

# De tweedehuid- façade

*Dubbelschalige geventileerde glasgevels zijn actueel. Dit komt door de wens om voor het doorzicht veel neutrale beglazing toe te passen. Bij enkelschalige glasgevels is dan een buitenzonwering noodzakelijk. Indien dit niet gewenst is, biedt de dubbelschalige gevel met spouwzonwering en spouwventilatie uitkomst.*

*De klimaatgevel, het type met binnenlucht spouwventilatie, is als klimaatraamconcept bekend uit de jaren zeventig. De tweedehuidfaçade (THF), het geveltype met buitenlucht spouwventilatie, is pas begin jaren negentig ontwikkeld. In deze publicatie wordt de tweedehuidfaçade behandeld.*

*De prestaties van de tweedehuidfaçade worden vergeleken met die van de conventionele enkelschalige glasgevel. Tevens wordt de klimaatgevel in de beschouwing betrokken.*

**-door dr.ing. Just Renckens\***

**D**e enkelschalige glasfaçade is sinds eind 18<sup>de</sup> eeuw ontwikkeld, waarbij de eerste generatie tot ongeveer 1950 stap voor stap vooral constructief werd verbeterd. In die periode werd de glas(vlies)gevel met staalprofielen geïntroduceerd, waarbij de beglazing uit enkelglas bestond.

De tweede generatie glasgevels, ontwikkeld in de periode 1950-1975, wordt gekenmerkt door:

- de toenemende toepassing van aluminium profielen voor de gevelconstructie;
- het beschikbaar komen van grote hoeveelheden vlakglas met grote afmetingen, floatglas (1959);
- het gebruik van zonabsorberende beglazing en aan het eind van deze periode zonreflecterende beglazing;
- de toenemende installatiedichtheid (klimaatinstallatie, airconditioning).

Dubbele beglazing wordt incidenteel geplaatst voor het verhogen van het comfort: geen 'koudeval en koudestraling' in de winter en geen condensvorming aan de binnenzijde.

De derde generatie glasgevels, ontwikkeld in de periode 1975 – 1995, kenmerkt zich door:

- het toenemend thermische isolatievermogen van de gevel: dubbele beglazing en thermisch geïsoleerde aluminium profielen worden standaard;
- de veelal gesloten gevel: geen te-openen-ramen;
- een verdere toename van klimaatregelende installaties (airconditioning).

De gevel wordt een hoogwaardige scheidingsconstructie voor maximale beperking van de invloed van wisselende buitenklimaatcondities op het nagenoeg constante binnenklimaat. Uiteindelijk leidt dit tot de nul-energiefaçade (jaarbalans van energieverlies en energiewinst door de glasgevel is ongeveer nul).

Begin jaren negentig wordt het 'sick building syndrome' onderkend. Bovendien wordt de maatschappij zich bewust van de aanslag op de leefbaarheid in dichtbevolkte gebieden zoals Nederland. Het besef dat de mens anders moet omgaan met het milieu en met energievoorraden worden maatschappelijke beleidsuitgangspunten die in snel tempo in regelgeving worden omgezet. De gebouwgebruiker wil af van het opgelegde kunstmatige binnenmi-

lieu. Natuurlijke en individueel aanpasbare binnenklimaatregulering en openheid worden uitgangspunten voor moderne gebouwen. Voor de gevel betekent dat de aanzet tot vierde generatie concepten (1995-2000+) met als karakteristieken:

- regulering van het binnenklimaat door benutting van het buitenklimaat en interactief met installatiehulpbronnen, met als gevolg een vermindering van de installatiedichtheid en een verhoging van de functionaliteit van de façade;
- toepassing van neutrale 'doorzicht'-beglazing met een lage U-waarde (het moderne low-E glas) of gecombineerd met een hoge zonwerende werking: High Performance (HP) zonwerende beglazing;
- hoge energie-efficiëntie (energie-plus-façade);
- milieuvriendelijkheid en duurzaamheid.

De moderne glasfaçade functioneert als een membraan, een interface tussen het buiten- en binnenklimaat, waarbij duurzame energiebronnen (zonne-energie, daglicht, wind, temperatuur buitenlucht) maximaal worden benut. De prestatie-eisen van gevel betreffen in toenemende mate ook de operationele fase.

Bij het ontwerp van de gevel zijn natuurlijke ventilatie, daglichtbenutting, de gevel als medium (communicatie en informatie), toepassing van fotovoltaïsche (PV) elementen en dergelijke tegenwoordig belangrijke aspecten die overweging verdienen.

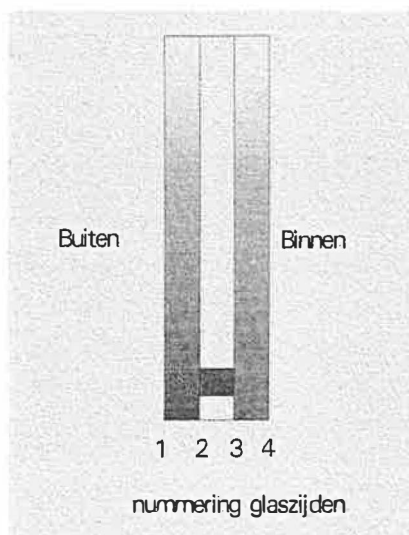
## DE MODERNE ENKELSCHALIGE GLASGEVEL

Om te voldoen aan de regelgeving over energie-efficiëntie, dient de gevel met een hoog aandeel doorzicht voorzien

\* Renckens Advies b.v. te Nijmegen Ingenieursbureau voor gevels

te zijn van hoogwaardige beglazing. De moderne glasgevel wordt over het algemeen met neutraal doorzichtglas beglaasd. Hiervoor komen twee glas-soorten in aanmerking: low-E-beglazing, in Nederland aangeduid met HR<sup>+</sup> of HR<sup>++</sup> beglazing, en spectraal selectief neutrale zonwerende beglazing, ook wel High Performance glas (HP-glas) genaamd. Met neutrale beglazing wordt glas aangeduid dat nagenoeg geen verkleuring van het uitzicht veroorzaakt en van buitenaf tevens als blankglas oogt.

