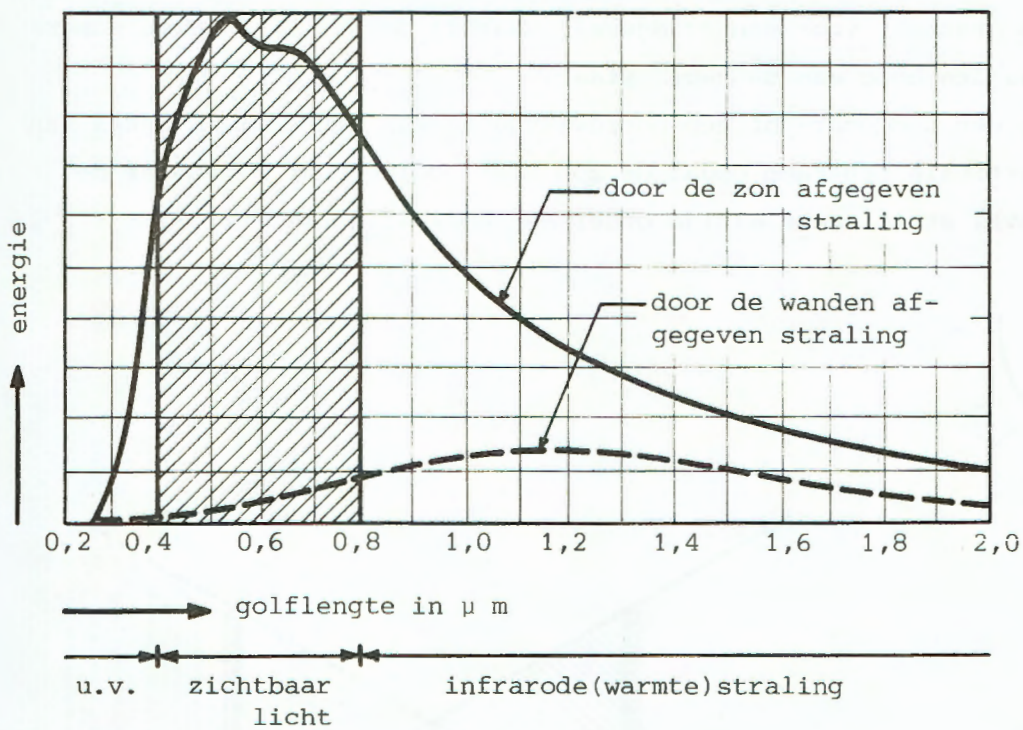
Op een noordoost- of een noordwestgevel kan men gebruik maken van verticale schermen omdat de zon hier nooit recht tegenover de gevel staat, maar altijd onder een hoek (figuur 2-5).



figuur 2-5<sup>b</sup>: Het effect van verticale schermen op noordoost- en zuidwestgevel



figuur 2-6: Broeikaseffect



figuur 2-7: Verdeling energie over de verschillende golflengten

## 2.4 BROEIKASEFFECT

Normaal enkel glas laat ongeveer 85% van de zonnestraling door, circa 10% (afhankelijk van de hoek van inval) wordt gereflecteerd en ongeveer 5% wordt geabsorbeerd (waardoor het glas warmer wordt), zie figuur 2-6.

In figuur 2-7 is aangegeven hoe de zonne-energie is verdeeld over de verschillende golflengten van het licht.

