



Integratie van Duurzame Energietechnieken in een verbouwing: Hoe ver kun je gaan?

ir. Luk Vandaele, ir.-arch. Filip Dobbels, ing. Paul Van den Bossche, WTCB

Paper voor Symposium PassiefHuisPlatformHappening 2005, Aalst, 21 oktober 2005

ABSTRACT

Hoe kan je een lage-energiewoning uit de jaren 80 nog energiezuiniger maken en tegelijkertijd de woonkwaliteit en het binnenklimaat verbeteren? En kunnen passieve technieken daarbij een rol spelen?

Om structurele redenen moest een serre in een vrijstaande woning herbouwd worden. Dit was een gelegenheid om de organisatie van de aanliggende woonruimte mee aan te pakken.

De nieuwe indeling is d.m.v. een glijwand flexibel opgevat om rekening te houden met het wisselende gebruik van de woning en veranderende eisen in de toekomst (aanpasbaar bouwen).

De stalen draagstructuur is voorzien van een groendak, een hoge beglaasde gevel met drievoudige argongevulde en laagemissieve beglazing ($U\ 0.8\ W/m^2K$) met 'warm-edge' isolerende afstandhouder in een innovatieve schrijnwerkconstructie.

Om de zonnepwinsten binnen perken te houden is een innovatieve zonwering ontwikkeld met grote kantelbare lamellen, voorzien van zonnecellen. Om de positie, spreiding en inclinatie van de lamellen en de PV-strips te optimaliseren, werd een schaalmodel gebouwd en werd een beschaduwingsstudie uitgevoerd onder de zonn simulator van het daglichtlaboratorium van het WTCB.

Voor de verbetering van het zomercomfort werd ook een systeem ingebouwd voor passieve koeling met nachtelijke ventilatie via grote afsluitbare toevoerroosters en een hybride afvoerkanaal met lagedrukventilator om de natuurlijke ventilatie te ondersteunen. Er zijn nog geen meetgegevens beschikbaar maar de eerste ervaringen wijzen toch op een positief resultaat.

OORSPRONKELIJK ONTWERP EN ERVARINGEN

Een 20 jaar oude woning (figuur 1) moest deels gerenoveerd worden wegens structurele problemen in de steunbalk van een ingebouwde serre. Het ontwerp van 1984 was toen nog een voorbeeld van energiebewust bouwen, zonder extravagantie. Gelegen op een licht hellend, zuid-georiënteerd terrein, open naar het zuiden waar de woonruimten gesitueerd zijn, gesloten aan de noordwest- en noordoostzijde met onverwarmde bufferruimten, goed geïsoleerd (12 cm in spouw, 20 cm in dak, 8 cm in vloer, gewone dubbele beglazing), een glazen kap over het woongedeelte als bufferruimte en zonnevang, als voorverwarming voor de ventilatielucht in woonkamer en slaapkamers, een zonneboiler voor sanitair warm water. Zomercomfort kon vrij goed gehandhaafd worden dankzij een externe zonwering op de hellende beglazing en natuurlijke ventilatie via de traphal op het noorden met dakvlakvensters in de nok.



figuur 1 De woning vóór renovatie (ontwerp: ir. L. Vandaele).

In het kader van een onderzoek voor de ontwikkeling van een energieclassificatiemethode van woongebouwen (Euroclass, Santamouris, 2004), werden de werkelijke energieverbruikcijfers over verschillende jaren geanalyseerd en gecorrigeerd naar graaddagen. Dit toont vrij lage jaarverbruiken van 37.2 tot 45.7 kWh/m².jaar voor verwarming, 63.7 tot 72.5 kWh/m².jaar voor het totale energieverbruik.

Ook de SENVIVV studie (Bossaeer, 1999) toonde opmerkelijk lage werkelijke gasverbruikcijfers t.o.v. het theoretisch verbruik, berekend op basis

van de Netto-energiebehoefte (berekend volgens WTCB TV 155, zoals toegepast in de thermische reglementering van het Waalse Gewest uit 1996) en een geschat seizoensrendement van 0.7: 165 MJ/m².jaar t.o.v. 413 volgens de be450, of 40%. Deze afwijking wordt deels verklaard door het optimaal gebruik van de zonnewinsten via de serre. Gedurende het stookseizoen wordt enkel bij zonnig weer de woning in verbinding gesteld met de serre, die niet tot het verwarmde volume behoort; wanneer de temperatuur in de serre lager ligt dan in de woonruimte wordt de serre afgesloten van de rest van de woning. Zo zijn er wel extra winsten, maar geen extra transmissieverliezen.