HR<sup>+</sup> en HR<sup>++</sup> glas zijn op zijde 3 van het dubbelglas (zie figuur 1) van een low-emissiviteitscoating voorzien waardoor de U-waarde wordt verlaagd. Bij HR<sup>+</sup> glas bereikt men een U-waarde van ongeveer 1,5 W/(m<sup>2</sup>·K). Vervangt men de lucht in de glasspouw door argongas dan ontstaat HR<sup>++</sup> glas met een U-waarde van ongeveer 1,2 W/(m<sup>2</sup>·K).



**Glaszijdennummering**

-FIGUUR 1-

Bij spectraal selectief zonwerende beglazing, HP-glas, wordt de coating aangebracht op zijde 2 van het dubbelglas. Deze coating bestaat uit een aantal zeer dunne metaallaagjes die het infrarooddeel van zonnestraling zoveel mogelijk weren met behoud van een zo hoog mogelijke doorlaat van het zichtbare licht. Hierdoor wordt een gunstige verhouding van de doorlaat van zichtbaar licht (maximaal), de LTA-waarde, en zonnewarmte (minimaal), de ZTA-waarde, bereikt met behoud van neutraal doorzicht van binnen naar buiten. De verhouding LTA/ZTA wordt de 'selectiviteitsindex' genoemd (SI).



**ZTA-waarde en LTA-waarde**

-FIGUUR 2-

Door per geveloriëntatie rekening te houden met mogelijke zonne-energie-winst en door de gunstige U-waarden van HR- en HP-beglazing kan binnen de vigerende regelgeving relatief meer glasoppervlak worden toegepast dan bij gebruik van traditioneel dubbelglas.

Door toepassing van HP-glas in combinatie met buitenzonwering, bijvoorbeeld een horizontale lamellenzonwering, wordt een ZTA-waarde < 0,15 gerealiseerd. Bij een zonbelasting van 800 W/m<sup>2</sup> komt dan < 120 W/m<sup>2</sup> in de ruimte. Buiten de stookperiode dient deze warmte door koeling en/of extra ventilatie te worden afgevoerd. In de winterperiode is de zonne-energie-winst van HP-glas lager dan van HR-glas. Aangezien momenteel door de hoge interne warmteproductie de jaarlijkse stookperiode kort is, is de mogelijke energiebesparing buiten het stookseizoen door een lage ZTA-waarde van de beglazing maatgevend. Voor alle geveloriëntaties, exclusief de

noord-gerichte gevels, is HP-glas een efficiënte keuze, voor de noordgevel is HR-glas gunstig aangezien zonwering minder geldt en evenwel een hoge lichttoetreding belangrijk is. Opge-merkt zij, dat daglicht ook een warm-telast van 150-200 W/m<sup>2</sup> kan leveren, dit geldt ook voor de noordgevel.

Om 'koudeval en koudestraling' in de winter te voorkomen, wordt voorzien in een verwarmingsunit bij de glasgevel. Hierdoor is de borstwerping van de enkelschalige gevel dikwijls niet-door-zichtig (bouwkundige borstwerping of paneel) of translucient.

De ventilatielucht wordt meestal via het plafond (verlichtingsarmaturen) en via luchtkanalen in de gangzone afgevoerd naar de centrale klimaatinstallatie. Eventueel kan daar door middel van een warmtewisselaar intredende ventilatielucht worden voorverwarmd door de warme afvoerlucht.

Een optie is de opname van te-openen-ramen en/of ventilatie-units in de gevel. In dat geval kan een gedeelte van het jaar natuurlijk worden geventileerd, en eventueel bestaat de mogelijkheid van nachtkoeling.

In figuur 3 staan de belangrijkste functionele eigenschappen van de enkelschalige glasgevel vermeld. Daarbij zijn niet de base-eigenschappen van de gevel aangegeven: water- en winddichtheid, sterkte, geluidwering, brandveiligheid e.d.

#### Gebruik van de zonwering

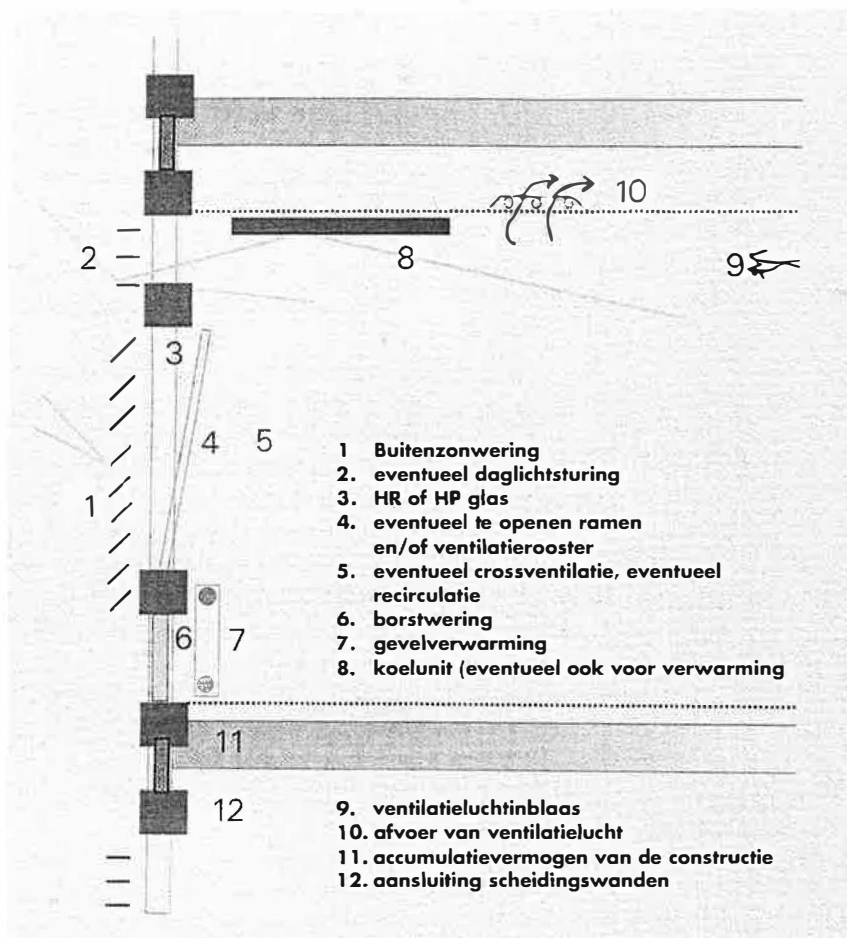
Buiten de stookperiode en bij directe zonbelasting dient de zonwering de inval van zonnestraling sterk te redu-

