

EERSTE GROOTSCHALIGE ONTWIKKELING MIKT OP SUBSTANTIELE ENERGIEKOSTENVERLAGING

PASSIEFHUIZEN IN DE SERIEMATIGE WONINGBOUW

De energierekening van de gemiddelde Nederlandse woning zou volgend jaar zomaar 10 of 20% kunnen stijgen. En het einde is niet in zicht. Fossiele energiebronnen zijn eindig, en opkomende economiën dragen bij aan een toenemende schaarste. Omdat de woningen die nu gebouwd worden nog vele tientallen jaren mee gaan, is het nu zaak om na te denken over de energielasten die deze woningen over 10 of 20 jaar zullen hebben. Vervolgens is dan de vraag: welke maatregelen kunnen we nu aan de woningen doorvoeren zodanig dat deze de komende jaren substantieel lagere energielasten zullen hebben, en dat natuurlijk zonder in te leveren op het gebied van comfort en gezondheid? Zorgen voor een uitzonderlijk goed isolatieniveau lijkt een voor de hand liggende eerste stap. Daarom ontwikkelt BAM Vastgoed in Almere 103 woningen waar voor het eerst in de seriematige bouw het passiefhuisprincipe wordt toegepast. In de ontwerpfase zijn het comfort en de energielasten voor de bewoners voortdurend de maatstaf bij de te maken keuzes.



ir. A.J. (Arie) Kalkman
Cauberg-Huygen
Raadgevende Ingenieurs
BV, Rotterdam
a.kalkman@chri.nl

INLEIDING

Het zal niemand zijn ontgaan dat de aanscherping van de energieprestatie-eisen voor woning-nieuwbouw nog even door zal gaan. De aanscherpingen van de huidige eis van EPC = 0,8 naar EPC = 0,6 en EPC = 0,4 staan geagendeerd voor respectievelijk 2011 en 2015. Het Lenteakkoord, een convenant dat op 22 april j.l. is gesloten tussen het Rijk en brancheorganisaties uit de bouwwereld [1] slaat de zelfde toon aan: een reductie van respectievelijk 25% en 50% van het energiegebruik respectievelijk per 1 januari 2011 en 1 januari 2015. Opmerkelijk is dat de doelstelling van het Lenteakkoord en passant meeneemt dat de energieprestatienorm daarbij wel beter moet gaan aansluiten bij het werkelijke energiegebruik en de woonlasten van de consument.

De focus is helder: de woonlasten van de consument moeten centraal staan bij de verdere ontwikkeling van energiezuinige woningen. De bewoner profiteert hiermee van de duurzame maatregelen, zodat de benodigde investering in de maatregelen zich op termijn terugverdient in lagere maandlasten ten opzichte van een minder energiezuinige woning. Ondertussen is 2015 voor projectontwikkeling dichtbij, en van sommige van de ontwikkelingen die nu worden opgestart zal de laatste fase pas na 2015 worden opgeleverd. Daarom denken veel ontwikkelaars

nu al na over de vraag: “Hoe kunnen wij straks het meest kosteneffectief woningen met EPC = 0,4 gaan ontwikkelen?”

In basis zijn er twee hoofd-oplossingsrichtingen mogelijk voor verdergaande energiezuinige bouw. Eén hoofdoplossingsrichting die steeds breder ingang vindt is de toepassing van duurzame energie door middel van warmtepompen. Bij toepassing van een warmtepomp wordt de warmtebehoefte van de woning met een hoog rendement opgewekt, waardoor het primaire energiegebruik afneemt. Tegelijkertijd wordt meestal duurzame koeling meegeleverd, waardoor vrijwel zonder energiegebruik een uitstekend thermisch comfort wordt verkregen en elektriciteitsgebruik voor airco's en ventilatoren wordt voorkomen. Een alternatieve oplossing die in Nederland nog enigszins onderbelicht is gebleven is inzetten op maximale vraagbeperking op basis van de passiefhuisfilosofie. In andere Europese landen wordt deze techniek al veel breder toegepast, maar ook binnen de in Nederland gangbare bouwsystemen wordt integratie van de passiefhuistechniek beschouwd als haalbaar [2]. Passief bouwen gaat uit van een schilisolatie waarmee de behoefte voor ruimteverwarming beperkt blijft tot maximaal 15 kWh/m². Een overzicht van de belangrijkste technische uitgangspunten is gegeven in tabel 1.

