

## Kasdekmaterialen

De transmissie van het kasdek materiaal is in de glastuinbouw altijd een belangrijk onderwerp geweest. Meer licht in de kas betekent meer groei van het gewas en dus een hogere productie per vierkante meter. Voor de verhoging van de lichtopbrengst in de kas moeten kasdekmaterialen een optimale combinatie hebben van lichtdoorlatendheid en isolatiewaarde.

Door de materiaaleigenschappen op onderdelen aan te passen, kunnen voor bestaande materialen de intensiteit en het spectrum van het doorgelaten licht worden geoptimaliseerd. Voorbeelden hiervan kunnen het aanbrengen van speciale oppervlakte-coatings of het veranderen van de oppervlaktestructuur zijn. Voor de ontwikkeling op de lange termijn kan gezocht worden naar geheel nieuwe materialen voor kasomhullingen.

Glas heeft de Nederlandse tuinbouw groot gemaakt, maar toch is het de vraag of glas het meest ideale materiaal is om kassen mee af te dekken. Nieuwe materialen hebben soms beter energiebesparende eigenschappen.

### Glassoorten

In de tuinbouw wordt meestal blank glas gebruikt. Glas combineert een aantal gunstige materiaaleigenschappen waarvan de belangrijkste zijn: een goede stevigheid en weersbestendigheid, dampdichtheid, goede bevochtigingseigenschappen waardoor condenswater goed afvloeit, nauwelijks doorlaatbaar voor warmtestraling (ver-infraroodstraling) en lage prijs.



(bron: <http://www.m2m-innovations.com/cgi-bin/cf/index.pl?page=/nl/diensten/glastuinbouw.htm>)

De nadelen zijn: vrij hoge reflectieverliezen, geringe isolatiewaarde, breekbaarheid (brosheid waardoor gevoelig voor hagelschade) en geringe treksterkte. Door uit te gaan van gehard glas kan het laatste nadeel deels ondervangen worden, hoewel het materiaal dan zeer kwetsbaar is voor kleine krassen. Door grotere kapbreedtes van 8 tot 13 meter wordt eerder gedacht aan gehard glazen panelen (gebogen), kunststoffen of sandwichconstructies. De sandwichconstructie is opgebouwd uit gelijmde platen van kunststof en prefabpanelen van glas. De lichttransmissie van glas kan worden verbeterd door de reflectieverliezen te verminderen via het aanbrengen van een anti-reflectie coating of ontspiegeling door middel van het aanbrengen van een microstructuur. Ook kan het glas worden voorzien van een 'low emissie' coating om de warmte-uitstraling (ver-infrarood) te verminderen. (Bron: Janssen E.G.O.N. 2004, *The Deltagreenhouse*)

### Float glas

Float glas (of enkelglas) wordt geproduceerd uit een mengsel van zand (basingrediënt), natriumcarbonaat (smeltmiddel), kalksteen en dolomiet (stabiliserende element). Het mengsel wordt in een oven verhit tot meer dan 1.500°C, loopt dan in een bad van gegoten tin en wordt geleidelijk afgekoeld tot de omgevingstemperatuur. Het productieproces is volledig geautomatiseerd. De glasplaten zijn na productie recht en vlak. (Bron: Anonymous, <http://www.hgigas.nl/?hgi=producten>)

### Getrokken glas

Getrokken glas is een goedkoper alternatief voor float glas. Doordat dit glas niet over een tinbad gaat, heeft het getrokken glas een ruwere structuur. Dit geeft een snellere vervuiling, wat niet goed is voor de lichtdoorlatendheid. Getrokken glas heeft een lichtverlies van circa 8 tot 10% in 10 jaar. Bij float glas is dat maar 6% per 10 jaar. Om geen extra lichtverlies te hebben, zou een extra investering moeten plaatsvinden voor een kasdekreiniger. Het getrokken glas is breukgevoeliger dan float glas. In Europa vindt geen productie van getrokken glas meer plaats, wel wordt er nog in de landen van het voormalige Sovjetunie en in China geproduceerd. (Bron: Stijger H., 2006, *Onder glas nr. 5, pagina 7, 8 en 9*)



(bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Glas>)