| Type glas                        | (HP) High | Perfor-mance* | HR <sup>+</sup> | HR <sup>++</sup> |
|----------------------------------|-----------|---------------|-----------------|------------------|
| Functie                          | Lucht     | Argon         | Lucht           | Argon            |
| ZTA-waarde [%]                   | 30        | 30            | 57              | 57               |
| LTA-waarde [%]                   | 60        | 60            | 74,5            | 74,5             |
| U-waarde [W/(m <sup>2</sup> ·K)] | 1,4       | 1,2           | 1,45            | 1,2              |
| Buitenreflectie [%]              | 15,4      | 15,4          | 12,2            | 12,2             |
| Binnenreflectie [%]              | 19,0      | 19,0          | 13,3            | 13,3             |

\*betreft de waarden van Coollite SKN165 glas van Saint Roch

**Glaskarakteristieken**

-TABEL 1-



**De belangrijkste functionele eigenschappen van de enkelschalige glasgevel**

-FIGUUR 3-

ceren. Anders ontstaat er een warmtelast die met veel energie 'weggekoeld' moet worden. Mogelijk kan de klimaatinstallatie die warmtelast niet of onvoldoende aan, waardoor de binnentemperatuur te veel oploopt. Ofwel de installaties zijn berekend op deze pieklasten, hetgeen echter onvoordelig is. De gebruiker is geneigd de zonwering uitsluitend voor de regeling van daglichttoetreding te benutten. Een relatie tussen het oplopen van de binnentemperatuur en de stand van de zonwering wordt meestal niet gelegd. Dit is bijvoorbeeld wel het geval bij de gevolgen van openstand van ramen; bij teveel lawaai of hinderlijke tocht zal de gebruiker het raam sluiten.

De volgende maatregelen zijn mogelijk om energie-ongunstig-gebruik van de zonwering te voorkomen:

- de gebruiker dient te worden geïnformeerd over de energetische functie van de zonwering (kennisoverdracht);
- het installeren van een afzonderlijke daglichtreguleringsinstallatie en centrale bediening van de zonwering;

- het 'vegen' van de zonweringsinstelling. Hierbij wordt centraal éénmaal of verschillende malen per dag de energie-optimale-stand van de zonwering ingesteld. De instelling wordt per geveloriëntatie bepaald door middel van buitenklimaatssensoren. Opmerking: bij toepassing van HP-beglazing is de gevoeligheid voor een verkeerde instelling van de zonwering minder. Immers het glas houdt al veel zonne-energie tegen en de functionaliteit is permanent (kan door de gebruiker niet worden gewijzigd).

De ZTA-waarde van de HR- of HP-glasgevel met een goede buitenzonwering kan  $< 0,15$  zijn, bijvoorbeeld bij een elektrisch bedienbare, horizontale lamellen zonwering met een zonreflecterende buitenafwerking van de lamellen, en wel vrij opgehangen zodat door buitenluchtventilatie de geabsorbeerde warmte wordt afgevoerd.

Het nadeel van de buitenzonwering is de gevoeligheid voor wind en ook kan de bereikbaarheid voor onderhoud problematisch zijn. Tevens kan het zijn dat een buitenzonwering niet in

de architectuur van het bouwwerk past.

Indien de zonwering binnen wordt geplaatst, dan loopt bij HR-glas de ZTA-waarde op tot ca. 0,60. Voor de energie-efficiëntie buiten het stookseizoen is deze extra interne warmtelast door de zon nadelig. Dit is de reden waarom het klimaatraam, de klimaatgevel en later de tweedehuidfaçade zijn ontwikkeld.

Kenmerken van de enkelschalige glasgevel zijn:

- eenvoudig concept;
- gunstige prijs/kwaliteitsverhouding;
- glaspercentage van buitenaf gezien tot circa 80% en van binnenuit gezien tot circa 90% (plafond-vloermaat) mogelijk, rekening houdend met de invloed van de gevelverwarmingsunits;
- buitenzonwering gewenst, doch is onderhoudsintensief en gevoelig voor windbelasting;
- bij laagbouw zijn te-openen-ramen goed inpasbaar;
- $ZTA < 0,15$  (zonwering in zonwerende stand) en  $LTA > 0,70$  mogelijk (zonwering buiten gebruik).

Voordelen:

- relatief lage investeringskosten;
- goede aanpasbaarheid;
- makkelijk in onderhoud.

Nadelen:

- buitenzonwering kan storend zijn in verband met gebouwworm en/of gebouwhoogte (windvastheid) en/of onderhoud (bereikbaarheid);
- bij stevige windbelasting moeten ramen gesloten blijven en kunnen buitenzonweringen niet gebruikt worden (vooral bij hoogbouwwerken).

## DE KLIMAATGEVEL

Dit is een tweeschalige gevel. Door aan de binnenzijde van de gevel een enkel glasblad te plaatsen op zo'n 150-200 mm afstand, wordt een spouw gevormd die als zone voor de plaatsing van de zonwering dient. Het extra glasblad dient in verband met de veiligheid voorgespannen te zijn en is te-openen voor (reinigings-)onderhoud in de spouw. De gevelspouw wordt aangesloten op het centrale luchtafzuigkanaal. Hierdoor worden per gevelstramien luchtafzuigkokers naar de gevelzone doorgetrokken en via een plenum aangeslo-

ten op de spouw. Men maakt gebruik van de af te voeren ventilatielucht om in de spouw zonnewarmte op te nemen zodat deze warmte niet in de binnenruimte komt. Zie figuur 4 voor de opbouw van de klimaatgevel.

In de koelperiode en bij directe zonbelasting wordt de zonwering neergelaten en in een zonwerende stand gezet. Bij een goed reflecterende en gesloten zonwering wordt ongeveer 70% van de kortgolvlige zonnestraling naar buiten gereflecteerd, zo'n 5% van de zonnestraling dringt direct tot de binnenruimte door, 25% wordt dan door de lamellen geabsorbeerd. Door ventilatie van de spouw met afgewerkte lucht wordt deze geabsorbeerde warmte grotendeels opgenomen en door de luchtkanalen afgevoerd. Dit resulteert in een ZTA-waarde van ~0,15, dus vergelijkbaar met de ZTA-prestatie van de enkelschalige gevel met buitenzonwering.