Deze bevinding toonde aan dat de methode ter berekening van de netto energiebehoeften geen rekening houdt met alternatieve manieren om zonnewinsten te benutten. Indien de serre bij het beschermde volume zou gerekend worden, dan zouden de transmissieverliezen sterk toenemen (enkel glas), wat nog een veel hoger resultaat zou opleveren voor de netto energiebehoeften. In feite moeten de zonnewinsten berekend worden in de veronderstelling dat de serre tot het beschermde volume behoort, terwijl de transmissieverliezen enkel moeten berekend worden van het volume zonder serre. De nieuwe rekenprocedure voor de energieprestatie van woningen houdt wel rekening met het effect van voorverwarming van de ventilatielucht via een aangrenzende onverwarmde ruimte.

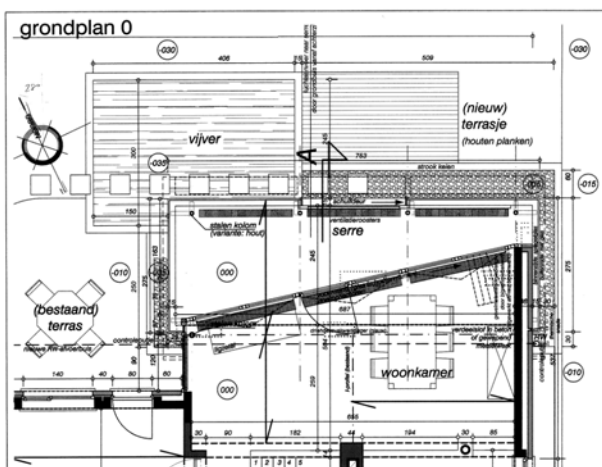
ONTWERPPRINCIPES VOOR DE RENOVATIE

Om structurele redenen moest tot een reconstructie van de serre overgegaan worden. Er werd toen besloten tot een grondige renovatie van de serre met de aangrenzende woonruimte. Deze aanpak gaf een aantal kansen om de woning aan te passen aan nieuwe noden. Bij het ontwerp werden volgende principes en filosofie aangehouden:

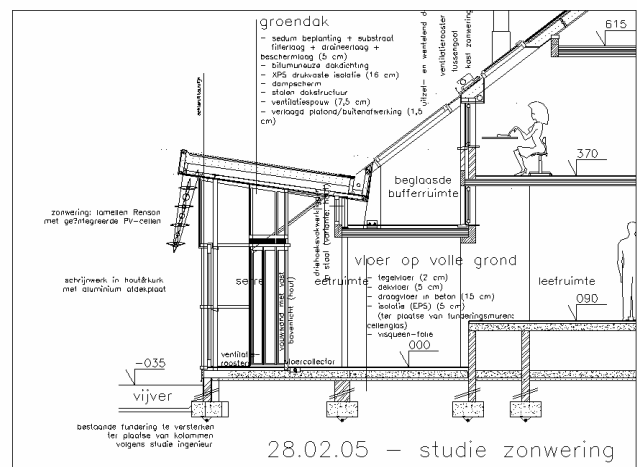
- flexibele woonruimte: om rekening te houden met de veranderende gezinsamenstelling: kleinere familie op weekdagen, groter tijdens week-ends,
- aanpasbaar voor ouderen, met de mogelijkheid om de woning in twee eenheden op te splitsen (kangoeroe-wonen).
- goede verbinding, zowel fysisch als visueel, met tuin en landschap, met respect voor het oorspronkelijke ontwerp en voor de omgeving.
- geen bijkomend energieverbruik.
- goed binnenklimaat: luchtkwaliteit en zomercomfort
- innovatieve technieken voor duurzaam bouwen en wonen.

Na enkele jaren van moeilijk evenwicht tussen stedenbouwkundige beperkingen en functionele, esthetische en economische eisen, werd een compromis gevonden in het ontwerp zoals voorgesteld in figuren 2 en 3.