## Gegoten glas

Het productieproces van gegoten glas is ouder dan het float en getrokken glasproces. Het vloeibare glas wordt uitgegoten en bij een hoge temperatuur platgewalst. Vandaar ook wel de benaming gewalst glas. Wanneer de wasrollen voorzien zijn van een figuur of structuur, drukken ze een bepaald patroon in het glas. Gehamerd glas is de bekendste glassoort volgens dit procedé. Dit glas maakt het licht diffuus en vindt zijn toepassing vooral in kasgevels. Een groot nadeel van gegoten glas is de breukgevoeligheid. Hierdoor is het gewalste en gehamerde glas niet geschikt als dekglas. In het verleden is dat wel toegepast, maar zelfs bij kleine afmetingen kwam veel breuk voor en ontstond altijd veel schade na een storm en/of na een hagelbui. (Bron: Stijger H., 2006, *Onder glas nr. 5, pagina 7, 8 en 9*)

## Gehard glas

Gehard glas is op maat gesneden float glas dat door een hardingsoven van 600°C gaat. Hierin wordt het glas snel opgewarmd en daarna snel afgekoeld. De temperatuurverschillen die spanningen in het glas creëren, maken het glas sterker. Als gehard glas kapot gaat, valt het in duizenden kleine stukken uiteen. Gehard glas wordt daarom in corridors en boven een betonpad toegepast zodat medewerkers bijvoorbeeld bij een hagelbui, de kas veilig verlaten. Arbo-technisch heeft gehard glas bij grote ruiten voordelen voor het beglazen. Gehard glas heeft ook een belangrijk nadeel. Als een grote ruit breekt, valt deze in kleine stukjes uiteen. Er zit dan direct een gat van bijvoorbeeld 3,6 m<sup>2</sup> in het dek. Bij gewoon glas barst de ruit wel, maar valt er meestal niet uit en dat geeft dus nauwelijks extra warmteverlies. Gehard glas is bovendien 2 keer zo duur als gewoon glas. (Bron: Stijger H., 2006, *Onder glas nr. 5, pagina 7, 8 en 9*)



## Diamantglas

Als het glas nauwelijks nog ijzer bevat, verandert de kleur zichtbaar van groen naar wit. Er wordt dan ook wel gesproken over 'witglas'. Een voorbeeld van witglas is diamantglas. Met het niet ijzerhoudend glas wordt een grotere lichtdoorlatendheid bereikt dan met ijzerhoudend glas. Doordat er weinig verschil is in de transmissie tussen diamantglas en Oosteupees-glas, zijn de effecten op de productie en het energieverbruik tussen deze soorten marginaal. (Bron: Stijger H., 2006, *Onder glas nr. 5, pagina 7, 8 en 9*)

## Hortiplus

Hortiplus is float glas waarop een metaaloxide is aangebracht. Vroeger gaf het een blauwgroene kleur, maar tegenwoordig heeft het een heldere coating. De coating geeft een isolerende werking van 25% ten opzichte van gewoon glas. Nadeel van Hortiplus is het verlies van 2% lichtdoorlatendheid. Tijdens de energiecrisis van de '70 jaren is dit glas veel toegepast als dekglas en als onderste ruiten van gevels. (Bron: Stijger H., 2006, *Onder glas nr. 5, pagina nr. 7, 8 en 9*)

## Hortifrost

Hortifrost, een alternatieve glassoort voor gehamerd glas, is tevens een gegoten en gewalste glassoort. Het glas heeft een fijne tekening en lijkt net een bevroren ruit. Hortifrost is uniformer qua dikte dan gehamerd glas, dat dikteverschil kent, en is geschikt als gevelglas voor kassen. (Bron: Stijger H., 2006, *Onder glas nr. 5, pagina 7, 8 en 9*)



(Bron: <http://users.telenet.be/vanlooverenactueel/hortifrost.htm>)

### Hortilight 91

Een klein deel van het in Polen geproduceerde tuinbouwglas wordt naar het Deense bedrijf Sunarc gebracht om er een speciale anti-reflexiecoating op aan te brengen. Door de anti-reflexielaag komt bij een lage zonnestand veel meer licht in de kas dan normaal. Het glas is voor deze hoogwaardige toepassing het meest geschikt, omdat de beginwaarde van de transmissie al zo hoog is en omdat het niet uitmaakt aan welke kant de coating wordt aangebracht. Wat betreft de transmissie van het totale licht zit er weinig verschil in het gebruikte glas in de tuinbouw. Dat wordt echter anders als wordt gekeken naar het PAR-licht; dat deel van het lichtspectrum dat planten gebruiken voor de fotosynthese. Gewoon float glas heeft een transmissie van 89 tot maximaal 9%, wat 1 tot 2% minder is dan het getrokken glas van Hortilight 91+. Dit glas haalt een transmissie van 91 tot 91,5% over een breder spectrum binnen het PAR-gebied. (Bron: Boonekamp G., 2008, *Groenten en Fruit*, week 19.)