Tabel 1: Overzicht belangrijkste uitgangspunten passief bouwen

aspect	waarde
Isolatie dichte geveldelen	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Koudebrugvrij bouwen	$< 0,01 \text{ W/mK}$
Zeer goede luchtdichting	$N_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$
U-waarde ramen en deuren (kozijn incl. glas)	$U < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ventilatie	Gebalanceerde ventilatie met HR-WTW
Tapwater	Zonneboiler
Energiebehoefte voor verwarming	$< 15 \text{ kWh/m}^2$
Primair energiegebruik totaal	$< 120 \text{ kWh/m}^2$



1 Gevelbeeld passiefwoningen in Almere, ontwerp INBO architecten

De in tabel 1 genoemde eisen gaan aanzienlijk verder dan de huidige Nederlandse bouwpraktijk. Daarnaast gelden nog een aantal andere randvoorwaarden, zoals zongericht verkavelen en ontwerpen, toepassing van buitenzonwering en spuivoorzieningen ten behoeve van het zomercomfort, en extra maatregelen die op het niveau van de eindgebruiker liggen om elektragebruik van witgoed te beperken, zoals aandacht voor de labelklasse en het toepassen van hot-fill.

In Nederland zijn tot dusverre een beperkt aantal passiefwoningen gerealiseerd in kleinschalige projecten, en bouwers hebben dus nog geen ervaring met de specifieke eisen van passief bouwen. De eerste gerealiseerde passiefwoningen zijn voor particuliere opdrachtgevers gebouwd [3]. De eindgebruiker is daardoor volop betrokken bij de ontwikkeling van de woning.

In het Columbuskwartier in Almere heeft BAM Vastgoedontwikkeling de uitdaging op zich genomen om het eerste grootschalige passiefwoningenproject te ontwikkelen. De ambitie van het project ligt hoog. De doelstelling is om een standaard passiefhuis-techniek te ontwikkelen waarmee seriematig en woonlastenneutraal passiefhuizen gebouwd kunnen worden, met als doel een brede marktintroductie van het passief bouwen. Woonlastenneutraal wil in dit kader zeggen dat de meerkosten van de passiefhuismaatregelen door de eindgebruiker terugverdiend worden door middel van de lagere woonlasten die het gevolg zijn van de energiebesparing. Bij het ontwerp van de woning staat binnen het passiefhuisconcept kosteneffectiviteit dus voortdurend centraal. Het project wordt ondersteund door Senternovem met een subsidie in het EOS-DEMO kader.

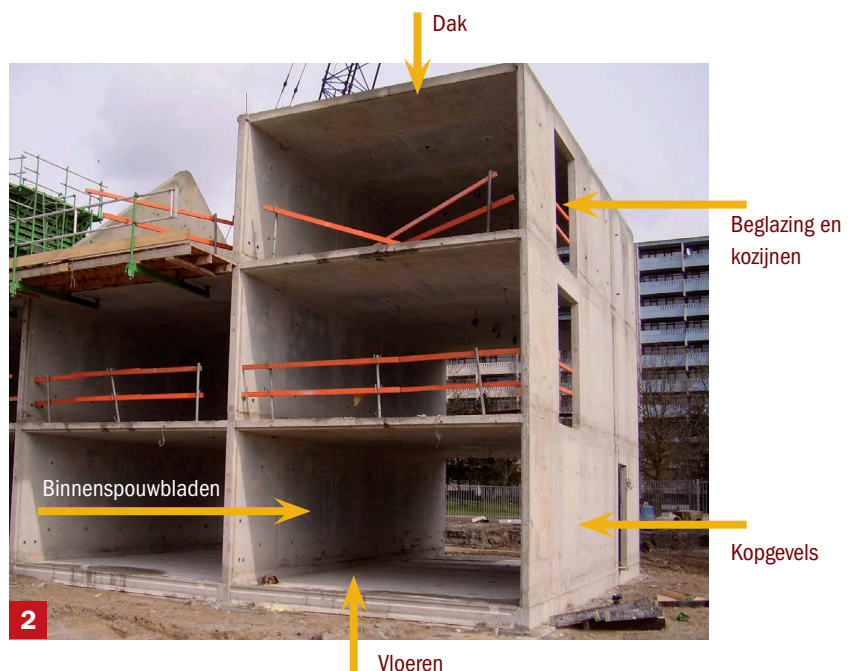
PROJECTBESCHRIJVING

Het project betreft 103 woningen in de sociale sector, welke worden ontwikkeld in het Columbuskwartier in Almere. Figuur 1 toont het gevelbeeld van de woningen. De woningen zijn voorzien van PV panelen welke zichtbaar in het ontwerp zijn meegenomen. Het ontwerp is uitgevoerd door INBO architecten te Rijswijk. De woningen worden gerealiseerd in twee hoofdtypen: een tweelaags tussenwoning met een vloeroppervlak van ca. 88 m² en een drielaags hoekwoning met een vloeroppervlak van ca. 127 m². De realisatie is in handen van BAM Woningbouw W&R.