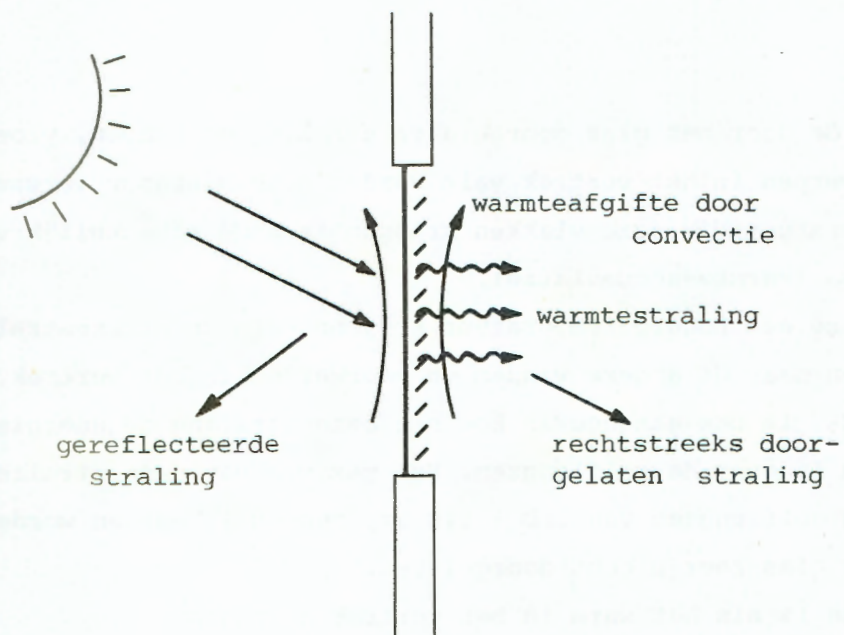
Een heel groot deel van de zonne-energie komt in de vorm van zichtbaar licht op aarde terecht. Een ander deel als infrarode (warmte)straling en een klein deel als ultra-violet (bruin worden).

Wanneer de door het glas doorgelaten straling op wanden, vloeren en voorwerpen in het vertrek valt worden deze hierdoor verwarmd. De temperatuur die deze vlakken krijgen is mede afhankelijk van hun massa (warmte-accumulatie).

Doordat ze een hogere temperatuur krijgen gaan ze warmtestraling uitzenden naar de andere wanden en voorwerpen in het vertrek. In figuur 2-7 is ook aangegeven hoe bij deze straling de energie verdeeld is over de golflengten. Het maximum van deze straling ligt bij golflengten van 1,0 - 1,3  $\mu\text{m}$ . Deze golflengten worden door het glas zeer slecht doorgelaten.

De warmte is als het ware in het vertrek gevangen.

Bij dubbel glas wordt dit effect nog sterker.



figuur 2-8: Werking van binnenzonwering

## 2.5 ZONWERENDE CONSTRUCTIES

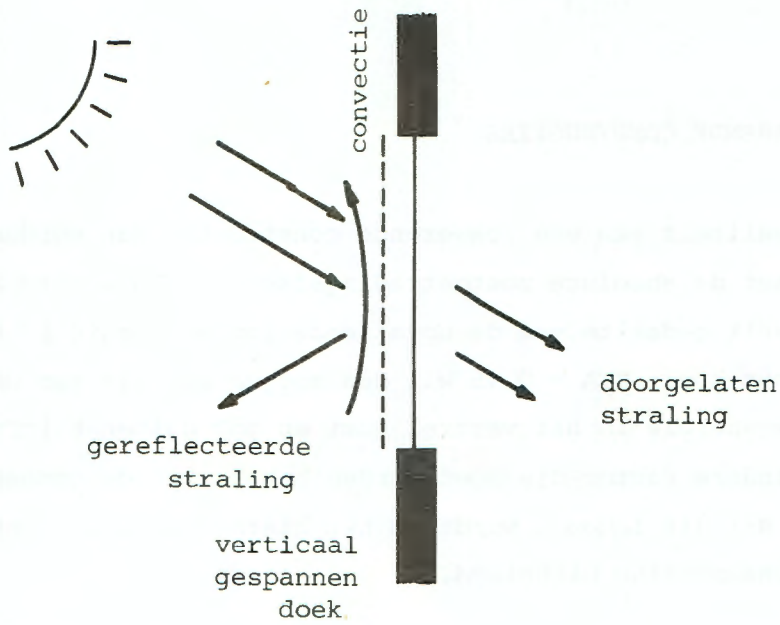
De kwaliteit van een zonwerende constructie kan worden aangegeven met de absolute zontoetredingsfactor (ZTA). Deze factor geeft aan welk gedeelte van de opvallende zonne-energie in het vertrek terecht komt.  $ZTA = 0,45$  wil dus zeggen dat 45% van de opvallende zonne-energie in het vertrek komt en 55% buiten blijft.

