Dat de gemiddelde temperatuur stijgt, zal enkel nog een zeldzame klimaatscepticus ontkennen. Volgens het KMI vallen alle jaren vanaf 2000 op vier na in de top twintig van warmste jaren sinds het begin van de metingen in 1833. Dat kan tellen als voorteken. De nood aan verkoeling neemt dan enkel toe. Zorgen voor een aangenaam binnenklimaat in je woning betekent dus ook meer en meer het beperken van oververhitting. Waar moet je dan op letten? In een eerste artikel hebben we het over de bouwkundige maatregelen die je kunt treffen. In deel twee bespreken we de impact van verschillende technieken zoals koeling en mechanische ventilatie.

Deel 1: Wat is de impact van bouwkundige maatregelen?

Oververhitting in je woning voorkomen

Het vermijden van te hoge binnentemperaturen wordt wel eens *zomercomfort* genoemd. Dat is een misleidende term. Ook op zonnige dagen in de tussenseizoenen kan de temperatuur binnenshuis oplopen tot boven 25°C wat meestal gehanteerd wordt als grenswaarde. Comfort is eigenlijk een subjectieve ervaring die niet alleen beïnvloed wordt door de luchttemperatuur maar ook door onze activiteitsgraad, kleding, luchtsnelheid, de stralingstemperatuur van de omringende wanden en de relatieve vochtigheid. Maar dat zou ons te ver leiden. Heel wat onderdelen van de bouwschil van je woning beïnvloeden het risico op oververhitting. De beglaasde oppervlakken (ramen, dak(vlak)ramen en koepels) hebben de grootste impact. Een bewoonbare zolder goed isoleren, zal wat oververhitting betreft weinig zoden aan de dijk zetten als er een groot zuidelijk gericht dakvlakraam aanwezig is zonder buitenzonwering. De grootte van het raam, de oriëntatie en het type beglazing spelen dus een belangrijke rol. Zonwering is meestal een noodzakelijke aanvullende maatregel. De warmte buiten houden is één ding, een keer binnen moeten we de warmte ook terug kunnen evacueren via opengaande ramen. De thermische massa (hoeveel warmte de constructie kan vasthouden) speelt ook een rol, maar in veel mindere mate. Ook lichtere constructies met weinig massa zoals houtskeletbouw kunnen we comfortabel houden bij hogere temperaturen. Tot slot hebben ook de isolatiegraad van de woning, de luchtdichtheid, het isolatietype en de soort afwerking van de gebouwschil een invloed, maar de impact hiervan is eerder beperkt.

Schaduwdoeken of zeilen die schaduw werpen op het raam zijn ook een vorm van vaste zonwering.

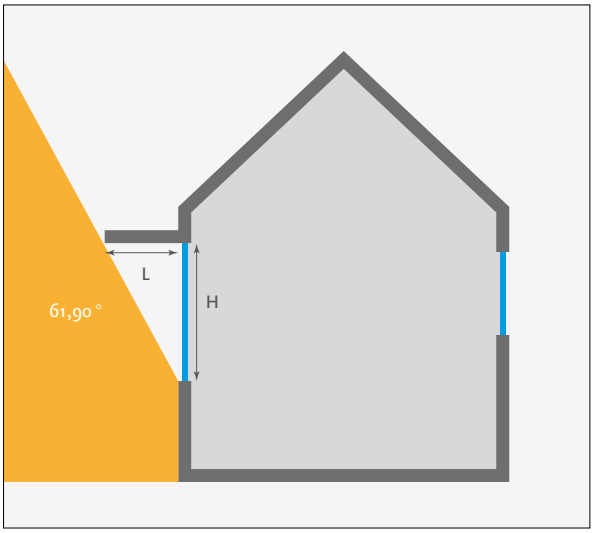
Beperk je zonnewinsten!