BESCHRIJVING TECHNIEK

De passiefwoningen in Almere worden uitgevoerd in tunnelgietbouw (zie fig. 2). De tunnelgietbouwmethode is bijzonder geschikt voor het seriematig realiseren van grootschalige woningbouwprojecten, en de ambitie is om een passiefhuistechniek te ontwikkelen die het gebruikelijke bouwproces zo min mogelijk verstoort.

Na afloop van het tunnelgietbouwproces worden de passiefhuismaatregelen in de schil doorgevoerd. Het dak wordt voorzien van gemiddeld 380 mm afschotisolatie uitgevoerd in EPS. De kopgevels worden voorzien van hoogwaardige PIR isolatie, waardoor de dikte van de isolatie kan worden beperkt. De binnenspouwbladen worden voorzien van minerale wol met een dikte van 300 mm. Drievoudig glas (U-waarde ca. 0,7 W/m²K, ZTA = 0,5) wordt toegepast in thermisch geïsoleerde merantikozijsen. De opbouw van de kozijnen is hout/purenit/pur/purenit/hout in diktes van 44/24/12/12/22 mm, waarmee een U-waarde van ongeveer 0,75 W/m²K wordt be-



2 Woningen uitgevoerd in tunnelgietbouw. In de figuur is met pijlen aangegeven welke passiefhuismaatregelen in de schil worden toegepast.

Tabel 2: Toegepaste passiefhuistechniek

Techniek	Waarde	Techniek
Kopgevel	$R_c=9 \text{ m}^2\text{K/W}$	200 mm PIR hardschuim
Dak	$R_c=9,5 \text{ m}^2\text{K/W}$	380 mm EPS
Vloer	$R_c=5 \text{ m}^2\text{K/W}$	Ribcassettevloer + EPS prefab
Langsgevels	$R_c=7,2 \text{ m}^2\text{K/W}$	300 mm MW, I-profielen
Beglazing	Uraam= $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	drievoudig glas, geïsoleerde kozijnen, Swiss-spacers
Luchtdichting	$q_{v,10,lar}$ ca. $0,15 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$	Kierdichting
Verwarming	stadsverwarming	Beperkt radiatoren
Ventilatie	HR-WTW 95%	Balansventilatie
Tapwater	Zonneboiler	2,3 m ² collector, 80 liter boiler

reikt. Een overzicht van de toegepaste techniek is gegeven in tabel 2. Aanvullend op de passiefhuistechniek zal ca. 10 m² PV panelen worden geplaatst.

De toegepaste tunnelgietbouwmethode is o.a. door de goede maatvastheid bijzonder geschikt voor luchtdicht bouwen. Uit blower-door (opblaasproef) metingen aan vergelijkbare woningen blijkt dat seriematig $q_{v,10}$ waarden tot $0,12 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ behaald worden zonder aanvullende maatregelen. Door na realisatie steekproefsgewijs de luchtdichtheid te meten, zal worden geverifieerd of aan de eisen wordt voldaan.

AFWEGINGEN KOSTENEFFECTIVITEIT

In de ontwerpfase is de kosteneffectiviteit van de maatregelen een belangrijke beslissingsparameter. Hieronder een tweetal voorbeelden:

in het programma van eisen stond voor de dichte gevelde len een R_c -waarde van minimaal $6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Voor de begane grondvloer is gekozen voor een ribcassettevloer met EPS isolatie. Dit vloertype is op dit moment prefab verkrijgbaar met een maximale R_c -waarde van 5,0. Daarom is overwogen om de vloerhandmatig na te isoleren naar een R_c -waarde van 6,5. De kosten hiervoor bedragen ca. € 10 per m² vloer voor materiaal plus arbeid. Uit berekeningen

volgde een energiekostenbesparing van ca. € 0,03 per m² vloer, dat wil zeggen dat de eenvoudige terugverdientijd van deze maatregel ca. 300 jaar zou bedragen. Deze maatregel is daarom beschouwd als onvoldoende kosteneffectief, en de begane grondvloer heeft daarom een R_c -waarde van 5,0 gekregen.

in eerste instantie is uitgegaan van hoogwaardige PIR isolatie voor alle dichte gevelde len, om een minimale isolatiedikte te bereiken. Voor het platte dak is al snel gekozen voor het goedkopere EPS, omdat de dikte hier geen rol speelt. Ook voor de langsgevels bleek echter een besparing mogelijk. Door minerale wol in plaats van PIR toe te passen wordt het isolatiepakket weliswaar dikker, maar per saldo levert dit een bouwkostenbesparing van ca. € 1.000 per woning op. Voor de kopgevels bleek PIR wel het meest kosteneffectief.