Een andere factor die moet worden bekeken is de convectiefactor ( $\beta$ ). Wat dit inhoudt wordt in het hierna volgende stuk over binnenzonwering uitgelegd.

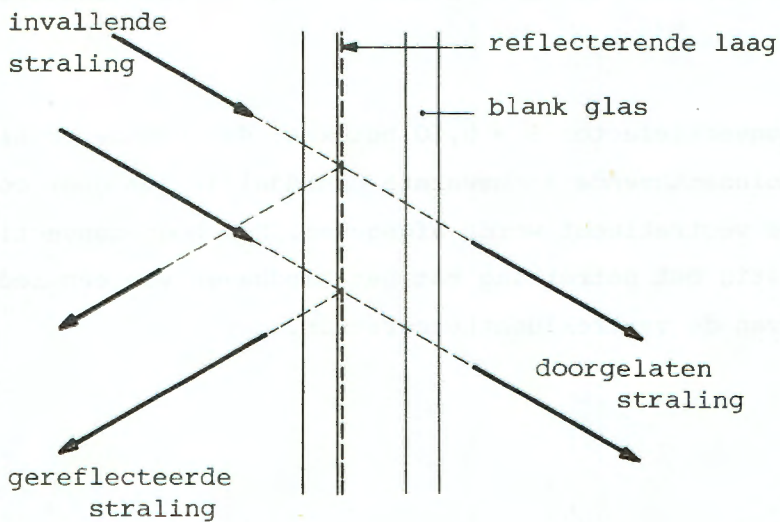
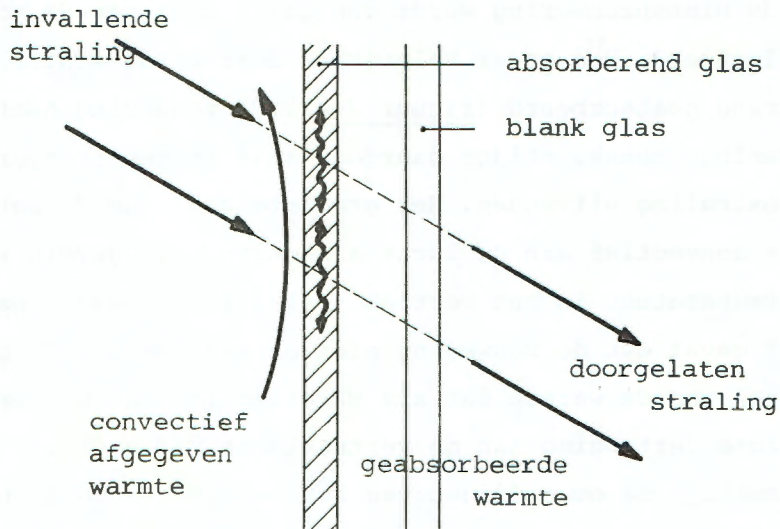
### Binnenzonwering

Door de binnenzonwering wordt een groot deel van de zonnestraling gereflecteerd. Een ander belangrijk deel wordt echter door de zonwering geabsorbeerd (figuur 2-8). De zonwering heeft slechts een geringe massa, stijgt daardoor snel in temperatuur en gaat warmtestraling uitzenden. Het grootste deel van de warmte wordt echter convectief aan de lucht afgegeven, als gevolg waarvan de luchttemperatuur in het vertrek snel stijgt, zelfs sneller dan in het geval dat de zonwering niet aanwezig zou zijn geweest. Het deel van de warmte dat als straling binnenkomt wordt pas met een grote vertraging aan de vertreklucht medegedeeld. Eerst moeten namelijk de omwandelingen van het vertrek en de in het vertrek aanwezige voorwerpen door de straling worden opgewarmd voordat deze de warmte weer door convectie aan de vertreklucht kunnen afstaan.