In de stookperiode kan de zonnewarmte direct worden toegelaten door de zonwering geheel of gedeeltelijk te openen. Doordat de spouwruijnte met kamervlucht wordt geventileerd, heeft het enkelglasbinnenspouwblad nagenoeg de kamertemperatuur waardoor geen hinderlijke 'koudeval en koudestraling' optreedt.

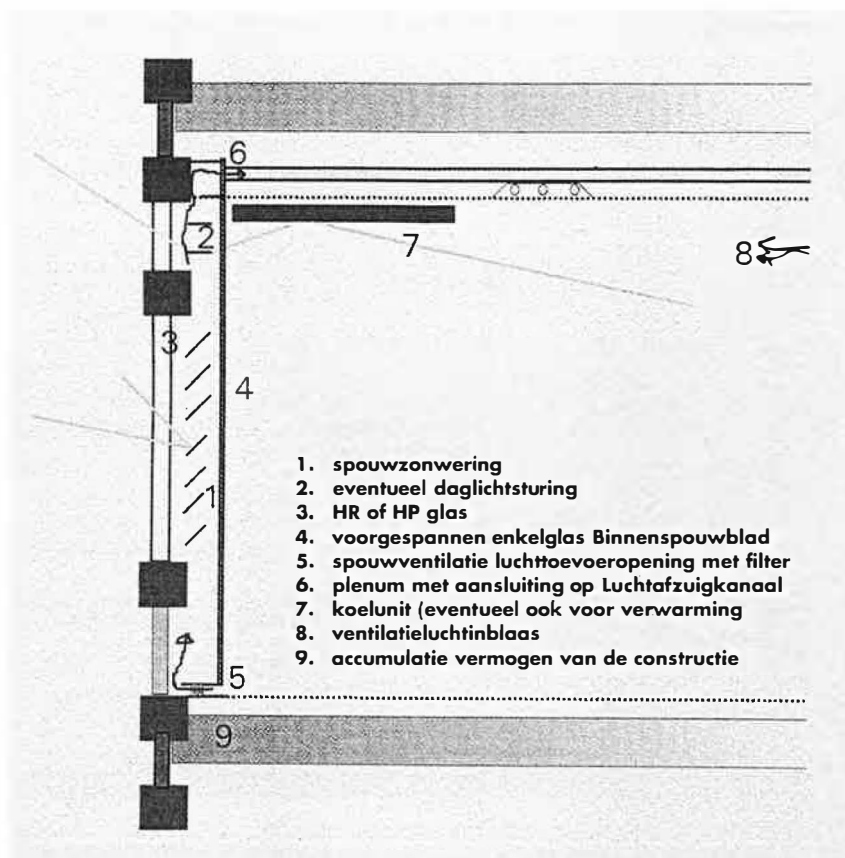
Voordelen van de klimaatgevel zijn:

- goede zonnewarmtewering (ZTA <0,15);
- goede geluidwering;
- er is geen gevelverwarming nodig;
- gunstige U-equivalent waarde (U-waarde over het enkelglas binnenblad: deze is bepalend voor het warmteverlies op kamerniveau).

Nadelen zijn:

- hogere investering t.o.v. een enkelschalige glasgevel (120-140%);
- extra reinigingsonderhoud van het enkelglasblad (twee zijden);
- de zonwering dient meestal ook voor de regeling van de daglichttoetreding. De gebruiker zal de comfortstand (daglicht- en tevens uitzichtregeling) instellen, een stand die meestal niet 'energie-optimaal' is!
- te-openen-ramen horen niet in het concept.

Recent zijn er toch veel klimaatgevels gebouwd met daarin opgenomen te-openen-ramen. Daarbij wordt meestal



De opbouw van de klimaatgevel

-FIGUUR 4-

aan de gebruikers gevraagd deze voorziening niet of slechts sporadisch te gebruiken. Tevens zijn er veel klimaatgevels met extra ventilatieramen, beglaasd of voorzien van een dicht paneel, die buiten de klimaatgevelzone vallen. Deze ramen mogen wel worden benut, want het gebruik is niet storend voor de klimaatspouwventilatie.

Een nieuw type klimaatgevel met een screendoek als binnenspouwblad, dat tevens dienst doet als zonwering, biedt de mogelijkheid om de klimaatgevel-functie tijdelijk uit te schakelen door de zonwering op te trekken. Dan kan de gevel, eventueel met te-openen-ramen, als enkelschalige gevel functioneren. Immers in perioden met een gematigde buitentemperatuur, stel 10-20 °C, levert de klimaatgevel geen of nauwelijks comfortverhoging en energiebesparing op.

Voor al de wens om te-openen-ramen in de gevel op te nemen, is de aanleiding voor de ontwikkeling van de tweedehuidfaçade.