### AR multilaag gecoat glas

Dit float glas is aan beide zijden gecoat met meerdere lagen van verschillende materialen. De coating zorgt voor een afwisselende hoge en lage brekingsindex<sup>(\*)</sup>. Het AR multilaag gecoat glas kan verwerkt worden als standaard glas. Het is dus niet nodig om de kasconstructie aan te passen op het materiaal. Opvallend is dat het materiaal over alle invalshoeken een betere transmissie oplevert. Dit resulteert in een integrale verbetering t.o.v. float glas. Een nadeel van dit glas is dat de prijs per vierkante meter momenteel vrij hoog is. De terugverdientijd met de huidige technieken is circa 5 jaar. Dit betekent dat de tuinder in eerste instantie een groot financieel risico loopt, gezien de hoge verwachte meeropbrengst. Er zijn wel diverse initiatieven gaande om de kostprijs verder naar beneden te brengen. Een praktijkonderzoek zal nodig zijn voordat men overstapt op dit materiaal. Een tweede nadeel is dat de duurzaamheid van het glas voor de glastuinbouw nog niet bewezen is. Uitgangspunt in de glastuinbouw is dat het glas circa 6 keer per jaar gereinigd moet kunnen worden. (Bron: Janssen E.G.O.N., 2004, *Optimaal kasdek*)

### AR enkellaags gecoat glas

Dit glas is aan beide zijden gecoat met een dunne poreuze SiO<sub>2</sub>-laag (Siliciumdioxide) waarmee een brekingsindex<sup>(\*)</sup> van circa 1,25 kan worden gehaald. Ook dit glas kan verwerkt worden als standaard glas. De duurzaamheid is beduidend minder dan het AR meerlaags gecoat glas. (Bron: Janssen E.G.O.N., 2004, *Optimaal kasdek*)

### Geëts glas

Geëts glas is voorzien van een microstructuur die een antireflectie werking heeft. De aandachtspunten zijn in overeenstemming met die van AR enkellaags gecoat glas, hoewel de weerbestendigheid beter schijnt te zijn. Het geëtste glas wordt momenteel toegepast in zonnecollectoren. Verder wordt momenteel een kas gebouwd met dit materiaal. Het geëtste glas heeft over alle invalshoeken een hogere transmissie. De winst is bij het schuin invallend licht het grootst. Een nadeel van dit product is dat het infrarode deel van de zonnestraling beter wordt doorgelaten (toename zonnewarmte in de kas). (Bron: Janssen E.G.O.N., 2004, *Optimaal kasdek*)

### Kunststof dekmaterialen in de glastuinbouw

In de afgelopen 20 jaar is een groot aantal transparante kunststof materialen op de markt gekomen waarvan een deel geschikt is als kasdekmateriaal. Een aantal van deze materialen is aanzienlijk verbeterd door verschillende coatings. De niet-flexibele transparante kunststoffen worden in een aantal materialen toegepast zoals kasdekmaterialen: PMMA (polymethylmethacrylaat) PC (polycarbonaat), PVC (polyvinylchloride) en GRP (glasvezelgewapend polyester). Deze worden toegepast in de vorm van vervormde kunststofplaten. (Bron: Hemming S., 2004, *Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw*)

Verschillende transparante kunststofplanten



(bron: Hemming S., 2004, *optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw*)

### PMMA dubbel (Acrylaat kunststofplaten)

De lichttransmissie van dubbele PMMA-platen is hoog, dit heeft te maken met de lage brekingsindex<sup>(\*)</sup>. De slagvastheid van dit materiaal is minder goed, maar kan door toevoegingen verbeterd worden. (Bron: Janssen E.G.O.N. 2004, *The Deltagreenhouse*)

### PC dubbel

Polycarbonaat (PC) heeft als voordelen: een goede materiaalsterkte, een hoge slagvastheid en een grotere brandveiligheid. Door de hogere brekingsindex is de lichttransmissie van PC wat lager dan die van PMMA. Door toepassing van een door Agrotechnology & Food Innovations samen met General electric Plastics ontwikkelde zigzag-vormige doorsnede, kan de lichttransmissie van het PC-materiaal aanzienlijk toenemen, waardoor een interessant nieuw materiaal ontstaat voor kasbedekking. (Bron: Hemming S., et al., 2004, *Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw*)

### Zigzag

Zigzagkasdek materiaal heeft de naam veel licht door te laten en veel energie te besparen.