Een convectiefactor  $\beta = 0,50$  betekent dat van de totale hoeveelheid binnenkomende zonnewarmte onmiddellijk 50% door convectie aan de vertreklucht wordt afgegeven. Een hoge convectiefactor is ongunstig met betrekking tot het handhaven van een redelijk verloop van de vertrekluchttemperatuur.



figuur 2-9: Werking van buitenzonwering



figuur 2-10: Werking van zonwerend glas



Met binnenzonwering worden nooit betere zontoetredingsfactoren bereikt dan  $ZTA = 0,40$  (zie ook tabel 2-1). Een fijnmazige vitrage heeft overigens ongeveer hetzelfde effect als een lamellen zonwering. Naast lamellen zonwering bestaan ook zonreflecterende gordijnen, weefsels die voorzien zijn van een reflecterend laagje (aluminium). Hierbij is de convectiefactor ( $\beta$ ) vaak lager dan bij lamellenzonwering, zodat de vertrekkluchttemperatuur veel minder snel stijgt.

### Buitenzonwering

Bij buitenzonwering wordt een groot deel van de zonnestralen weer gereflecteerd.

Een ander (eveneens groot) deel wordt door de zonwering geabsorbeerd, maar door convectie (luchtbeweging, wind) weer aan de buitenlucht afgegeven (figuur 2-9).

De zonnewarmte die binnenkomt (10 à 20%) bestaat voor het grootste gedeelte uit rechtstreeks doorgelaten straling, slechts een klein deel komt binnen door convectie en warmtestraling.

Alleen met buitenzonwering kunnen zontoetredingsfactoren in de orde-grootte van  $ZTA = 0,10$  worden bereikt. Een heel normale waarde is  $ZTA = 0,15$  à  $0,20$ .

Naast lamellenzonwering bestaan nog verticaal gespannen doeken, uitvalschermen, markiezen, rolluiken en vele bijzondere vormen.

### Zonwerend glas

Er bestaan twee hoofdtypen zonwerend glas: absorberend glas en reflecterend glas.

Meestal worden deze ruiten toegepast in combinatie met een blanke ruit (als prefab dubbel glas), zie figuur 2-10. In deze figuur zijn, evenals in de figuren 2-6, 2-8 en 2-9, slechts de belangrijkste energiestromen met pijlen aangegeven.

Bij absorberend glas wordt door een toevoeging (meestal metaal-oxyden) een ruit gemaakt die een bijzonder groot deel van de zon-



nestraling absorbeert. Daardoor wordt de ruit erg warm. Deze warmte wordt door convectie (luchtstroming, wind) afgegeven aan de buitenlucht en voor een klein gedeelte aan de binnenlucht (door straling en convectie). Bij toepassing van een absorberende ruit als enkel glas is dit naar binnen afgegeven deel natuurlijk veel groter. Een absorberende ruit is donker van kleur. Ook de lichtdoorlating is derhalve gering. De absolute lichttoetredingsfactor (LTA) is meestal nog kleiner dan de zontoetredingsfactor. Bij een warmteabsorberende ruit met een ZTA = 0,45 (wat nog niet eens zo best is) hoort een lichttoetredingsfactor van LTA = 0,35 à 0,40. Dit betekent dat slechts 35 à 40% van het zichtbare licht wordt doorgelaten.

Bij reflecterend glas wordt de zonnestraling voor een heel groot gedeelte rechtstreeks gereflecteerd. Slechts een klein deel wordt geabsorbeerd. De zonnewarmte die binnenkomt bestaat voornamelijk uit rechtstreeks doorgelaten straling.

