

# GLASTECHNOLOGIE

**dr. ir. JAN LECOMPTE**  
SAINT-GOBAIN-GLASS BENELUX  
Directeur Marketing & Sales  
Industrielaan 129  
B 1070 Brussel  
jan.lecompte@saint-gobain.com

## Samenvatting

Glas is door de eeuwen heen geëvolueerd tot een modern en veelzijdig materiaal dat in de bouwsector steeds nieuwe technische perspectieven en creatieve mogelijkheden biedt. Moderne beglazingen bieden naast de basisfuncties - licht/zon doorlaat en visueel contact gekoppeld aan een bescherming tegen het buitenklimaat – een veelvoud aan extra functies : hoogrendement thermische isolatie, zonwering, inbraakwering, akoestische isolatie,...met een veelheid aan esthetische mogelijkheden. Deze functies kunnen gecombineerd worden in één beglazing.

De technologische evolutie laten ons bovendien toe om steeds performantere beglazingen te produceren. Bijvoorbeeld : de coatingtechnologie stelt ons in staat zeer selectieve en neutraal uitzijnde zonwerende beglazingen te produceren.

In de lezing wordt specifiek ingegaan op thermisch isolatie en zonwering van hedendaagse beglazingen. Volgende onderwerpen komen aan bod :

Fysische achtergrond : hoe werkt het ?

Glastechnologie, hedendaags gamma : dubbel glas, coatings,...

Invloed van raamprofielen

De toekomst van beglazingen

## Abstract

Throughout history, glass has evolved into a modern and polyvalent material that offers ever new technical perspectives and creative possibilities for the construction industry.

Modern glazing offers not only basic functionalities – light/sun intake and visual contact, as well as protection against the outdoor climate – but also a multitude of extra functions: high yield thermal insulation, solar control, theft protection, acoustic insulation, ... with a whole range of aesthetic possibilities. These functions can be combined in one single glazing.

In addition, the technical evolution enables us to produce ever more efficient glazing. E.g.: with modern coating technologies, we can produce very selective and neutral looking solar control glazing.

The lecture specifically focuses on the thermal insulation and solar control functions of modern glazing. The following subjects will be discussed:

Physical background: how does it work?

Glass technology, modern range: double glazing, coatings, ...

The impact of window frames

The future of glazing

# GLASTECHNOLOGIE

dr. ir. JAN LECOMPTE  
SAINT-GOBAIN-GLASS BENELUX  
Directeur Marketing & Sales  
Industrielaan 129  
B 1070 Brussel  
jan.lecompte@saint-gobain.com

## Inleiding

Slechts 5 % van de Belgische woningen is uitgerust met hoogrendementsbeglazing. Bijna de helft is nog steeds voorzien van enkel glas. Dit is een grote bron van energieverpilling... maar ook een enorm potentieel van energiebesparing door renovatie, met bovendien een belangrijke verbetering van het wooncomfort.

Bovendien stellen we vast dat het dubbel glas dat momenteel nieuw op de markt wordt gebracht voor slechts 30 à 35 % uit hoogrendementsglas bestaat. Bij nieuwbouw woningen is dit slechts 20 à 25 %. De rest is nog steeds gewoon dubbel glas, zoals het dertig jaar geleden populair geworden is..., maar intussen als (thermisch) verouderd mag beschouwd worden.

In vergelijking met b.v. Nederland en vooral Duitsland lopen we ver achter (Fig.1). Hierbij moeten we natuurlijk rekening houden met de invloed van een adequate thermische regelgeving en diverse subsidieregelingen.

## 1. Thermische prestaties van beglazing

### 1.1. Enkel glas

Glas heeft een relatief lage  $\lambda$ -waarde : 1 W/mK. De geringe dikte bij bouwbeblazing, leidt er echter toe dat de U-waarde van enkel glas in hoofdzaak bepaald wordt door de overgangscoefficienten binnen en buiten :  $U = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Dit heeft als praktisch gevolg dat b.v. bij felle wind het reële warmteverlies een stuk hoger kan zijn dan de met genormaliseerde overgangscoefficienten berekende U-waarde (Fig.1)

### 1.2. Dubbel glas

Het principe van dubbel glas is gebaseerd op twee glasbladen met ertussen een hermetisch afgesloten luchtlaag.