Het buitenhouden van de zonnewarmte door de beglaasde oppervlakken is eigenlijk de allereerste, belangrijkste maatregel. Dat begint met het beperken van de glasoppervlakte. Voldoende glas is belangrijk om in de winter te genieten van gratis zonnewarmte, om zicht te hebben en om in elke ruimte voldoende daglicht binnen te laten. Maar glas heeft dus ook een keerzijde: risico op oververhitting. We streven bijgevolg naar een evenwicht tussen gewenste zonnewinsten in de winter en ongewenste in de zomer, voldoende daglicht, zicht en privacy. Een aantal vuistregels kunnen hierbij helpen. Om voldoende daglicht te laten binnenstromen, adviseert men een minimale verhouding tussen glas- en vloeroppervlakte van 1 op 6 voor leefruimtes en 1 op 8 voor keuken en slaapkamers (1 op 12 bij dakvlakramen). Om het risico op oververhitting te beperken, wordt aangeraden om deze verhoudingen te beperken tot 1 op 4. Sommige bronnen gebruiken percentages voor de oppervlakte aan glas per gevel, afhankelijk van de oriëntatie. Bijvoorbeeld maximum 5 à 10 % glas op het noorden, 10 à 15 % op het oosten en westen en maximum 50 % op het zuiden. Hierbij gaat men volledig voorbij aan de grootte van de achterliggende ruimte. Niet vergeten dat het steeds gaat om het streven naar een evenwicht tussen zonnewinsten (gewenst versus ongewenst), zicht en licht. In een aantal gevallen zullen er compromissen gemaakt moeten worden afhankelijk van de ligging, oriëntatie, het woningtype en de wensen van de bewoners. Maar zelfs met een glasoppervlakte die voldoet aan bovenstaande richtwaarden qua verhouding glas- en vloeroppervlak zal een goede zonwering in de meeste gevallen onmisbaar zijn om het risico op oververhitting voldoende te beperken. Zonwering is een verzamelnaam voor een heel uitgebreid scala aan mogelijkheden, systemen en technieken. Allereerst maken we het onderscheid tussen binnen-, tussen- en buitenzonwering.

Soorten zonwering

Het effect van binnenzonwering is eerder beperkt omdat de zonnewarmte immers al binnen is voor je ze tegenhoudt: afhankelijk van type en kleur wordt er 10 tot maximum 40 % van de zonnewarmte tegengehouden. Kies een binnenzonwering met lichte kleur zodat ze zo weinig mogelijk warmte absorbeert. Is binnenzonwering overbodig als je buitenzonwering hebt? Neen, soms gaan binnen- en buitenzonwering hand in hand. Als we verblinding willen vermijden (op een beeldscherm bijvoorbeeld), maar toch zonnewinsten willen in de winter, dan is binnenzonwering ideaal.

Met buitenzonwering kunnen we 80 tot 90 % of zelfs meer van de zonnewarmte tegenhouden. Hoeveel hangt af van het type zonwering en de kleur. Laten we eerst een onderscheid maken tussen vaste en bewegende zonwering. Vaste zonweringen zijn bijvoorbeeld oversteken boven een raam. Het effect ervan hangt af van de lengte van de oversteek ten opzichte van de hoogte van het raam eronder. Op de figuur zie je dat een verhouding tussen oversteek en raamhoogte van L/H = 1/1,8 enkel op 21 juni bij de hoogste zonnestand ‘s middags 100 % schaduw geeft. Bij een raamhoogte van 1,80 meter betekent dat een dakoversteek van 1 meter lengte. Als L/H gelijk is aan 1/1,5 dan hebben we van 12 mei tot 1 augustus ‘s middags 100 % schaduw. Bij een raamhoogte van 1,80 meter betekent dit een dakoversteek van 1,20 meter. Dit geldt enkel voor zuidgeoriënteerde gevels. Op het oosten en westen staat de zon veel lager en hebben oversteken weinig effect: de zon schijnt eronder door. Maar ook op het zuiden hebben oversteken hun beperkingen: in de tussenseizoenen staat de zon lager en kan er toch nog veel zon op het raam vallen.