PRESTATIES

De prestaties van het concept zijn beoordeeld vanuit drie invalshoeken: comfort, energieprestatie en jaarlijkse energielasten.

Ten behoeve van het zomercomfort van passiefhuizen is het nodig dat voldoende gespuid kan worden. Er zijn daarom inbraakvrije spuivoorzieningen opgenomen waarmee een 4-voudige spuiventilatie behaald kan worden. Tevens is buitenzonwering op zuidelijke orientaties aangebracht. Met een temperatuursimulatieberekening is het effect van deze maatregelen onderzocht, en geconcludeerd is dat het zomercomfort voldoet aan alle gangbare eisen. Ten aanzien van de energieprestatie zijn de ontwerpen doorgerekend met zowel de EPC methode volgens NEN5128 als met het uit Duitsland afkomstige PHPP (PassiefhausProjektierungsPaket) van het Passivhaus Institut uit Darmstadt [4]. Met PHPP kan worden getoetst of het ontwerp voldoet aan de eis van maximaal 15 kWh/m^2 verwarmingsbehoefte. Deze berekening vereist een hoge nauwkeurigheid, omdat bij een passiefhuis de warmtebehoefte het resulterende verschil is tussen twee veel grote posten: de warmtewinsten (zoninstraling en benutting interne warmtebronnen) en de warmteverliezen (transmissie, infiltratie en ventilatieverlies). Bij een gemiddelde passiefwoning bedragen de warmteverliezen ca. 45 kWh/m^2 , en de warmtewinsten ca. 30 kWh/m^2 . Een onnauwkeurigheid in de berekening van het warmteverlies van bijvoorbeeld 10% heeft een onnauwkeurigheid van 30% tot gevolg voor de berekende netto-warmtebehoefte. Dit geldt voor alle uitgangspunten in de berekening. Zo rekent PHPP standaard met een interne warmtelast van 2,1

Tabel 3: Berekende EPC en netto warmtebehoefte

Woningtype	EPC volgens NEN5128	Ruimteverwarming volgens PHPP (kWh/m ²)
Hoekwoning, 3 laags	0,43	15
Tussenwoning, 2 laags	0,31	9
Referentie	0,80	45

Tabel 4: Verwachte energiekosten en -besparing (gebouwgebonden energie)

	Referentie	Passiefhuis met zonneboiler, stadsverwarming en PV
Gasgebruik (m ³)	1411	-
Elektragebruik (kWh)	Ref.	Ref. -781
Warmte (GJ)	-	14,1
Energiekosten variabel	€ 891	€ 177
Energiekosten vastrecht	€ 271	€ 484
Energiekosten totaal	€ 1162	€ 661
Energiekostenbesparing		€ 501