Als afstandshouder fungeert een aluminium kokerprofiel dat door middel van een dubbele dichtingsvoeg aan het glas verkleefd wordt. De dichtingsvoeg verzekert zowel de mechanische sterkte als de bescherming tegen indringende waterdamp of vocht. Om condens te vermijden in de luchtpouw, wordt in het kokerprofiel een droogmiddel aangebracht. Dit absorbeert zowel het vocht uit de tijdens de productie ingesloten omgevingslucht, als de eventuele waterdamp die tijdens de gebruiksfase zou infiltreren.

De optimale U-waarde van dubbel glas ( $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) bereiken we bij spouwbreedtes vanaf 15 tot 25 mm (Fig.6). Dit betekent een halvering van het warmteverlies t.o.v. enkel glas.

Hierbij bestaat de warmte-overdracht doorheen de spouw voor ca. 70 % uit straling en voor 30 % uit convectie. (Fig.2)

Betere thermische prestaties kunnen we bereiken door het principe “dubbel glas” tweemaal toe te passen : driedubbel glas. Dit is echter voorbijgestreefd door zijn grotere dikte en gewicht en is momenteel productietechnisch nog alles behalve een standaard product.

Voor moderne hoogrendements beglazingen blijven we bij dubbel glas en zullen we inspelen op de warmte-overdracht in de spouw zelf.

### 1.3. Hoogrendementsbeglazing

#### Reductie straling

Bij hoogrendements beglazing zullen we in eerste instantie de stralingsoverdracht in de spouw reduceren. Door het aanbrengen van een Low-E coating (metaalcoating op basis van zilver) op de spouwzijde van een van beide glasbladen (meestal op het glasblad aan de binnenzijde) kunnen we de emissie-coëfficiënt sterk verlagen :

Glas	: $e = 0.84$	
Hedendaagse coatings	: $e = 0.04 - 0.09$	(10 – 20 keer lager dan glas !)
Toekomstige coatings	: $e \approx 0$	(tegen fysische ondergrens)

De U-waarde wordt hierdoor ca. gehalveerd (Fig.3). De plaats van de coating (op spouwzijde buitenste of binnenste glasblad) is hierbij van geen belang.

#### Reductie convectie

Door lucht in de spouw te vervangen door een beter isolerend gas (b.v. argon of krypton) reduceren we de warmte-overdracht door convectie. De winst (ca. 0.2 à 0.4 W/m<sup>2</sup>K) is echter geringer, gezien o.a. de beperkte invloed van convectie in de totale warmte-overdracht (Fig.4).

De optimale spouwdikte is functie van het toegepaste gas:

Lucht :	ca. 20 mm
Argon :	ca. 15 mm
Krypton :	ca. 12 mm

Argon wordt standaard toegepast in hoogrendementsbeglazing. Krypton wordt uitzonderlijk gebruikt gezien zijn hoge kost en geringe beschikbaarheid.

#### Hoogrendementsbeglazing

Moderne hoogrendementsbeglazingen maken gebruik van zowel een performante Low-E coating als (Argon)gasvulling (Fig.5). De op dit ogenblik beste standaard beglazing heeft een U-waarde van 1.1 W/m<sup>2</sup>K (spouw 15 mm). Dit is 2.5 keer lager dan bij dubbel glas. Bijgevolg is, relatief gezien, de reductie van het warmteverlies groter bij de stap van dubbel glas naar hoogrendementsbeglazing, dan van enkel naar dubbel glas.

Vulling met krypton verlaagt deze waarde tot 1.0 W/m<sup>2</sup>K (spouw 12 mm), (Fig.6) ; dit zal echter, zoals hoger reeds vermeld, nooit een standaard beglazing worden.

Wel zal de verdere ontwikkeling in de coating-technologie ons in de nabije toekomst coatings bieden met emissie-coëfficiënten die 0 benaderen. Met argon vulling bereiken we hiermee eveneens  $U = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$  (spouw 15 mm), (Fig.7).