Andere vormen van vaste zonweringen zijn schaduwdoeken of zeilen die (deels) schaduw werpen op het raam (zie foto op vorige pagina), zonthermische of photovoltaïsche panelen tegen de gevel boven een raam of bomen, struiken en beplanting. Deze laatste zijn best bladverliezende soorten zodat er zonwering is in de zomer en warmtewinst in de winter. Een losstaande constructie voor de gevel met een klimplant is een variant hierop. Hop en druivelaar zijn twee plantensoorten die uitermate geschikt zijn voor deze toepassing omdat »

ze in de winter vrijwel volledig verdwijnen, maar in de zomer snel terug aangroeien. Bomen en klimplanten hebben echter een nadeel: in het tussenseizoen, en dan vooral de lente, kan het voorvallen dat er nog onvoldoende bladgroei is om bij zacht en zonnig lenteweer genoeg zon tegen te houden. Daarnaast hebben deze

Luifels met beweegbare doeken als terrasoverkapping.

andere vormen van vaste zonwering dezelfde beperking als een oversteek: ze hebben vooral effect op het zuiden en minder op oost en west. Een ander nadeel van elke vaste, horizontale zonwering: ze houdt enkel het directe zonlicht tegen, niet het gereflecteerde en diffuse, indirecte zonlicht. Dit aandeel kan oplopen tot wel een kwart van het totale invallende zonlicht. Soms heb je dus meer nood aan beweegbare zonwering, ook op het zuiden.

Dynamische buitenzonwering bestaat er in vele vormen: screens, buitenjaloezieën, uitvalschermen, knikarmschermen (ook gekend als zonnescherm), markisolette (combinatie van een screen en een uitvalscherm), schuifschermen, vouwschermen en luifels (met beweegbare doeken of lamellen). Luifels, knikarmschermen en uitvalschermen hebben, in tegenstelling tot de andere beweegbare buitenzonwering, hetzelfde nadeel als vaste zonwering: ze houden enkel de directe zoninstraling tegen.

Efficiëntie

Op de vraag welke buitenzonwering het meest efficiënt is, is het moeilijk om een rechtlijnig antwoord te geven. Net zoals bij beglazing wordt de zonnetoetreding aangegeven met de g-waarde, uitgedrukt in procent, die aangeeft hoeveel procent van de zonnewarmte die op de

Een markisolette is een combinatie van een screen met een uitvalscherm, zoals te zien aan de ramen op de eerste verdieping van het huis.

zonwering invalt, wordt doorgelaten. In de praktijk zien we steeds een combinatie van beglazing en zonwering, nooit een zonwering alleen. De gtot-waarde geeft aan wat de zonnetoetredingsfactor is van zonwering/rolluik plus glas. De performantie van de combinatie glas plus zonwering wordt aangeduid in klassen, gaande van 0 (zeer weinig effect) tot 4 (zeer goed effect) zoals je ziet in de tabel.

Maar we mogen ons ook niet blind staren op de g_{tot}-

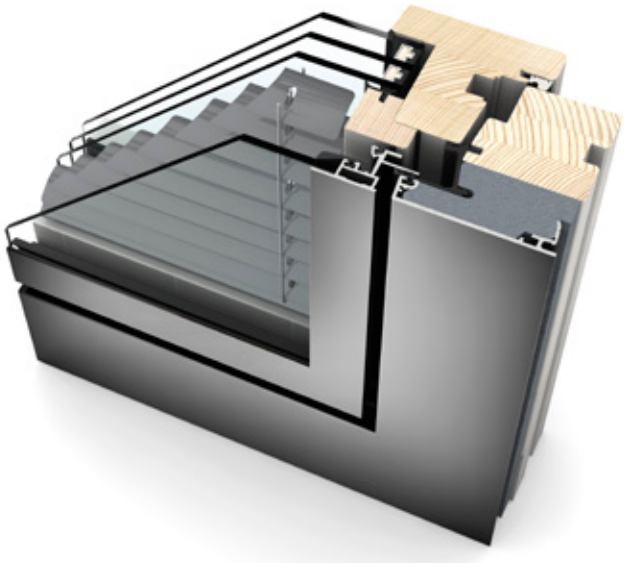
Klasse	0	1	2	3	4
	Zeer weinig effect	Weinig effect	Matig effect	Goed effect	Zeer goed effect
g_{tot}	$g_{tot} \geq 0{,}50$	$0{,}35 \leq g_{tot} < 0{,}50$	$0{,}15 \leq g_{tot} < 0{,}35$	$0{,}10 \leq g_{tot} < 0{,}15$	$g_{tot} < 10$