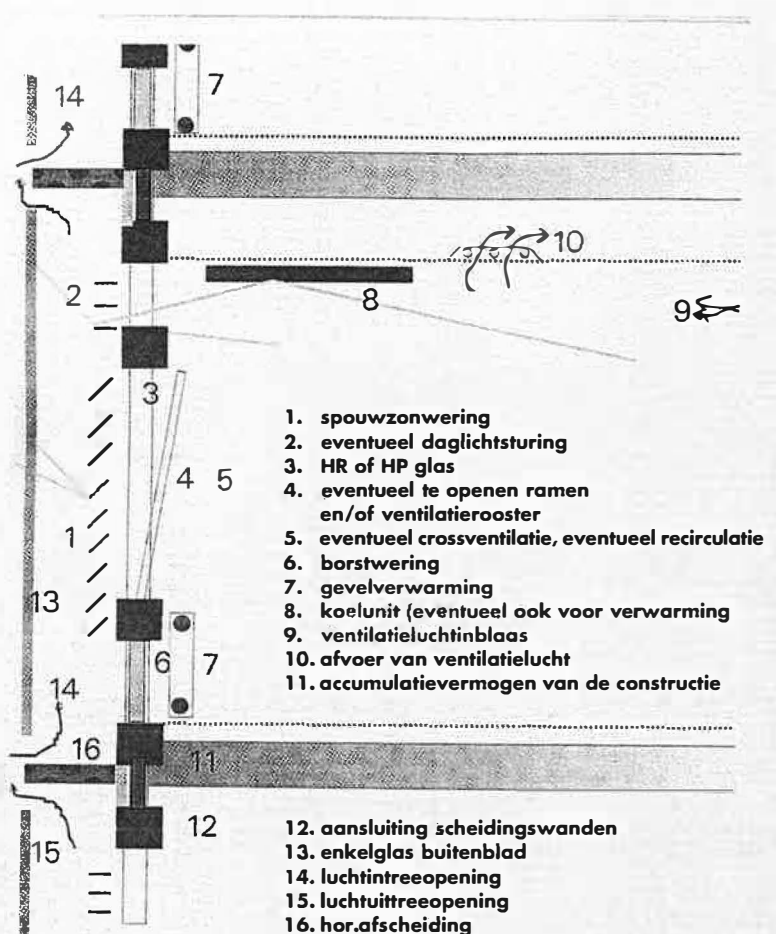
#### DE TWEDEHUIDFAÇADE

De tweedehuidfaçade (THF) is van buitenaf gezien een glaszijde gevel. Dit

is een perceptie die past bij de moderne architectuur. De mogelijkheid tot opname van te-openen-ramen is een belangrijke reden om voor het tweedehuidfaçadeconcept te kiezen.

Door aan de buitenzijde een enkele glashuid op spouwafstand aan de geïsoleerde binnengevel te bevestigen, met zonwering in de spouw en te voorzien in spouwventilatie met buitenlucht, bereikt men een gunstige ZTA-waarde. Zelfs iets beter dan bij een soortgelijke enkelschalige gevel met buitenzonwering. Afwijkend van de klimaatgevel wordt de spouw op natuurlijke wijze met buitenlucht geventileerd; bij de klimaatgevel wordt de spouw mechanisch met binnenlucht geventileerd. Daardoor is de THF ook geschikt voor natuurlijke ventilatie van de binnenruimte. Hiervoor dienen te-openen-ramen, die ook benut kunnen worden voor nachtventilatie. Het voordeel is dat de ramen ook bij slecht weer (regen, wind) kunnen worden geopend. Immers in de spouwruijnte heerst een afgezwakt buitenklimaat. Zie voor de opbouw van de tweedehuidfaçade figuur 5.

Door de glasomhulling (enkel voorgespannen glas, soms extra helder ijzer-



**De opbouw van de tweedehuidfaçade**

-FIGUUR 5-

oxidenarm glas) oogt het bouwwerk van buitenaf zeer glasrijk. Dit komt ook omdat men van buitenaf het glas meestal in reflectie waarneemt. De binnengevel kan veel minder open zijn. Van het nieuwe hoofdkantoor van de ING-Groep te Amsterdam, bestaat de THF uit een buitenschil van nagenoeg 100% helder doorzichtglas. De binnenschil van de kantoren heeft een doorzichtglaspercentage van 41%. Een verschil ten opzichte van de klimaatgevel met bijvoorbeeld ook 41% doorzichtbeglazing is, dat bij de THF de zonne-energie bijna over het gehele beschreven geveloppervlak (ongeveer 100%) de gevelspouw belast, bij een klimaatgevel is dit dan 41%. Hierdoor is de THF gevoeliger voor de mate van (natuurlijke) ventilatie van de spouw.

Voor de reductie van de ZTA-waarde is de bouwfysische werking van de THF vergelijkbaar met die van de klimaatgevel. Door de zonwering beschut in de spouw op te hangen en de geabsorbeerde warmte door spouwventila-

tie zoveel mogelijk af te voeren, is de zonne-energie-toetreding tot de gebruiksruimte gering. De uiteindelijke ZTA-waarde hangt tevens af van het type beglazing. Er zijn echter twee belangrijke verschillen.

Bij de klimaatgevel is het ventilatiedebiet in de spouw constant en komt in de praktijk goed overeen met de ontwerpisen voor de mechanische ventilatie; de afvoerlucht wordt bijna altijd door het gebouw naar de centrale klimaatinstallatie gevoerd. Tijdens dit transport wordt warmte afgegeven. De THF heeft een variabel spouwventilatiedebiet. Juist bij windstil weer en volle zonbelasting kan de werking van de spouwventilatie te gering zijn om de warmte in de spouw af te voeren. Het debiet is in zekere mate wel zelfregelend: wordt de spouwtemperatuur hoger dan wordt door het schoorsteeneffect de opwaartse luchtstroom sterker. De warme spouwlucht komt bij gesloten ramen niet in het gebouw, bij open ramen kan de warme lucht direct het vertrek instromen.

De klimaatgevel heeft een grotere geluidsisolatie waarde, de extra geluidwering van de THF ten opzichte van de enkelschalige glasgevel hangt af van de mate van openheid naar de spouw.

In de winter heeft de THF wel een wat betere U-waarde dan de enkelschalige gevel. Deze waarde hangt sterk af van de bedienbaarheid van de luchtopeningen naar de spouw. Bij de THF is ook gevelverwarming nodig. Alleen bij toepassing van glas met een zeer lage U-waarde kan de gevelwarmtebron vervallen, doch dat is dan ook het geval bij de enkelschalige glasgevel. Bij de klimaatgevel zijn geen verwarmingsunits in de gevelzone nodig.

Door mechanische ventilatie met binnenlucht van de klimaatgevelspouw is de luchtstroom constant en homogeen. Deze wordt niet beïnvloed door windkrachten en luchtstromen rondom het bouwwerk. De THF echter kent vele variabelen in uitvoering en in werking, waarbij de wisselende buitenklimaatcondities een grote invloed hebben op het ventilatiedebiet in de spouw. De variabelen waarmee rekening gehouden moet worden, worden in de volgende paragrafen behandeld.

