A photograph of a person wearing a white hat and a dark shirt, sitting in a wooden chair on a balcony. The balcony is part of a brick building with a large glass door. The person is looking out over the balcony. The text is overlaid on the image.

**Slim Gedaan is de strategie voor mensen die graag wat zelf doen, en hun huis stapsgewijs opwaarderen. De ingrepen zijn relatief beperkt en er is een grote keuzevrijheid. Het is een kosteneffectieve strategie die flexibel gebruikt kan worden voor verschillende situaties.**

# **SLIM GEDAAN**

U koopt een nieuw huis, of u bent van plan uw huis te renoveren, en er zelf flink de schouders onder te zetten. Dat is het ideale moment om te kijken naar manieren om uw huis energieneutraal te maken. Als u dit direct mee kan nemen tijdens de verbouwing scheelt dat een hoop geld en moeite.

Deze strategie bevat maatregelen die veelal door uzelf kunnen worden uitgevoerd. U heeft wellicht al een HR ketel in huis, waarmee u nog even vooruit wilt. Dan sluiten de maatregelen in het Slim Gedaan pakket daar goed bij aan. U kunt natuurlijk ook een andere strategie kiezen indien u geen HR ketel heeft of toch verder wil gaan. Er is heel veel mogelijk, en bij vrijwel alle maatregelen gaat ook het wooncomfort aanzienlijk omhoog, en schelen de maatregelen op lange termijn geld. Decentrale ventilatie is per kamer te installeren, en de isolatie-benodigheden zijn te overzien.



#### Voor wie?

- › Focus op eenvoudige oplossingen
- › Voor stapsgewijze investering
- › Voor doe-het-zelf oplossingen
- › Zichtbaar duurzaam
- › Relatief voordelig
- › Veel controle over eindresultaat en kwaliteit



**↓ Isolerende schil**  
Houdt niet alleen warmte binnen, maar ook geluid buiten.

**↑ Uitbreidbare zonnepanelen**  
Van bescheiden besparing tot energiefabriek.

**↓ HR-gasketel**  
Voorziet in net dat laatste beetje bijverwarming.

**↑ Zonnecollector**  
Gratis warm water bij zonneschijn.

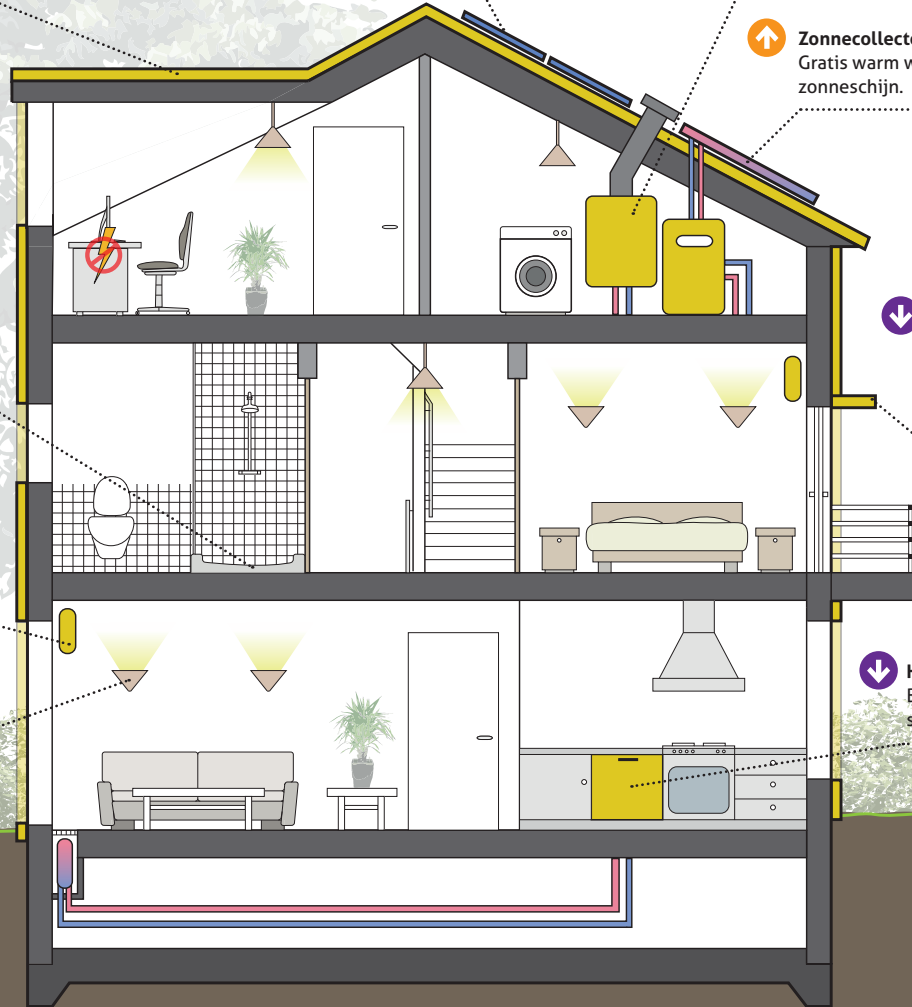
**↓ Douche warmtewinning**  
Gebruik de warmte die het doucheputje instroomt.