Naast het lagere warmteverlies biedt hoogrendementsbeglazing de hogere binnenoppervlaktetemperatuur als voordeel :

		Binnenoppervlaktetemperatuur (buiten $-10^{\circ}\text{C}$ , binnen $20^{\circ}\text{C}$ )
Enkel glas	$U = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$- 1.8^{\circ}\text{C}$
Dubbel glas	$U = 2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$9.5^{\circ}\text{C}$
Hoogrendementsglas	$U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$	$15.9^{\circ}\text{C}$

Met als gevolg een groter comfortgevoel, vooral in de nabijheid van grote glasoppervlakken en een felle reductie van de kans van oppervlaktecondens aan de binnenzijde van de beglazing.

Opgelet bij toepassing van hoogrendementsbeglazing tijdens de renovatie van gebouwen met flagrante koudebruggen. Indien geen afdoende oplossing voor deze koudebruggen wordt voorzien, is er een verhoogd risico op oppervlaktecondensatie en schimmelproblemen.

#### 1.4. Randeffect beglazing

De U-waarde, zoals hierboven besproken, is de centrale U-waarde ( $U_{vc}$ ) van de beglazing, zonder rekening te houden met het randeffect veroorzaakt door randafdichting met o.a. het metalen randprofiel.

Gezien het hier een lineair effect betreft, heeft elke beglazing (afmetingen/vorm) een eigen specifieke U-waarde. Als vuistregel mogen we een toeslag rekenen van  $0.1$  à  $0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  op  $U_{vc}$ .

Een gevolg van dit rand/koudebrug effect is de lagere oppervlaktetemperatuur aan de randen van de beglazing, met een verhoogde kans op oppervlaktecondensatie aan de binnenzijde.

Dit randeffect kunnen we uitschakelen door gebruik te maken van een zogenaamd “warm-edge” profiel : b.v. op basis van composietmateriaal bekleed met een metaalfolie om de gas/dampdichtheid te verzekeren (Fig.8). De toeslag op  $U_{vc}$  wordt hierdoor ca.  $0.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , m.a.w. het randeffect van de beglazing wordt praktisch volledig tenietgedaan.

#### 2. Thermische prestaties van ramen

Het warmteverlies doorheen een raam wordt bepaald door de beglazing met zijn eventuele randeffect en door het raamprofiel.

Het warmteverlies doorheen het raamprofiel is een complex twee-dimensionaal fenomeen en kunnen we t.o.v. het raam beschouwen als een lineair randeffect. (Fig.10) geeft bijvoorbeeld isothermen en warmtestroomlijnen doorheen een aluminium raamprofiel zonder en met thermisch snede;

Elk raam heeft in functie van afmetingen/vorm bijgevolg een specifieke U-waarde. Als vereenvoudiging kunnen we onderstaande tabel toepassen. Voor meer info zie Ref.1.

RAAM		hout	PVC	meer	ALU	
BEGLAZING			één kamerprofiel		zonder thermisch	met snede
Uvc	Uch	1.8	2.8	1.5	6.0	3.5
5.8		4.8	5.1	4.7	5.9	5.4
2.8		2.8	3.0	2.7	3.7	3.2
1.5		1.8	2.0	1.7	2.6	2.2
1.1		1.5	1.8	1.4	2.3	1.9
1.1 WE		1.3	1.6	1.2	2.3	1.9
1.0 WE		1.2	1.5	1.2	2.3	1.8

WE = Warm-Edge profiel

### 3. Thermische renovatie van beglazing

Thermische renovatie van beglazing bestaat in principe uit het vervangen van een bestaande beglazing door een thermisch beter isolerende beglazing :

- Enkel glas > dubbel glas
- Enkel glas > hoogrendementsbeglazing
- Dubbel glas > hoogrendementsbeglazing

Praktisch kunnen we dit realiseren door :

- In een bestaand raam nieuw glas te plaatsen, mits eventueel aanpassen van het oude raam ;
- Bij een bestaand raam een nieuwe beglazing toe te voegen : voorzetbeglazing
- Bij een bestaand raam een nieuw raam toe te voegen : voorzetraam
- Nieuwe ramen te plaatsen met thermisch betere beglazing.