Ook bij de THF is een goede zonwerende installatie noodzakelijk. Een zonwering met horizontale lamellen is geschikt omdat deze goed in een zonwerende stand kan worden gezet. En door de keuze van een zonreflecterende oppervlaktafwerking van de lamellen wordt een groot deel van de opvallende zonnestraling gereflecteerd. De gereflecteerde zonnestraling blijft kortgolvig en kan gemakkelijk door de enkelglas buitenruit naar buiten treden. De door de zonwering geabsorbeerde zonnestraling wordt omgezet in langgolvlige infrarood(IR)-energie die door de ventilatielucht moet worden opgenomen en afgevoerd. In verband daarmee is de positie van de zonwering in de spouw belangrijk. Vastgesteld is dat rondom geventileerd moet worden; de gunstigste positie is dan montage van de zonwering op ongeveer eenderde spouwbreedteafstand vanaf het glasbuitenblad. De zonwering dient over de volle breedte van de buitenbeglazing aanwezig te zijn. In verband met de operationele-energie-efficiëntie dienen de zonweringen elektrisch te worden bediend en centraal op en neergelaten



en in de goede stand te worden gesteld. Meestal kunnen de gebruikers de stand 'overrulen'. Vanuit de centrale is dan dagelijks een paar maal 'vegen' noodzakelijk.

De door de zonwering direct doorgelaten zonne-energie en de indirecte warmteafgifte veroorzaken een warmtebelasting op en via de binnenbeglazing, die afhankelijk van het type glas de uiteindelijke zonne-energietoetreding in de ruimte bepaalt (de ZTA-waarde van het THF-pakket). Deze ZTA-waarde zal in het algemeen lager zijn dan van een vergelijkbare enkelschalige gevel met buitenzonwering; dit komt door het toegevoegde glasbuitenblad en door ventilatie van de spouw. Een belangrijk voordeel van de THF is dat bij wind de spouwzonwering kan worden gebruikt. Bij de enkele gevel kan het voorkomen, vooral op grotere hoogte, dat de zonwering opgetrokken moet worden.

### **Spouwbreedte**

In principe kunnen drie spouwbreedten worden onderscheiden.

#### *De smalle spouw*

Deze is 200 tot 400 mm breed. Voor reiniging en onderhoud dient de spouwruijtte volledig van binnenuit bereikbaar te zijn. De binnengevel is dan ook vaak uitgevoerd als raam- of deur-gevel.

#### *De middelgrote spouw*

Spouwbreedte is 550-800 mm. Deze spouwruijtte is voldoende toegankelijk voor reinigings- en onderhoudspersoneel. In de binnengevel moeten te-openen-ramen of deuren worden opgenomen waardoor de spouw bereikbaar is. In de spouw dienen voor het personeel per verdieping looproosters of -vlakken aanwezig te zijn, alsmede rails of haken voor bevestiging van de veiligheidskabels.

#### *De brede spouw*

Spouwbreedte is 1000-2000 mm of meer. Deze spouwruijtte kan toegankelijk zijn voor de gebruikers, hetzij als gebruiksruimte (balkonfunctie en/of verkeersfunctie) of als vluchtweg. De enkelglasbuitengevel dient dan voorzien te zijn van doorvalbeveiliging. Soms zijn deze publieke tweedehuid-(TH)-gevelcorridors verbonden met grote glasoverkapte ruimten (winter-tuinen).

Er bestaat de mogelijkheid technische installatievoorzieningen, zoals luchtkanalen, in de spouw onder te brengen.

### **De spouwventilatie**

De functionaliteit van de tweedehuid-façade wordt bepaald door de ventilatie van de spouwruijtte met buitenlucht. Belangrijke drijvende krachten zijn: wind en thermische trek. Bovendien heeft het openen van ramen, dus het verbinden van de spouw met de binnenruimte, invloed op de ventilatie van zowel de spouw als de gebruiksruimte.

Luchtstromingsleer is een belangrijk vakgebied als het gaat om de spouwventilatie. Het type luchtstroming, turbulent of laminair, de weerstanden door in- en uitreepeningen, de spouwzonwering, het openen van ramen, de zoninstraling en windkrachten om het gebouw, en dergelijke, zijn belangrijke invloedsfactoren die de spouwventilatie bepalen. In de gevelbouw is het vakgebied aërofysica nieuw; men heeft weinig ervaring met de aspecten van dynamisch variabele ventilatie van buitenspouwruijttten.

Voor de ventilatie van de spouw met buitenlucht dienen luchttoevoer en -afvoer openingen aanwezig te zijn. Aangezien de spouw enerzijds regen-vrij dient te zijn en er geen directe windbelasting mag heersen, doch anderzijds voldoende geventileerd moet worden, is het dimensioneren van de be- en ontluuchtingsopeningen een belangrijk ontwerpaspect.

De ventilatie kan door vaste of regelbare toe- en afvoeropeningen geschieden. In het laatste geval is het vaak voldoende om alleen de luchtafvoerdoorlaat regelbaar te maken. In alle gevallen is het belangrijk om te voorkomen dat uittredende spouwlucht direct weer in het volgende gevelcompartiment intreedt. Immers de ventilatielucht neemt zonnearmte op en zou bij verticale kortsluiting tussen de spouwcompartimenten stapsgewijs warmer worden.

De ventilatie van tweedehuidcompartimenten dient afgestemd te zijn op de wijze van compartimentering van de spouw. Indien er niet gecompartmenteerd wordt is onderluchttoevoer en bovenluchtafvoer voldoende. Daarbij kan men tevens kiezen voor plaatsing van de buitenbeglazing met open voe-

gen. Indien men verticaal compartimenteert dan dienen de compartimenten afzonderlijk te worden geventileerd. In de stookperiode kan het gunstig zijn de spouwventilatie te beperken, resulterend in verlaging van de U-waarde en meer zonnearmte winst door oplopende spouwluchttemperatuur. In de periode buiten het stookseizoen en vooral bij directe zonbelasting, is royale spouwventilatie efficiënt en is nachtventilatie effectief. Regelbaarheid van de opening van de luchtafvoer, en zo mogelijk ook van de luchttoevoer, is functioneel. Bij vaste lucht toe- en afvoeropeningen dient de doorlaat berekend en zo mogelijk in een proefopstelling geverifieerd te worden.

Om bij compartimentering van de tweedehuidspouw kortsluiting van de ventilatieluchtstroom te voorkomen zijn legio oplossingen in praktijk gebracht.