### Zigzag dubbel

Er bestaat een hoogisolerend kasdek materiaal (Lexan-ZigZag), ontwikkeld voor toepassing in de tuinbouwsector. De energiebesparingpotentie is destijds op basis van simulatieberekeningen geschat op circa 20% op jaarbasis bij energie-intensieve groentegewassen. Voor potplantenbedrijven mag een nog grotere potentie verwacht worden. Onder laboratoriumomstandigheden is de transmissie vergelijkbaar met glas en scoort het materiaal beter dan 2-laags acrylaat (PMMA) en 3-laags polycarbonaat (PC). In een praktijkonderzoek waarin de prestaties van ZigZagdek zijn bekeken, blijkt dat gedurende de hele winterperiode de transmissie echter wat lager is dan verwacht. Redenen hiervoor kunnen zijn dat in de betreffende afdeling enige ontwikkeling van algen tegen het plaatmateriaal is ontstaan. Daarnaast bleek het krijt niet volledig te zijn verwijderd. Een tweede punt dat de transmissie kan beïnvloeden is de mate en vorm van condensdruppels. Een derde reden kan de nokrichting van de kas zijn, waarin de proef is genomen: die is noord-zuid en in die richting is de transmissie bij lage zonstanden (in de winter) lager dan bij oost-west richting. Hommels en bijen in een kas met zigzagkasbedekking lijken niet goed te functioneren omdat zij zich oriënteren met behulp van UV-straling. Polycarbonaten absorberen UV straling, waardoor de insecten de weg kwijt raken. (Bron: Kempkes F., Os E van, 2006, *Gewasgroei en energiegebruik in kassen onder een Lexan-ZigZag kasdek in vergelijking met verschillende soorten kasdekken*)

Kasdek met zigzag platen



(bron: [www.energiek2020.nl](http://www.energiek2020.nl))

### Zigzag enkel

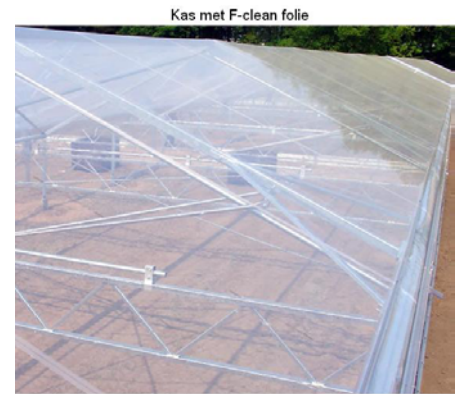
Door een enkellaags zigzagplaat toe te passen, verbetert de transmissie van de plaat, terwijl de prijs daalt. Dit gaat dan wel ten koste van de isolatiewaarde, maar die kan in veel gevallen met energieschermen gecompenseerd worden. Aandachtspunten van de enkellaags zigzagplaat zijn: de prijs van de platen in relatie tot de terugverdientijd en de inpassing van de platen in de kasconstructie, zoals ervaren met de dubbellaags plaat. Door een enkellaags plaat toe te passen, kan bekeken worden of de platen aan de uiteinden plat (en eventueel omgezet) uitgevoerd kunnen worden, zodat ze eenvoudig in de constructie kunnen worden ingepast als ruiten. (Bron: Janssen E.G.O.N., 2004, *Optimaal kasdek*)

### PVC

Het materiaal PVC is in het verleden op beperkte schaal toegepast voor kassen, echter dit gaf grote problemen bij hagelbelasting (schade). Ook uit milieuoverwegingen is PVC geen geschikt materiaal. (Bron: Hemming S., et al., 2004, *Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw*)

## Kunststoffolies

Kunststoffolies worden toegepast in tal van gebieden, klimaten en voor diverse teelten. Dit vraagt om de ontwikkeling van specifieke folies die afgestemd zijn op de eisen van het klimaat en de teelt. Deze eisen zijn een combinatie van eigenschappen, zoals lichttransmissie, warmtetransmissie, sterkte, levensduur, anti-condens- en anti-stof gedrag. Door de samenstelling en het toevoegen van additieven is het mogelijk om de eigenschappen van kunststoffolies sterk te beïnvloeden. Zo kan een folie bijvoorbeeld wel of niet doorlatend gemaakt worden voor UV-straling. Dit is van belang bij bepaalde teelten, waarbij UV-straling nodig is voor de plantontwikkeling. (Bron: Hemming S., et al., 2004, *Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw*)