waarde. Eigenlijk is het ook de sturing die mee bepaalt hoe effectief de zonwering in werkelijkheid zal zijn. Een zonwering die in theorie een zeer lage zonnetoetredingsfactor heeft maar handmatig bediend wordt, zal in de praktijk mogelijk ondermaats presteren omdat de bewoners vergeten de zonwering naar beneden te doen. Een in theorie matig effectieve zonwering, maar geautomatiseerd, kan dan toch beter presteren in de praktijk omdat ze optimaal de zon tegenhoudt. Naast de zoninstraling op de gevel (door een sensor gemeten in lux of in W/m²) moet de zonwering ook aangestuurd worden door een wind- en regensensor zodat de zonwering bij slechte weersomstandigheden dicht/omhoog gaat om schade te voorkomen. Een buitenzonwering moet ook voldoende windvast zijn, zo niet gaat ze dicht/omhoog bij het minste zuchtje wind.

Twee andere belangrijke parameters die bepalend zijn bij de keuze van de zonwering zijn daglichttoetreding en doorzicht of visueel comfort. Hoewel daglichttoetreding bij woningen een minder bepalende factor is dan bij tertiaire gebouwen zoals scholen en kantoren, is het toch goed om hier ook even bij stil te staan. Ramen met rolluiken bijvoorbeeld hebben een zeer lage zonnetoetredingsfactor maar dompelen meestal de achterliggende ruimtes in het duister. Jaloezieën daarentegen kunnen naargelang de nood aangepast worden in helling zodat er meer of minder daglicht binnenkomt. Een nadeel is wel dat meer daglichttoetreding meer zonnewinsten »

Een knikarmscherm, ook gekend als zonnescherm, presteert beter wanneer het over een automatische sturing beschikt.

tot gevolg heeft. Afhankelijk van de functie moet er dus steeds een compromis gevonden worden tussen de zonnetoetredingsfactor en de nood aan daglicht.
Doorzicht is vooral een aandachtspunt bij screens en



Op deze foto is de tussenzonwering in het raam ingewerkt (foto: HV350, *Home Pure* van *Internorm*, te verkrijgen bij *Interproject bvba*).