De reflecterende lagen bestaan meestal uit een opgedampte laag metaal, metaaloxijde of een coating. Deze lagen zijn doorgaans vrij kwetsbaar en om beschadiging te voorkomen worden ze derhalve aangebracht aan de binnenzijde van de buitenruit. Er komen ook reflecterende lagen voor die wel sterk zijn (ingebrand keramisch materiaal enz.) zodat de laag ook aan de buitenzijde kan zijn aangebracht, waar hij nog meer effectief is.

Hierbij is ook toepassing als enkel glas mogelijk.

Met de reflecterende glassoorten zijn zontoetredingsfactoren tot ZTA = 0,20 mogelijk.

De lichttoetredingsfactor is meestal groter dan de zontoetredingsfactor. Bij een ZTA = 0,45 kan de lichttoetredingsfactor nu wel LTA = 0,65 zijn.

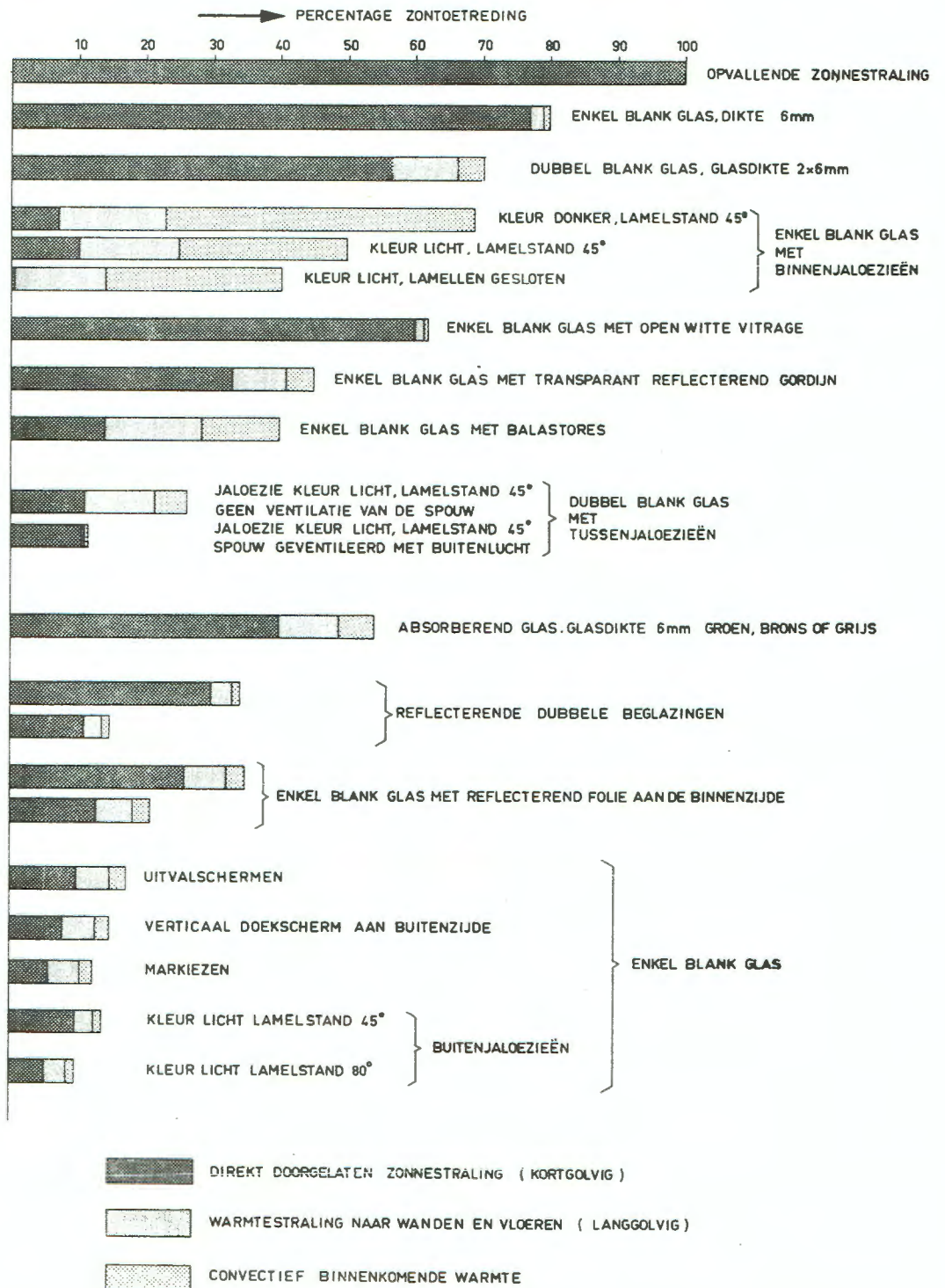
Reflecterend glas geeft het gebouw een sterk spiegelend karakter. Absorberend glas veroorzaakt slechts een meer donkere aanblik van de ruimten. Ook wordt bij beide soorten een bepaald kleureffect waargenomen.