Serre en scheidingswand tussen serre en woonruimte werden afgebroken. De bestaande vloer tussen woonruimte en de bovenliggende bufferruimte (serre aangrenzend aan 3 slaapkamers) werd opgevangen door



figuur 2: Grondplan van het gerenoveerde deel



figuur 3: Snede AA (ontwerp: KRONOS-architectuur)

een bovenliggende vakwerkligger van 7m bij 0.80m, steunend op de bestaande buitenmuur en op een stalen kolom.

Het stalen dakgeraamte wordt gedragen door 4 stalen kolommen en de vakwerkligger.

Het dak is in lichte tegenhelling t.o.v. het hoofddak geplaatst om optimale daglichttoetreding te garanderen. Het is goed geïsoleerd (27 cm, $U = 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$) en voorzien van een extensief groendak met sedumbeplanting voor bijkomende isolatie en regenwaterbuffering. Aan de binnenzijde is een akoestisch plafond opgehangen dat het grote aandeel aan harde oppervlakken moet compenseren.

Het gevelschrijnwerk bestaat uit houten (oregon) liggers die op de stalen kolommen worden afgedragen. Voor de hoekverbindingen is uiteindelijk gekozen voor een houten steunprofiel. De buitenbekleding is in aluminium.

Aan de NW-zijde is de gevel gesloten gehouden met een isolerend paneel met gelakt glas aan de buiten- en hout aan de binnenzijde.

De OZO- en ZZW-gevels zijn voorzien van drievoudige beglazing met laagemissieve coating en Argon-vulling ($U = 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$). Voor de afstandhouders is geopteerd voor de warm-edgetechnologie van Swisspacer.

Tussen woon- en serreruimte is een wegschuifbare wand geplaatst in houten schrijnwerk met HR-beglazing ($U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Daardoor kan de woonruimte naadloos uitgebreid worden met de serreruimte bij grotere bezetting.

Alhoewel het beschermde woonvolume is uitgebreid is het geïnstalleerde vermogen van de radiatoren verminderd met 2 KW.

ZONWERING

Ontwerp

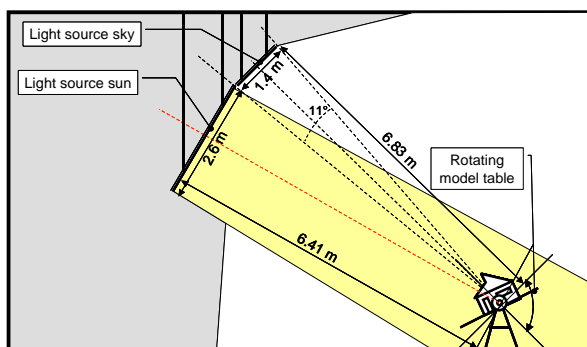
Vermits de oost- en zuidgevels (OZO en ZZW) volledig beglaasd zijn, leek een zonwering een evidente voorziening, waarbij het visueel contact met de omgeving toch zoveel mogelijk moest gevrijwaard worden.

Er is onderzocht of dit kan gerealiseerd worden met een beweegbare lamellenzonwering van het type ICARUS (Renson). A priori werd gedacht om enkel het bovendeel van de gevel uit te rusten met 3 lamellen van 360 mm breed. Omdat deze lamellen toch optimaal naar de zon gericht staan is ook de mogelijkheid onderzocht om ze te voorzien van een strip zonnecellen (125 mm breed) voor elektriciteitsproductie, een nieuwe ontwikkeling van de firma's Renson en Soltech.