De principes zijn:

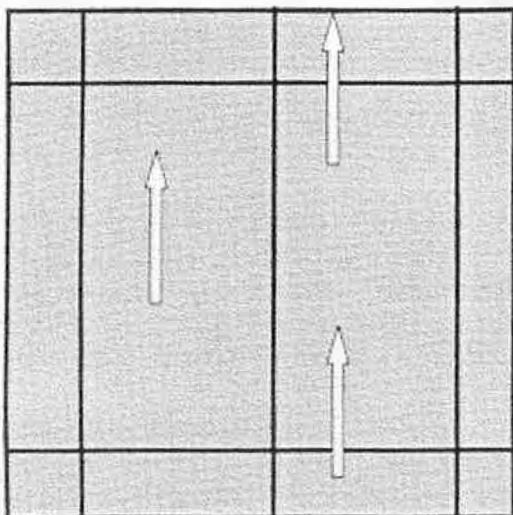
- horizontaal scheiden van ventilatieluchtafvoer- en opvolgende luchttoevoeropeningen;
- verticaal afstand houden tussen luchtafvoer- en luchttoevoeropeningen;
- uittredende ventilatielucht door schotten horizontaal afleiden en van het gebouw af stuwen.

### **Natuurlijke ventilatie van binnenruimte**

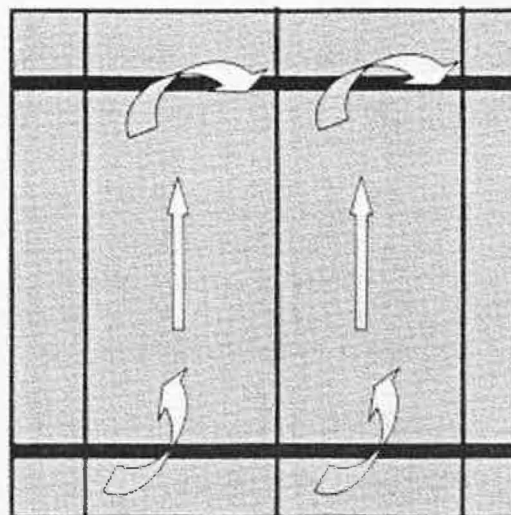
Door de luchttoevoer- en afvoeropeningen in doorlaat te variëren ontstaat er een afwijkend drukverloop in de spouw. Dit is vooral belangrijk bij concepten met natuurlijke ventilatie van de gebruiksruimte door te-openen-ramen. Door het 'verleggen' in de spouw van de zone met gemiddelde druk naar onder of naar boven kan de ventilatiestroom door de geopende ramen worden gestuurd. Het gewenste luchtdrukverloop in de spouw wordt bij het ontwerp bepaald; dit wordt niet door de gebruiker geregeld.

Er zijn projecten waarbij binnenventilatie volledig via de te-openen-ramen wordt geregeld. Doch de meeste THF-projecten met een natuurlijke-ventilatiefunctie betreffen een combinatie van mechanische ventilatie en natuurlijke ventilatie, waarbij de mechanische ventilatie stopt daar waar het raam open staat.

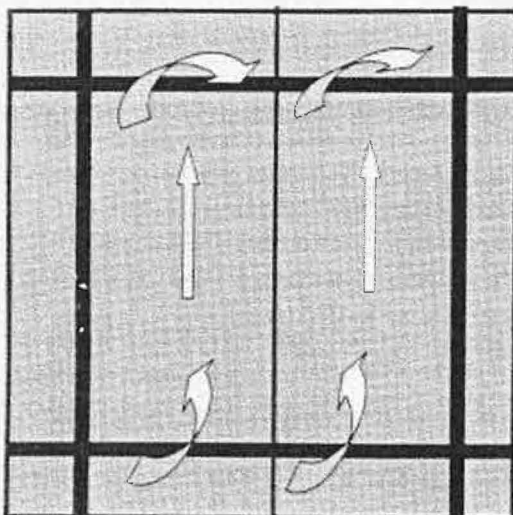
Voor natuurlijke ventilatie en direct contact met buiten is de tweedehuid-façade gunstiger dan de enkelschalige



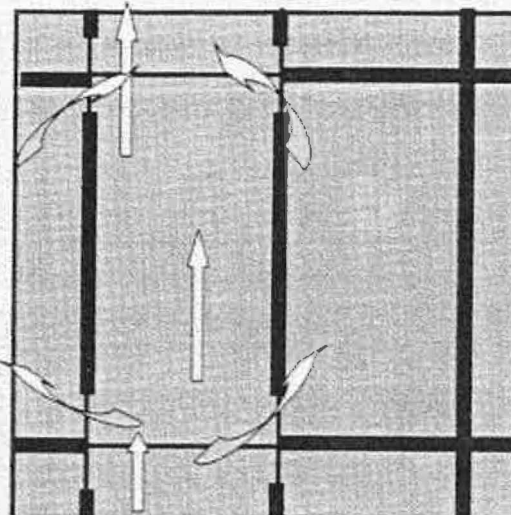
1. Geen compartimentering. Luchtintree en -uittree aan resp. onder- en bovenzijde van de THF-spouw. Open-voeg glasplaatsing is mogelijk.



2. Horizontale compartimentering per verdieping. Luchtoevoer en luchtafvoer dient per verdieping te worden geregeld, waarbij 'kortsluiting' dient te worden voorkomen.



3. Zowel verticale als horizontale compartimentering. Spouwventilatie als bij 2.



4. 'Schoorstenen' zonder horizontale compartimentering, zijdelings worden de horizontaal gecompartmenteerde aangrenzende ruimten geventileerd.

## Compartimentering

-FIGUUR 6-

glasgevel; bij de THF kunnen de ramen namelijk (nagenoeg) onafhankelijk van de weersgesteldheid worden geopend. Dit betreft ook het gebruik van de zonwering: door plaatsing in de spouw wordt de zonwering beschermd tegen directe windkrachten.

### Spouwluchttemperatuur

Indien bij volle zonbelasting en neergelaten zonwering de spouw onvoldoende wordt geventileerd, bijvoorbeeld bij windstil weer, dan ontstaat er een te hoge spouwluchttemperatuur

met als gevolgen:

- hinderlijke warmtestraling van de beglazing;
- bij geopende ramen: te warme luchtintree in de ruimte.

Bij diverse projecten met tweedehuid-façaden is vastgesteld dat de spouwlucht dan tot 8°C hoger in temperatuur kan zijn dan de buitenlucht. Met regelbare spouwventilatie is deze temperatuurtoename minder. Bij het ontwerp dient terdege rekening te worden gehouden met het risico van een te hoge spouwluchttemperatuur!