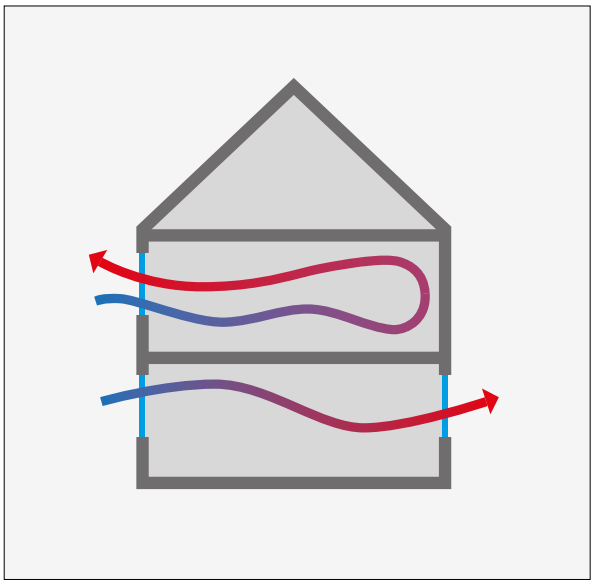
wordt bepaald door de openingsfactor (dichtheid van de weefstructuur) en de kleur van het doek. Voor een gegeven kleur zal een doek met een hoge openingsfactor een beter doorzicht opleveren dan een doek met een lage openingsfactor. Een hogere openingsfactor betekent echter een hogere zonnetoetredingsfactor. Voor een gegeven openingsfactor zal een donker textieldoek een beter doorzicht opleveren dan een lichtkleurig textieldoek.
Een andere mogelijke oplossing is tussenzonwering die in het raam of in de beglazing ingewerkt is. Hierdoor is windvastheid geen issue meer. Omdat de zonwering echter niet voor het raam zit maar in het raam of de beglazing, is de zonnetoetredingsfactor eerder gemiddeld. Plaatsen we eenzelfde screen als binnen-, tussen- of buitenzonwering dan zal de tussenzonwering beter de zon tegenhouden dan de binnenzonwering, maar slechter dan de buitenzonwering. Bij tussenzonwering in het raam bevindt de zonwering zich tussen de beglazing en een extra glasblad, dat aan de buitenzijde wordt toegevoegd en dat afzonderlijk kan opengemaakt worden (zie foto). Hierdoor blijft de zonwering toegankelijk, maar ze kan enkel toegepast worden bij opengaande ramen. Indien de tussenzonwering in de beglazing wordt voorzien, is deze niet meer toegankelijk. Bijkomend nadeel van tussenzonwering in de beglazing: de glasspouw wordt breder, wat resulteert in een slechtere isolatiewaarde (hogere U_g-waarde).

Zonwerende beglazing

Hoewel het de meest efficiënte manier is om de zon buiten te houden, werpt zonwering nog steeds weerstand op bij sommige (ver)bouwers. Gemakkelijkheidshalve wordt er dan gekeken naar de beglazing om het oververhittingsprobleem aan te pakken. De gangbare zonwerende beglazing heeft het grote nadeel dat de g-waarde permanent laag is. Dat heeft tot gevolg dat we ook 's winters veel minder warmtewinsten hebben. Daarenboven heeft zonwerende beglazing, met typische g-waardes tussen 25 en 40 %, nog steeds maar een *matig* tot *weinig effect* qua zonwering, volgens de hiervoor gedefinieerde klassen. Daarnaast heeft een zonwerende beglazing meestal ook een lagere lichtdoorlatingsfactor (TL-waarde) dan een klassieke beglazing. Kies dus eerder voor een goede thermisch isolerende beglazing met een g-waarde van minstens 50 % en een TL-waarde van minstens 60 %, in combinatie met een goede automatische buitenzonwering.

Intensief ventileren

Uit binnen- en buitenlands onderzoek naar oververhitting blijkt dat, naast het voorzien van automatische buitenzonwering, ook het intensief ventileren van de woning een van de belangrijkste maatregelen is om oververhitting voldoende te beperken. In tegenstelling



tot de winter, wanneer het buiten steeds kouder is dan binnen, schommelt de temperatuur in de zomer veel meer. Overdag is het buiten warmer dan binnen en moeten we de warmte zoveel mogelijk buiten houden. Ramen en deuren houden we dan dicht om zo min mogelijk ongewenste warme lucht binnen te krijgen. 's Nachts wordt het buiten echter frisser dan binnen en kunnen we door het openen van ramen de warmte die overdag toch is binnen geslopen efficiënt afvoeren. Doen we dit niet dan zal de binnentemperatuur dag na dag verder oplopen en wordt het toch te warm, ondanks alle maatregelen om de zon te weren. Natuurlijke ventilatie kan op drie manieren worden uitgewerkt: eenzijdige ventilatie op slechts één gevel (zie figuur op vorige blz., verdieping), dwarsventilatie van gevel tot gevel door het effect van de wind (zie figuur, gelijkvloers) of ventilatie op basis van het schoorsteeneffect van gevel tot dak. Voorzie dus minstens in elke leef- en slaapruimte een inbraakveilig opengaand raam. Dat wordt wel eens over het hoofd gezien, of de mogelijkheid is er wel maar ze wordt niet of te weinig benut.