Hierbij kunnen we de beglazing nog van extra functie's voorzien :

- Zonwering
- Akoestiek
- Veiligheid, inbraakwering
- Esthetiek (figuurglas, gezandstraald,..)

We moeten rekening houden met volgende minimale diktes en gewichten :

	Dikte	Gewicht
Enkel glas	3 mm	7.5 kg/m <sup>2</sup>
	4 mm	10 kg/m <sup>2</sup>
Hoogrendementsbeglazing	4/12/4 = 20 mm	20 kg/m <sup>2</sup>
	4/15/4 = 23 mm	
Zonwerende beglazing	4/12/4 = 20 mm	20 kg/m <sup>2</sup>
	4/15/4 = 23 mm	
Veiligheidsbeglazing	4/12/33.1 = 22 mm	25 kg/m <sup>2</sup>
	4/15/44.4 = 29 mm	30 kg/m <sup>2</sup>
Akoestische beglazing	4/12/6 = 22 mm	25 kg/m <sup>2</sup>
	6/15/44.2 = 30 mm	35 kg/m <sup>2</sup>

Dit vormt meestal geen probleem bij nieuwe ramen en voorzetramen, maar kan wel een beperkende factor zijn bij het vervangen van de beglazing.

### 3.1. Nieuwe ramen met hoogrendementsbeglazing

Het plaatsen van nieuwe ramen is de meest optimale oplossing.

#### Aandachtspunten :

- Multifunctionele hoogrendementsbeglazing op maat :
  - Zonwering
  - Akoestiek
  - Veiligheid, inbraakwering
  - Esthetiek
- Thermisch performant raamprofiel
- Voorzieningen voor verluchting
- Eventueel buitenzonwering

#### Voordelen :

- Nieuwe oplossing met alle modern comfort
- Groter raamoppervlak mogelijk, door vergroten van de ruwbouwopeningen

#### Nadelen :

- Ingrijpende renovatie (tijd, omvang), gebouw tijdelijk buiten gebruik
- Binnen en buiten nieuwe afwerking nodig rond ramen
- Kost

### 3.2. Nieuwe beglazing in bestaande ramen

#### Aandachtspunten

- Kwaliteit bestaand raamprofiel, verdere levensduur ?
- Thermische prestaties bestaand raamprofiel ?  
b.v. het is niet logisch om een hoogrendementsbeglazing te plaatsen in een klein formaat raam met metalen profielen zonder thermisch snede
- Af te raden : zagen of frezen in bestaande profielen
- Dubbel glas plaatsen volgens de regels der kunst (afdichting, ondersteuning, drainage,...zie Ref.1)

#### Voordelen :

- Beperkte renovatie (tijd, omvang), eventueel raam per raam ; gebouw kan in gebruik blijven
- Afwerking beperkt
- Kost

#### Nadelen :

- Keuze beglazing beperkt (dikte, gewicht)
- Oud raamprofiel blijft behouden : onderhoud, beperkte thermisch prestaties, levensduur,...

#### 3.2.1. Dubbel glas vervangen door hoogrendementsbeglazing

Het bestaande dubbel glas wordt vervangen door hoogrendementsbeglazing. Dit vormt meestal geen probleem. We kunnen eventueel een dikkere beglazing (akoestisch, veiligheidsbeglazing) plaatsen door een smallere glaslat te gebruiken (Fig.11) of deze vervangen door een deklath (Fig.12). Wel er steeds voor zorgen dat beide glasbladen voldoende gesteund worden.

#### 3.2.2. Enkel glas vervangen door dubbel glas

Hierbij zijn er diverse mogelijkheden :

##### Dubbel glas in renovatieprofiel (Fig.13)

Tijdens de productie wordt het dubbel glas van een speciaal renovatieprofiel (hout of kunststof) voorzien. Na het verwijderen van het enkel glas wordt dit systeem in het bestaande raam geplaatst, zonder verdere aanpassingen. Dit systeem wordt courant toegepast en vergt weinig tot geen aanpassingswerk aan het oude raamprofiel.