Bij het doorkijken van binnen naar buiten treedt meestal een kleurverschuiving op.



Overzicht

In tabel 2-1 wordt van diverse zonwerende constructies de zontoetreding getoond. Tevens is aangegeven welk deel als rechtstreeks straling, warmtestraling of convectiewarmte wordt doorgegeven. De tabel is overgenomen uit publicatie 42 van de Stichting Bouwresearch.



tabel 2-1: Overzicht van de waarden van de zontoetredingsfactor ZTA x 100% voor diverse zonweringssystemen.



### 3 VENTILATIE

#### 3.0 INLEIDING

Ventilatie is noodzakelijk om diverse redenen. Door de mens wordt via de ademhaling koolzuurgas (kooldioxyde) en waterdamp afgegeven. Deze zijn producten van de verbranding van voedsel (stofwisseling) waarvoor zuurstof benodigd is.

Ook via transpiratie wordt waterdamp afgegeven.

In de eerste plaats dient de ventilatie dus te zorgen voor afvoer van koolzuurgas en waterdamp en voor de toevoer van zuurstof.

Verder kunnen via de ventilatie reukstoffen worden afgevoerd die door mensen of materialen (bijvoorbeeld boeken in magazijnen) worden afgegeven. Hetzelfde geldt voor gevaarlijke stoffen (gassen, dampen) micro-organismen en stof.

De ventilatie kan ook dienst doen om warmte af te voeren ('s zomers) zo lang de buitenluchttemperatuur lager is dan de binnentemperatuur. Bij utilitaire gebouwen kan de (mechanisch toegevoerde) lucht voor dit doel ook worden gekoeld.

#### 3.1 NATUURLIJKE VENTILATIE, MECHANISCHE VENTILATIE

Natuurlijke ventilatie kan plaatsvinden door openingen in de gevel en verticale ventilatiekanalen. De ventilatie komt tot stand door drukverschillen rondom het gebouw ten gevolge van windaanval en door temperatuurverschillen tussen de lucht binnen en buiten het gebouw.

De gemiddelde windsnelheid in Nederland varieert ongeveer van 3,5 m/s (Limburg) tot 7 m/s (noordzeekust). Maar er komen ook regelmatig windsnelheden voor van 10 tot 20 m/s (windkracht 6 tot 8) of nog hoger. Aan de andere kant is het soms ook vrijwel windstil.