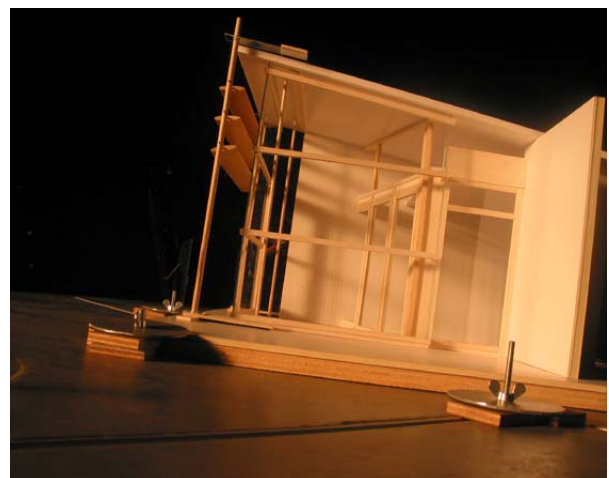
Om de effecten van zonwering op verschillende tijdstippen van de dag en van het jaar, passieve zonnewinsten in de winter, daglichttoetreding en verblinding, en optimale zonnevang voor de zonnecellen, werden simulaties op een schaalmodel uitgevoerd.

Testinstallatie

De simulaties werden opgezet in het Daglichtlaboratorium van het WTCB (ir. Arnaud Deneayer) onder de zonn simulator (Deneayer, 2002). Deze kunstzon is gebouwd als een vaste 'enkele-lamp' parallelle lichtbron, waarbij elke gewenste zonnestand wordt gesimuleerd door het schaalmodel op een draaitafel te plaatsen en



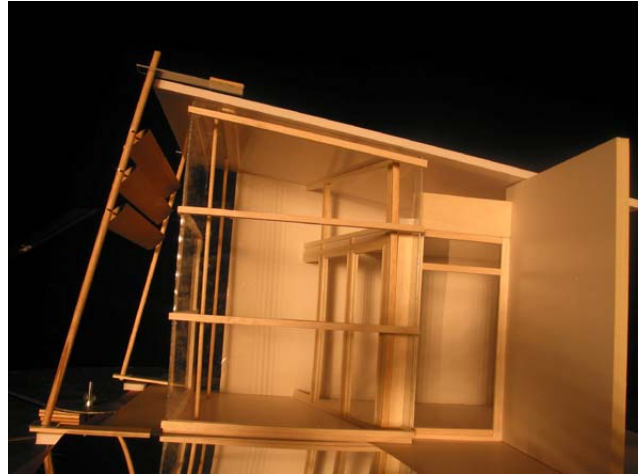
figuur 5: De enkele-lamp kunstzon en –hemel in het daglichtlab van WTCB



figuur 4: Schaalmodel op de draaitafel, zon op 21 december 12 u, lamellen 30° gekanteld



figuur 7: Binnenzicht op 21 december, 12 u, lamellen op 4



figuur 6: Buitenzicht, 21 maart 10u30: structuur loodrecht op de dakrichting, lamellen op 80°

deze rond 2 assen te laten draaien (figuur 5). Deze installatie kan gebruikt worden voor de analyse van schaduw- en lichtpatronen, voor daglichtmetingen binnenin het model of voor de simulatie van het dynamisch verloop van de zontoetreding in een constructie over een langere periode.

Het model

Een schaalmodel werd gebouwd met de beweegbare lamellen in een aanpasbare positie (met dank aan arch. C. Heather Moore en Richard Bossicard). Om de afmetingen in overeenstemming te houden met de testinstallatie werd slechts de helft van de betrokken constructie nagebouwd op schaal 1:5, m.n. het oostelijke en zuidelijke deel, zie figuur 4.

Simulaties

De zonnestand werd gesimuleerd voor 21 december 12 u (figuur 4 en figuur 7), 21 maart om 9 u (figuur 7 **Error! Reference source not found.**), 10u30 (figuur 6), 12 u en 15 u, en 21 juni om 9 u, 10u30 en 12 u. Er werden telkens foto's gemaakt van de buitenzijde en de binnenzijde van het schaalmodel. Binnenzichten zoals in figuur 7 tonen dat het zicht naar buiten vanuit de achterkant van de kamer quasi niet belemmerd wordt door de lamellen en dat hun effect op de zontoetreding in de winter beperkt is.

Een ander fenomeen is de beschaduwing van één lamel op een onderliggende andere, wat een beperking zou kunnen zijn voor de elektriciteitsproductie van de zonnecellen.

Daarom werd de stand van de draagstructuur aangepast om dit effect van onderlinge beschaduwing te vermijden. Door deze positie ontstaat ook een luifeffect zodat in de zomer de ganse gevel wordt beschaduwed. Het beste resultaat werd gehaald door de draagstructuur loodrecht op de dakrichting te plaatsen.