##### Dubbel glas in de sponning van het enkel glas (Fig.14)

Het enkel glas + glaslat of mastiek worden verwijderd. Het dubbel glas wordt in de sponning geplaatst met een nieuwe deklath. Beide glasbladen moeten voldoende gesteund worden.

##### Dubbel glas boven op het raamprofiel met extra deklathen (Fig.15)

Na het verwijderen van enkel glas + glaslat of mastiek plaatst men het dubbel glas bovenop het raamprofiel. Nadien wordt als afwerking aan de buiten en binnenzijde een nieuwe deklath aangebracht.

### Glas in lood (Fig.16)

Bestaand glas in lood kan ingebouwd worden in dubbel glas en volgens een van de besproken methodes geplaatst worden.

Bij al deze oplossingen kan men kiezen voor hoogrendementsbeglazing.

### 3.3. Voorzetbeglazing

Aan de binnenzijde van een bestaand raam wordt een extra glasblad aangebracht. Dit systeem heeft een U-waarde van c.a.  $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  (voorzetbeglazing = gewoon glas) tot  $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  (voorzetbeglazing = Low-E glas) en biedt een goede akoestische isolatie door de brede luchtsouw.

Gezien de spouw niet hermetisch is afgesloten, moet de spouw toegankelijk blijven voor onderhoud.

### Glas in profiel (Fig.17)

Een gewone enkele glasplaat wordt met kleine profielen tegen het bestaand raam geschroefd. Bij onderhoud moet dit gedemonteerd worden.

### Gehard glas, puntvormig bevestigd (Fig.18)

Een geharde glasplaat wordt met scharnieren en enkele bevestigingspunten tegen het bestaande raam aangebracht. Bij onderhoud draait de glasplaat open. Dit systeem is bijzonder geschikt bij renovatie van geklasseerde gevels

### Opmerking :

Een voorzetraam aan de buitenzijde is af te raden, gezien het praktisch onmogelijk is om de aansluitingen voldoende af te dichten.

### 3.4. Voorzetraam

Aan de binnenzijde van een bestaand raam wordt een nieuw raam geplaatst (Fig.19). Bij toepassing van enkel glas geeft dit een U-waarde van c.a.  $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  (voorzetbeglazing = gewoon glas) tot  $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  (voorzetbeglazing = Low-E glas). Men kan echter elk gewenst type beglazing plaatsen

Door de brede luchtsouw krijgen we een zeer goede akoestische isolatie, waardoor dit systeem bijzonder geschikt is voor het oplossen van akoestisch problemen.

### 3.5. Vliesgevel

Voor de bestaande gevel wordt een nieuwe vliesgevel geplaatst (Fig.20).

- Beglazing naar keuze, enkel of dubbel ;
- Het gebouw krijgt een volledig nieuw uitzicht ;
- De bestaande gevel wordt beschermd ;
- Hoge akoestische isolatie ;
- Mogelijkheid tot klimaatgevel.

#### 4. Besluit

Nieuwe ramen plaatsen met hoogrendementsbeglazing is zonder twijfel de beste oplossing voor het renoveren van beglazing; Spijtig genoeg is het ook een dure en ingrijpende oplossing.

Anderzijds stellen we vast dat er diverse systemen bestaan om met behoud van de bestaande ramen, de thermisch kwaliteit van de beglazing sterk te verbeteren. Hoewel bovenstaande reeks oplossingen zeker niet volledig is, blijkt duidelijk dat van zodra de kwaliteit van de raamprofielen nog voldoet, we steeds een aangepast systeem kunnen vinden om met een beperkte ingreep en beperkte kosten het warmteverlies sterk te reduceren en het woon- en leefcomfort te verhogen.

#### Referenties

1. WTCB Technische Voorlichting 214 ; Glas en glasproducten, functies van beglazing ; december 1999.
2. Saint-Gobain Glass, Technische Memento, Editie 2000.