Thermische massa

Als het gaat over oververhitting of zomercomfort is een vaak weerkerend advies: voorzie voldoende thermische massa om de warmte te bufferen. Dat betekent bouwen met zware materialen die de warmte kunnen stockeren. Zo heeft een woning in beton, metselwerk of een combinatie van beiden veel meer thermische massa dan een lichtere constructie zoals een houtskeletbouw. Recente onderzoeken geven een meer genuanceerde kijk op de zaak. Thermische massa heeft wel degelijk een effect. Er is een significant verschil tussen het oververhittingsrisico van massieve woningen en lichte woningen. Maar zonder bijkomende maatregelen wordt het ook in de massieve woning te warm. Grootte, type beglazing en oriëntatie van de ramen hebben een veel grotere impact op oververhitting. En met het bijkomend toepassen van automatisch gestuurde buitenzonwering en nachtelijke ventilatie (het openen van ramen) kan het oververhittingsrisico ook in lichte constructies voldoende gereduceerd worden.

Thermische massa voorzien of bouwen met zware materialen blijkt dus niet onontbeerlijk om oververhitting te vermijden. Bij lichte constructies wordt wel eens aangeraden om isolatiematerialen met een grotere warmtecapaciteit te gebruiken. Maar dat blijkt al evenmin noodzakelijk voor een aangenaam binnenklimaat. Het *Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf* (WTCB) heeft hier enkele jaren geleden onderzoek »

Oververhitting in EPB

Sinds de intrede van de EPB (*EnergiePrestatie en Binnenklimaat*) regelgeving in 2006 geldt er ook een eis voor oververhitting. De zogenaamde oververhittingsindicator geeft aan hoe hoog de kans is op oververhitting. Hij moet onder een maximale waarde blijven van 6 500 Kh. Als hij onder dit maximum ligt, betekent dat nog niet dat er geen risico op oververhitting is. De EPB-software is namelijk een statisch rekenprogramma: er wordt gerekend met maandgemiddelde buitentemperaturen en dus wordt er geen rekening gehouden met de mogelijks sterke verschillen in buitentemperatuur gedurende de dag en tussen dag en nacht. De EPB-software is hierop geen uitzondering, ook de software die gebruikt wordt voor de berekening van de prestaties van passiefhuizen is een statisch rekenprogramma en biedt dus geen zekerheid qua zomercomfort. Een meer betrouwbaar rekenresultaat bekomt men met dynamische simulatiesoftware, zoals bijvoorbeeld TRNSYS of *EnergyPlus*. Omwille van de extra kostprijs wordt dergelijke berekening zelden uitgevoerd bij een particuliere eengezinswoning. Maar met enkele goede handvaten en aandachtspunten kunnen heel wat klachten vermeden worden en een goed comfort verzekerd, ook als de temperaturen stijgen.

naar gedaan. Uitgebreide simulaties leidden steeds tot dezelfde conclusie: de invloed van het gekozen isolatiemateriaal op de binnentemperatuur is verwaarloosbaar in vergelijking met het gecombineerde effect van een buitenzonwering en een intensieve nachtelijke ventilatiestrategie.

Dik isoleren

Meestal gaat men er vanuit dat meer isoleren enkel nadelig is voor het risico op oververhitting. Op het eerste zicht lijkt dat logisch: als de bouwschil beter geïsoleerd is, dan kan de binnengekomen warmte minder gemakkelijk terug naar buiten. De realiteit is iets genuanceerder. Tijdens het stookseizoen is het duidelijk: buiten is het altijd kouder dan binnen, dus meer isolatie is altijd positief om de warmteverliezen door transmissie te beperken. In de zomer, en soms ook in de tussenseizoenen, is het anders: overdag is het buiten warmer dan binnen en meer isolatie leidt tot minder transmissie van warmte van buiten naar binnen. Dat is positief. Maar 's nachts is het buiten wél frisser dan binnen. Op dat moment heeft meer isolatie inderdaad een negatief effect.