Besluiten uit de simulaties

Algemeen lieten de simulaties toe om het ontwerp bij te sturen als volgt:

- De plaatsing van de lamellen op het bovenste gedeelte is correct.
- Om een hinderende lichtstreep te vermijden moet een extra element bovenaan worden toegevoegd.
- Kanteling van de draagstructuur tot een positie loodrecht op de dakhelling vanaf de dakrand geeft een luifeffect en een volledige beschaduwing van de gevel in de meeste gevallen.
- Deze opstelling verbetert ook de blootstelling van de zonnecellen.
- De opening tussen de lamellen en de gevel aan de O- en W-hoeken kunnen zonnevlekken veroorzaken 's morgens en 's avonds.
- Op de OZO-gevel is een parallelle zonwering (screen) meest aangewezen.
- Een watervlak in de buurt van de woning geeft in de meeste gevallen geen problematische verblinding, tenzij op enkele plaatsen binnenshuis.

Het eindontwerp werd dan ook aangepast op basis van deze bevindingen (figuur 3). De zonwering bestaat nu uit 4 lamellen van 360 mm breed draaiend rond assen op een lijn loodrecht op de dakhelling. Om het koudebruggeffect (lamellen werken als koelvinnen) door de bevestiging van de draagstructuur op de dakstructuur te vermijden, worden de dragers met een thermische onderbreking bevestigd tegen de stalen dakbalken. Op de OZO-gevel worden semi-doorzichtige rolscreens geplaatst.

NACHTKOELING

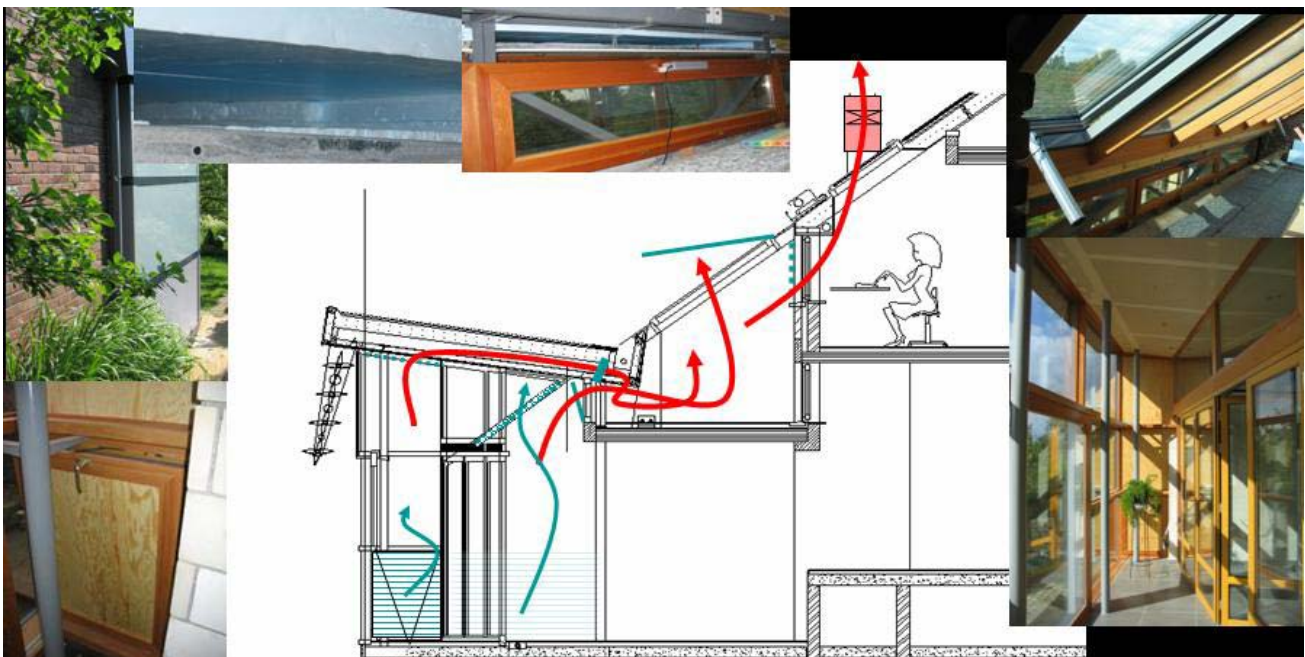
Het ontwerp

Om oververhitting in de zomer te vermijden, werd geopteerd voor een passief koelsysteem gebaseerd op nachtelijke ventilatie. Dit laat toe om de thermische massa zowel in de serre als in de woonruimte af te koelen met koele buitenlucht.