### Deuropeningskrachten

Een ander aspect van spouwventilatie en te-openen-ramen is het 'doorleunen' van windkrachten in het gebouw waardoor bijvoorbeeld krachten om kantoordeuren te openen of vast te houden te hoog oplopen. Dit geldt vooral bij harde wind en dwarsventilatie door het gebouw.

### Geluidwering

De buitengeluidwering van een tweedehuidfaçade is gunstiger dan van een enkelschalige façade, maar minder

gunstig in vergelijking met een klimaatgevel. De geluidisolatie van de tweedehuidgevel is mede afhankelijk van de manier van be- en ontluchting van de spouwruimte, ofwel afhankelijk van de maat van de openingen in de enkelglas buitenschil.

Een verbetering van de geluidisolatie wordt bereikt door in de spouw geluidsabsorberende elementen op te nemen.

Een negatief aspect van de tweedehuidfaçade is de geluidsoverdracht via de spouw naar aangrenzende ruimten. Bij openstand van ramen wordt binnengeluid via de beglazing van de buitenschil weerkaatst naar naastgelegen ruimten. Dit is een reden om per ruimtestramien verticale scheidingen in de spouw aan te brengen. Dit zijn meestal glasschotten, waardoor de transparantie van de tweedehuid gehandhaafd blijft.

### *Compartimentering*

De compartimentering van de tweedehuidspouw kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. Belangrijk hierbij is de hoogte van het bouwwerk. Bij lage bouwwerken, stel tot 30 meter hoogte, kan de spouw zonder compartimentering worden uitgevoerd. Dit is gunstig voor de thermische trek, de spouw werkt als schoorsteen, maar nadelig voor de spouwluchttemperatuur. Deze zal bij directe zonbelasting naar boven toe oplopen. Indien de enkelglasbuitenschil met open voegen is gemonteerd wordt gaandeweg temperatuur afgebouwd door voortdurende menging met buitenlucht.

Bij deze niet-gecompartimenteerde spouw zal de luchtintree voornamelijk aan de onderzijde geschieden en de luchtuittrede aan de spouwbovenzijde. Door het aanbrengen van kleppen kan de luchtstroom worden geregeld. Er zijn overigens veel projecten waarbij de luchttoe- en luchtafvoeropeningen niet instelbaar zijn, dus een vaste maat hebben.

Er zijn ook projecten, waarbij alleen op de gebouwhoeken een verticale compartimentering is aangebracht. Dit is om te voorkomen dat lucht rondom, van loef- naar leizijde, in de spouw stroomt. Een variant hiervan is de opname van ventilatoren in de verticale afscheidingen, waardoor gedoseerd spouwlucht van bijvoorbeeld de zonbeschenen zijde naar de andere zijden

wordt gestuwd, zodat rondom een nagenoeg gelijke spouwluchttemperatuur bestaat. Dit is gunstig in de stookperiode.

Een nadeel van verticale compartimentering van de toegankelijke spouw is dat reinigers worden gehinderd (vaker de spouw in- en uitstappen) en dat bij een openbaar toegankelijke spouw personenverkeer wordt beperkt. Tevens is de spouwruimte dan niet als vluchtweg bruikbaar.

Bij de meeste hoogbouwprojecten wordt per verdieping horizontaal gecompartmenteerd. Hierdoor kan per verdieping de spouwluchtstroom worden beheerst. Bij vaste luchtopeningen is de ventilatie per compartiment afhankelijk van windkracht en thermische trek. Bij instelbare luchtopeningen kan beter worden ingespeeld op de dagelijkse comfort- en energie-efficiëntiewensen door aanpassing van het spouwventilatie-debiet.

Verticale compartimentering wordt toegevoegd om:

- geluidisolatie tussen aangrenzende ruimten te verkrijgen (voorkomen van telefonie-effect);
- personenverkeer door de spouw te beperken (privacy).

Tevens kan verticale compartimentering een functie hebben voor de brandveiligheid van de gevel.

Een variant is de compartimentering met verticale ventilatiekanalen. Een ononderbroken luchtkanaal, soms hoger dan het gebouw ('schoorsteen'), wordt per verdieping verbonden met de naastgelegen horizontaal gecompartmenteerde tweedehuidspouwruimten. Deze raamcompartimenten staan in directe verbinding met de 'schoorsteen' en de spouw wordt daardoor geventileerd. Er zijn projecten waarbij aan de zonzijde de schoorstenen worden voorzien van zonlicht-doorlatendglas. Hierdoor wordt de lucht in de 'schoorsteen' extra verwarmd waardoor de trek toeneemt. Een variant hierop is de plaatsing van PV-elementen. Aangezien slechts ongeveer 12 % van de opvallende zonne-energie in elektriciteit wordt omgezet en het overgrote deel in warmte, zal de ventilatie-lucht warmte opnemen die aan de achterzijde van de PV-elementen, de binnenkant van het luchtkanaal, beschikbaar komt.

Zie figuur 6: compartimentering.

### **ONTWIKKELINGEN**

Er is een streven om het gewenste binnenklimaat zoveel mogelijk in de gevelzone te regelen. De benodigde klimaatinstallatievoorzieningen worden dan ook in de gevel ondergebracht. Voor de tweedehuidfaçade betekent dit: variabele spouwventilatie door plaatsing van (hulp)ventilatoren; eventueel variabele ventilatie richtingen door instelbare luchtstromen van binnen naar spouw en omgekeerd mogelijk te maken; opname van warmtewisselaars in de tweedehuidspouw. Bovendien is een combinatie van tweedehuidfaçade en screendoekklimaatgevel een optie.

Op den duur zal het tweedehuidconcept worden vervangen door de verdichte gevel. Bij dit gevelconcept wordt door innovatieve beglazing met regelbare ZTA-, LTA- en U-waarden de invloed van buitenklimaat op binnenklimaat geregeld. Door de hoge kosten van deze geavanceerde glastypen zal de raamgevel terugkomen. Dit gaat dan ten koste van het percentage doorzichtglas in de gevel.

In een tweede artikel zal nog een aantal aspecten van de tweedehuidfaçade worden behandeld. Tevens zal de vergelijking tussen de THF en de enkel-schalige glasgevel en de klimaatgevel verder worden uitgewerkt.