Een betere isolatiewaarde (hogere R-waarde, lagere U-waarde) heeft dus zowel positieve als negatieve gevolgen. Beide moeten echter sterk gerelativeerd worden. De negatieve impact heeft eigenlijk weinig belang: de binnengekomen warmte kan 's nachts veel efficiënter afgevoerd worden via natuurlijke ventilatie (opengaande ramen) dan door de wanden. Ook het positief effect speelt een kleine rol. De meeste zonnewarmte komt immers binnen via onze beglaasde oppervlakken. Het verschil in transmissie door een niet, weinig of dik geïsoleerde muur valt in het niets ten opzichte van de hoeveelheid zonnewarmte die door een raam kan binnenvallen. Daarnaast is het efficiënter om de warmte te blokkeren of weg te houden nog voor ze de isolatie bereikt: aan de buitenzijde van gevel of dak.

Impact van de gevel- en dakafwerking

Door de toepassing van een goed geventileerde gevelbekleding wordt de warmte grotendeels afgevoerd voor ze door de gevel naar binnen kan dringen. Een houten gevelbekleding is een voorbeeld van dergelijke afwerking. De luchtspouw bij gevelmetselwerk is meestal te weinig geventileerd om effect te hebben.

Ook de kleur van de gevel- en dakafwerking speelt een rol. Niet voor niets zijn de meeste huizen in Zuid-Europa wit geschilderd of gekalkt. Een gevel- of dakafwerking met een lichte kleur zal het grootste deel van de zoninstraling reflecteren, terwijl een donkere kleur de warmte absorbeert en dus zorgt voor meer warmtedoorslag.

Een groene gevel of een groendak heeft een gelijkaardig effect. Het zorgt voor minder zoninstraling op de gevel en bovendien zal de zonnewarmte eerst het water verdampen uit het substraat en de planten zelf alvorens de warmte doordringt door het dak. Bij ramen in een gevel die uitkomen vlak boven een plat dak zorgt een groen dak ervoor dat er veel minder warmte afstraalt naar het raam dan bij een naakte zwarte dakafdichting.

Toch is ook hier enige relativering nodig: hoewel het type gevel- en dakafwerking ontegensprekelijk impact heeft, blijft de invloed ervan beperkt in vergelijking met de invloed van de beglaasde oppervlakken.

Conclusie

Professor emeritus aan de KULeuven **Hugo Hens** schreef het al in 1993: "*Om de kans op zomerse oververhitting te doen afnemen komt bijgevolg op de eerste plaats 'niet te veel glas', op de tweede plaats 'goede zonwering', dan 'ventilatie', vervolgens 'warmteopslag in binnenwanden en vloeren' en tot slot warmtetraagheid van gevel en dak.*" Anno 2019 blijkt dit advies nog steeds te kloppen: overdag moeten we de zon zoveel mogelijk buiten houden en 's nachts wordt de binnengekomen warmte terug afgevoerd via open ramen. Zo simpel kan het zijn.

Bert Vanderwegen

Bronnen:

www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact28&art=434

Warmtecapaciteit van isolatiematerialen en risico op oververhitting, WTCB-Dossiers – Nr. 3/2010 – Katern nr. 6

T. van Hooff, B. Blocken, J.L.M. Hensen, H.J.P. Timmermans; *On the predicted effectiveness of climate adaptation measures for residential buildings*; Building & Environment, August 2014

Vande Kerckhove Bart, *Zomercomfort in passief-huizen: gevoeligheidsanalyse aan de hand van multi-zone energiesimulaties*, 2010-2011

Verbeke Stijn, *Thermal inertia in dwellings – Quantifying the relative effects of building thermal mass on energy use and overheating risk in a temperate climate*, 2017

Hens Hugo, *Zuinig met energie: in uw belang*, brochure 1993