De koele lucht wordt toegevoerd door een laaggelegen groot luchtrooster op de WNW-gevel. Dit rooster is inbraak-, regen- en insectenwerend. Aan de binnenzijde van de serre wordt het rooster afgesloten door een kantelraam met isolerend paneel (figuur 10). Voor het woongedeelte is het rooster verbonden met een luchtsouw tussen de oude metselwerkmuur en de nieuwe opake zijgevel. Bovenop wordt de spouw afgesloten met een schuifrooster.

De warme lucht wordt uit het serregedeelte afgevoerd via een luchtkoker die in het verlaagde plafond is ingebouwd. Het geperforeerde akoestische plafond wordt gedeeltelijk als doorvoeropening gebruikt naar de luchtkoker. Aan de andere zijde geeft de luchtkoker via een afsluitbaar rooster toegang tot de beglaasde bufferruimte op de verdieping.

De warme lucht uit de woonruimte kan via een gemotoriseerd klapraam worden afgevoerd naar dezelfde bufferruimte.



figuur 8: Nachtelijke ventilatie voor zomercomfort

De bufferruimte is verbonden met een hybride ventilatiesysteem: bovenop het afvoerkanaal staat een lagedrukventilator (14 W, 315 m³/h) die de natuurlijke ventilatie kan ondersteunen indien de thermische trek niet voldoende zou zijn. Bovendien is de bufferruimte uitgerust met twee grote motorisch bediende dakvlakramen voor bijkomende evacuatie van de warme lucht.

GEBALANCEERDE VENTILATIE MET WARMTETERUGWINNING

Er is onderzocht of de woning kan uitgerust worden met een ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Dit is niet zo evident in een bestaande woning. Ook wil men de voordelen van het huidige systeem met manuele bediening van natuurlijke toevoerventilatie met voorverwarmde lucht vanuit de serre combineren met een efficiënte afvoerventilatie uit de natte ruimten.

Bovendien is een voldoende luchtdichtheid van de gebouwschil noodzakelijk om een efficiënte warmteterugwinning mogelijk te maken. De norm NBN D50-001 beveelt een n_{50} -qwaarde van max. $1h^{-1}$ aan. Na afloop van de renovatiewerken zal een luchtdichtheidsproef worden uitgevoerd om na te gaan of aan deze voorwaarden is voldaan.

BESLUIT

Een geïntegreerde aanpak is mogelijk ook bij een complexe renovatie. Daarbij kunnen geavanceerde en innovatieve technieken worden toegepast die leiden tot een energiezuiniger gebouw met betere energieprestaties en een verhoogd comfort in zomeromstandigheden en op vlak van luchtkwaliteit. Er zijn nog geen resultaten beschikbaar van energiegebruik- en comfortmetingen, maar de eerste bewonerservaringen wijzen toch al op een positief effect.

Deze bijdrage werd geschreven in het kader van het TIS-project IDEG 'Integratie van Duurzame Energietechnieken in Gebouwen', gesteund door het Innovatienetwerk Vlaanderen (IWT).

REFERENTIES

Santamouris, Mat (ed.), Energy performance of residential buildings - A practical guide for energy rating and efficiency. James & James, London, 2004.

Bossaer, Alain e.a., WTCB-rapport nr. 4 – 1999. Isolatie, ventilatie en verwarming in nieuwbouwwoningen. Resultaten van een enquête, WTCB, Brussel, 1999.

Deneyer, Arnaud, Vandaele, Luk, Flamant, Gilles (2002). Lighting, Daylighting and Visual Comfort. Brussels: BBRI.

Deneyer, Arnaud (2004). Metingen op schaalmodel. Intern rapport WTCB. Beschikbaar op www.wtcb-licht.be



figuur 9: Gerenoveerde woning, zonder zonwering (September 2005)