Volgens de NEN 1087 (Ventilatie van Woongebouwen) moet een natuurlijk ventilatiesysteem de vereiste luchthoeveelheden (zie 3.2) kunnen leveren bij een temperatuurverschil tussen binnen en buiten van 10°C en een windsnelheid van 2 m/s.

systeem	klasse	
	lage woon- gebouwen	hoge woon- gebouwen
A. volledig natuurlijke ventilatie	voldoende	onvoldoende
B. mechanische toevoer en natuurlijke afvoer	ruim voldoende	onvoldoende
C. mechanische afvoer en natuurlijke toevoer	ruim voldoende	voldoende
D. mechanische toe- en afvoer	goed	goed

tabel 3-1: Indeling ventilatiesystemen



Bij windstil weer zal er dan te weinig lucht binnenkomen, maar bij een windsnelheid van 20 m/s is de druk op de gevel zo groot dat er veel te veel lucht zou binnenkomen.

De ventilatieopeningen moeten daarom goed regelbaar zijn (vaste kierstanden bij ramen, regelbare roosters enz.).

Vroeger kwam de ventilatie bij gesloten ramen tot stand via raamkieren en bouwkundige ventilatiekanalen. Vooral bij hoogbouw kunnen raamkieren echter niet worden toegelaten omdat bij de grotere windsnelheden hoger boven de grond een veel te sterke ventilatie ontstaat.

Klachten over tocht en geluidhinder zijn hiervan het gevolg, evenals een hoog energieverbruik voor de ruimteverwarming.

De moderne tochtdichte ramen (in de normen NEN 3660 en 3661 zijn de eisen en beproevingsmethoden geformuleerd) verhinderen verder een ventilatie via deze weg.

Daarom worden ventilatieroosters, kleppen, bovenlichten en dergelijke een noodzaak.

Met natuurlijke ventilatie zijn de ventilatiehoeveelheden nooit goed onder controle te brengen. Dit geldt in nog sterkere mate voor hoge gebouwen. Daarom is het veelal noodzakelijk een mechanisch systeem of een gecombineerd systeem van mechanische en natuurlijke ventilatie toe te passen. Bij mechanische systemen wordt het ook mogelijk de warmte uit de afvoerlucht gedeeltelijk terug te winnen.

In de NEN 1087 wordt in verband met de systeemkeuze tabel 3-1 gegeven.

De grens tussen hoge en lage woongebouwen ligt bij een bovenste woonvloer hoger of lager dan 13 m boven het maaiveld.

De systemen worden verder nog als volgt omschreven.

A. Natuurlijke ventilatie, waarbij

- regelbare ventilatie-openingen in de gevels aanwezig zijn,
- verticale ventilatiekanalen worden toegepast in ten minste de keuken, de WC's en de badruimten.



- B. Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer, waarbij
- de toevoerlucht via een mechanisch systeem in alle kamers wordt gebracht,
  - verticale ventilatiekanalen ten minste aanwezig moeten zijn in keukens, WC's en badruimten.
- C. Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer, waarbij
- regelbare ventilatie-openingen in de gevels aanwezig zijn,
  - mechanisch, via een kanalensysteem lucht wordt afgezogen uit ten minste de keuken, de WC's en de badruimten.
- D. Mechanische toe- en afvoer, waarbij
- lucht via een kanalensysteem in de woonkamer wordt toegevoerd of uit de woonkamer wordt afgevoerd,
  - lucht via een kanalensysteem in de overige kamers wordt toegevoerd,
  - lucht via een kanalensysteem uit ten minste de keuken, de WC's en de badruimten wordt afgevoerd.

Wat betreft de uitvoering van de voorzieningen kan geacht worden dat aan de gestelde eisen wordt voldaan wanneer de voorzieningen overeenkomen met de in de NPR 1088 (Nederlandse Praktijk Richtlijn "Ventilatie van woongebouwen") gegeven aanwijzingen en voorbeelden.

Bij natuurlijke ventilatie wordt in slaapkamers een netto roosteroppervlak geëist van  $10 \text{ cm}^2$  per  $\text{m}^2$  vloeroppervlak (met een minimum van  $70 \text{ cm}^2$ ). In de woonkamers is dit de som van de roosteroppervlakten in de overige kamers met een ondergrens van  $210 \text{ cm}^2$  en een bovengrens van  $420 \text{ cm}^2$ .