Kas met F-clean folie

(bron: [www.f-clean-kassen.nl/](http://www.f-clean-kassen.nl/))

## PE (polyethyleen)

Polyethyleen (PE) is het meest toegepaste materiaal bij kasdekfolies omdat het veel mogelijkheden biedt en niet-toxisch (giftig) is. Zonder toevoeging van UV-additieven is de levensduur van deze PE-folies echter vaak minder dan 1 jaar. Om de levensduur te verlengen, worden UV-stabilisatoren aan het materiaal toegevoegd. (Bron: Hemming S., et al., 2004, *Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw*)

## PE-IR

Polyethyleen verschilt met glas op een belangrijk punt: het heeft van huis uit niet hetzelfde thermische IR-absorptie als glas (broeikas effect). Daarom is het noodzakelijk om additieven (minerale vulstoffen) of vinylacetaat (VA) toe te voegen. (Verlode et al., 1995). Door blokkering van de warmtestraling vanuit het gewas naar de hemel door het kasdek, zal het gewas minder afkoelen gedurende koude nachten. (Bron: Hemming S., et al., 2004, *Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw*)

## ETFE, PVDF, TPU, PET

Een recente ontwikkeling op kunststofgebied is de introductie van een aantal hoogtransparante folies. Een aantal van deze folies is fluoropolymeren, zoals ETFE (etheentetrafluoretheen), PVDF (polyvinylidendifluoride), TPU (polyurethaan) of PET-folies (polyester). Naast een zeer goede lichttransmissie van 90 – 95% (PAR) worden deze folies gekenmerkt door een zeer goede stabiliteit, waardoor de levensduur op meer dan 10 jaar aangehouden moet worden. De prijs van deze materialen is echter nog relatief hoog. De mechanische eigenschappen van deze materialen zijn niet altijd even goed, zo heeft TPU te veel rek en zijn PVDF en PET te scheurgevoelig. Bij de meeste materialen is de transmissie voor warmtestraling laag. Vooral ETFE heeft veel gunstige eigenschappen en is daarom mede door de eerder genoemde goede lichttransmissie en lange levensduur veelbelovend als toekomstig kasdekmateriaal. (Bron: Hemming S., et al., 2004, *Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw*)

## (\*1) Brekingsindex

Breking van licht houdt in dat lichtstralen gebroken worden (in een andere richting verder gaan) als ze een grens overgaan tussen verschillende materialen met verschillende dichtheden. De richting wordt bepaald door de brekingsindex van het materiaal. Voor materialen met een laag brekingsindex geldt een hoge transmissie en materialen met een hoge brekingsindex geldt een lage transmissie. (Bron: Anonymus, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Brekingsindex>)

## Overzicht

In de tabel op de volgende pagina zijn de bekendste kasdekmaterialen in de tuinbouw weergegeven.

Glas Materiaal	PAR-transmissie		UV-A	UV-B	Levensduur jaar	Prijs euro/m <sup>2</sup>
	% direct licht	% diffuus licht				
Float glas (enkelglas)	89	82	Ja	Nee	25	5
Getrokken glas			Ja	Nee		
Gegoten/gewas glas	89	71	Ja	Nee	25	10
Gehard glas	89-91	82	Ja	Nee	25	10
'witglas' (diamantglas)	90-92	84	Ja	gedeeltelijk	25	10
Horitplus	84	69			25	10
Hortifrost	87	80				
Hortilight 91	91		Ja	Afhankelijk van glastype		
AR multilaags gecoat glas	95-98	86-88	Ja	Afhankelijk van glastype	>15	
AR enkellaags gecoat glas	95-98	86-88	Ja	Afhankelijk van glas type	>15	10

Kunststof Materiaal	PAR-transmissie		UV-A	UV-B	Levensduur jaren	Prijs euro/m <sup>2</sup>
	% direct licht	% diffuus licht				
PC (Polycarbonaat) dubbel	73	60	Nee	Nee	15	13-18
Zigzag dubbel	88	74	Nee	Nee	15	32
Zigzag enkel	94	88	Nee	Nee	15	
PVC	87-91	10-15				0.70
PE	89-91	81	Afhankelijk van folietype	Afhankelijk van folietype	1-5	0.50- 0.80
PE-IR	89-91	81	Afhankelijk van folietype	Afhankelijk van folietype	4-5	0.60- 0.80
ETFE	93-94	88	Ja	Ja	15-20	10-12
PVDF	93-94	85	Ja	Ja	12	10
TPU	91	5	Nee	Nee	6	
PET (Polyetheentereftalaat)	89	40-60			1	