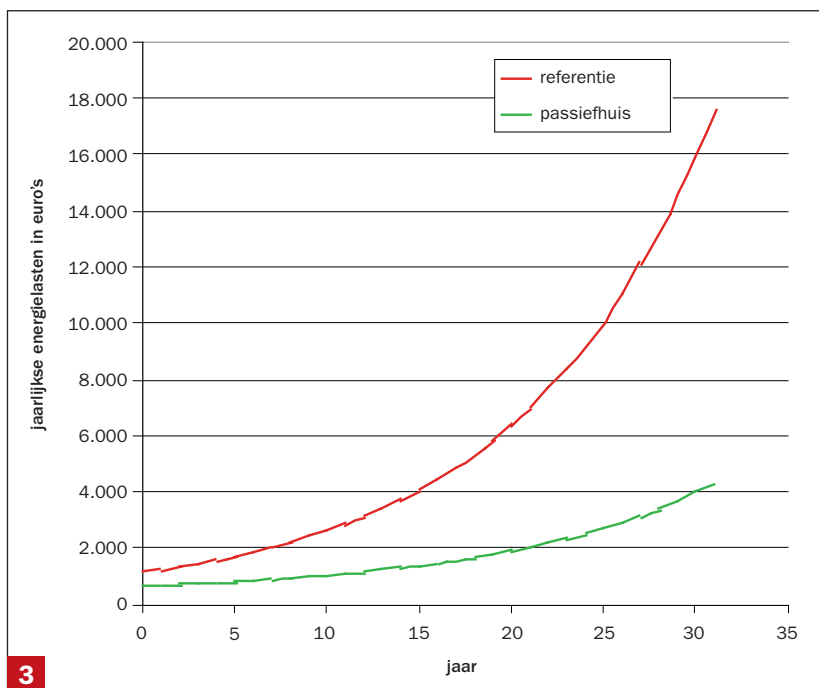
W/m² voor eengezinswoningen, en is er de optie om met 4,1 W/m² te rekenen in het geval van ‘homes’. Door een hogere interne warmtelast te kiezen, halveert de netto-warmtebehoefte. Wanneer conform de EPC methode met 6 W/m² gerekend zou worden, blijft er in de PHPP berekening nauwelijks nog een nettowarmtebehoefte over. Een verandering van de ingestelde binnentemperatuur of bijvoorbeeld het rendement van de warmteterugwinning uit de ventilatielucht hebben eveneens een sterke invloed op het resultaat. De daadwerkelijke energiebehoefte in de praktijk is echter van groot belang omdat de energielasten van de eindgebruiker hier direct mee samenhangen. De berekende energiegebruiken zullen daarom in de praktijk worden getoetst door van een groot aantal woningen de daadwerkelijke energiegebruiken te monitoren. De doelstelling hiervan is om een rekenmodel te ontwikkelen waarmee de daadwerkelijke energielasten van een woning voorspeld kunnen worden, inclusief de optredende spreiding als gevolg van individueel bewonersgedrag. In tabel 3 is het resultaat van de ontwerpberekeningen gegeven. De resultaten zijn berekend voor beide projectwoningtypes, en voor een referentiewoning zonder de passiefhuismaatregelen. In de tabel is te zien dat het passiefhuisconcept een goede kandidaat is voor woningconcepten die voldoen aan het ambitieniveau van 2015 en later.

ENERGIELASTEN

De gebouwgebonden energielasten voor het project zijn berekend op basis van de energiebehoefte voor ruimteverwarming en warmtapwater. Hierbij is een vergelijking gemaakt met een referentiewoning met een gasketel welke juist voldoet aan EPC = 0,8. De berekening voor de drielaags hoekwoning is gegeven in tabel 4.

Uit de tabel blijkt dat een energiekostenbesparing van ca. € 500 wordt verwacht in het eerste jaar. Deze besparing is nog exclusief de besparende maatregelen ten aanzien van huishoudelijke elektra, zoals bijvoorbeeld hot-fill apparatuur. De monitoring na realisatie zal uitwijzen of deze besparing in de praktijk behaald wordt, en vooral ook wat de eventuele spreiding in de besparing is als gevolg van verschillen in bewonersgedrag.

De verwachting is dat de energietarieven voorlopig nog zullen blijven stijgen. Op basis van historische prijsstijgingen mag worden verwacht dat dit percentage gemiddeld 10 % per jaar zou kunnen bedragen [5]. Wat dit voor gevolgen heeft voor de energiekosten is te zien in figuur 3. Voor deze berekening zijn alle variabele energiekosten geïndexeerd met 10%, en alle vastrechtkosten met 2%. Uit de figuur blijkt dat de passiefwoningen veel minder gevoelig zijn voor energietariefstijgingen dan de referentiewoning. Wanneer hierbij tevens bedacht wordt dat deze prestatie wordt bereikt met grotendeels bouwkundige maatregelen, welke onderhoudsarm zijn en een lange levensduur kennen, mag worden geconcludeerd dat het huidige passiefhuisconcept een van de meest kansrijke woningconcepten voor de toekomst is. ■



3 Jaarlijkse energiekosten passiefhuis, vergeleken met een referentie met EPC=0,8.

BRONNEN

- ▶ [1] Lenteakkoord “Energiebesparing in de nieuwbouw” Ministerie van VROM, Neprom, NVB en Bouwend Nederland, 22 april 2008, Den Haag.
- ▶ [2] Passiefhuizen in Nederland, AEnneas, Boxtel 2006.
- ▶ [3] Passiefhuistechnologie in Nederland, Stichting Passiefhuis Holland, 2005.
- ▶ [4] PHPP Benelux 2003, verkrijgbaar via www.passiefhuisplatform.be
- ▶ [5] www.cbs.nl: cijfers aardgastarieven kleinverbruikers 1^e kwartaal 2004 tot 1^e kwartaal 2008.