In het algemeen moeten de roosters om tochtklachten te voorkomen minimaal 1,8 m boven de vloer worden aangebracht en goed regelbaar zijn.

Verder wordt nog opgemerkt dat in de voorschriften omtrent kachels, geisers, boilers, verwarmingsketels enz. (NEN 1078) in ruimten waar verbrandingstoestellen zijn opgesteld een niet afsluitbare ventilatie-opening van minimaal  $100 \text{ cm}^2$  wordt voorgeschreven.

woonkamer	75 à 150 m <sup>3</sup> /h
overige kamers	3,6 m <sup>3</sup> /h per m <sup>2</sup> vloeroppervlak met een minimum van 25 m <sup>3</sup> /h
keuken	75 à 100 m <sup>3</sup> /h
badruimte	50 m <sup>3</sup> /h
toilet	25 m <sup>3</sup> /h

tabel 3-2: Vereiste luchthoeveelheden in woningen

### 3.2 VEREISTE VENTILATIE HOEVEELHEDEN

De hoeveelheid zuurstof die een mens nodig heeft bedraagt ongeveer 100 liter per uur.

Een kubieke meter lucht bevat ca. 210 liter zuurstof. Een geringe ventilatie is derhalve reeds voldoende om te voorkomen dat het zuurstofgehalte van de lucht te veel daalt.

Een betere maatstaf vormt het koolzuurgasgehalte ( $\text{CO}_2$ ) van de lucht, met name omdat de productie van koolzuurgas (ademhaling) en de productie van reukstoffen min of meer gelijk op gaan. Reukstoffen zijn niet of nauwelijks voor meting of berekening toegankelijk; met het kooldioxyde is dit wel het geval.

Het beoordelen van de "frisheid" van de lucht in een subjectieve zaak. Er kan worden gesteld dat men bij een koolzuurgasgehalte van ca. 0,1% de lucht nog net niet als al te onfris ervaart. Dit komt overeen met een ventilatie hoeveelheid van ongeveer  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  per persoon. Deze waarde moet worden beschouwd als een minimum vereiste ventilatie bij langdurig verblijf.

Een aanmerkelijk betere situatie wordt verkregen bij een luchthoeveelheid van  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  per persoon, terwijl in vertrekken waar wordt gerookt (vergaderzalen, café's enz.) deze hoeveelheid 40 à  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  per persoon zou moeten bedragen.

Voor woonhuizen kan men zich voor verblijfsruimten globaal baseren op ca.  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  per persoon.

In de norm NEN 1087 ("Ventilatie van woongebouwen") wordt dit verder uitgewerkt in vereiste luchthoeveelheden per vertrek. Kort samengevat komen deze eisen neer op hetgeen in tabel 3-2 is weergegeven.

De ventilatie van de hoofdwoonkamer moet gelijk zijn aan het totaal van de ventilatie van de overige kamers en mag niet lager zijn dan  $75 \text{ m}^3/\text{h}$  en hoeft niet hoger te zijn dan  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ . Wanneer een keuken (kookruimte) in open verbinding staat met andere ruimten is een mechanisch ventilatiesysteem vereist.



Voor kantoorgebouwen vormt  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  per persoon in de praktijk een ondergrens. In de winter laat men bij lage buitentemperaturen deze hoeveelheid dalen tot  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ .

In de zomer wordt de ventilatiehoeveelheid veelal bepaald op basis van de aan de binnentemperatuur te stellen eisen.

In systemen waarbij via de lucht verwarming of koeling van het gebouw plaatsvindt wordt de luchthoeveelheid mede bepaald op basis van de warmte- of koudebehoefte. Het aandeel van de verse lucht wordt in dit geval echter vaak beperkt door de vertreklucht te recirculeren.