**↓ Zonwerking**  
Goede zonwering zorgt voor opwarming in de winter, en koelte in de zomer.

**↓ Decentrale WTW ventilatie**  
Frisse lucht zonder warmteverlies.

**↓ LED lampen**  
Veilig, schoon, zuinig, flexibel.

**↓ Hotfill afwasmachine**  
Bespaar energie met slimme keukenapparatuur.

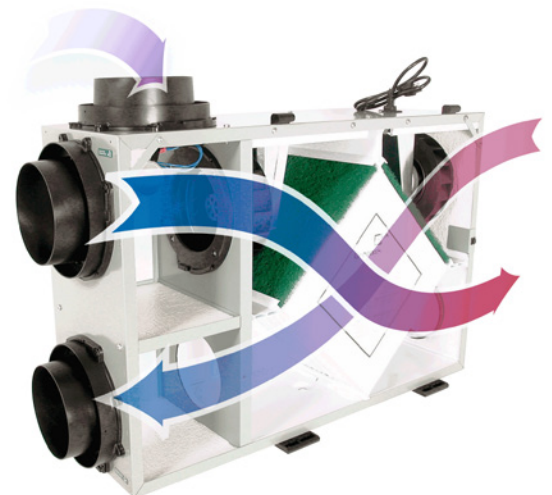


› Technische details en de computer-simulatie van de energetische prestatie van dit huis vindt u op pagina 54.



**< Keukeneiland**  
Een keukeneiland is goed naar eigen wens samen te stellen of zelf te maken. Met hotfill afwasmachine en energiebesparende apparatuur helpt een mooie, moderne keuken ook energie te besparen.

**> Ventilatie WTW**  
Ventilatiesystemen met warmte terugwinning zijn in vele maten en vormen te koop en kunnen per kamer worden geïnstalleerd.





Met douchegoot warmte-terugwinning kunt u net zo lang douchen met minder energie.

Zonneschermen om te veel zonlicht te kunnen weren.

Het Slim Gedaan Huis biedt veel mogelijkheden voor de doe-het-zelver. Alles is aanpasbaar, moduleerbaar, vervangbaar. Niets kan hopeloos kapot, en er wordt niet diep in de grond gegraven. In de eerste stappen kan al gelijk geprofitteerd worden van laaghangend fruit, zoals een douchewater-warmteterugwin (douche-wtw). Met lichtschachten kunt u licht van buiten door laten dringen in de hele woning. Met een zonnecollector buffert u genoeg warmte van de zon voor een hotfill vaatwasser en wasmachine. De rij zonnepanelen op het dak kunt u in de tijd uitbreiden zodat u van energiereductie naar -neutraal en zelfs naar energieleverend kan gaan. De decentrale ventilatie behoudt de warmte binnenshuis en zorgt voor frisse lucht.

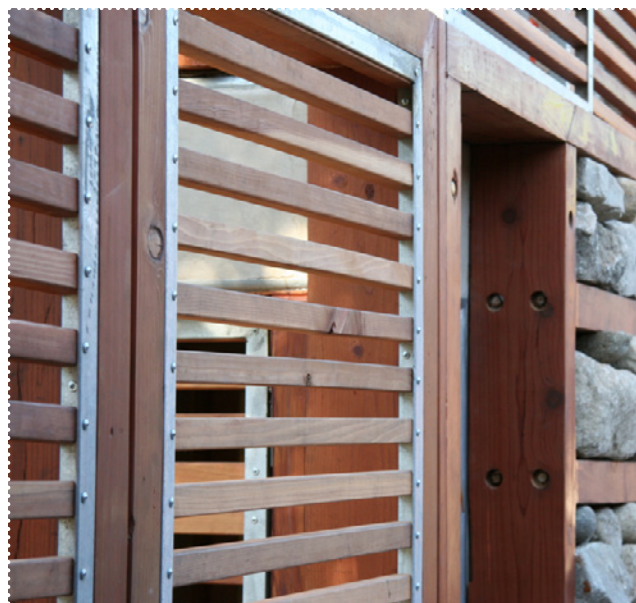
Let op dat u bij het isoleren het in één maal goed doet, anders verdubbelt u later kosten. Als u denkt aan binnenisolatie kijk dan uit voor vocht en schimmels. Kijk voor details van het pakket en simulatieresultaten op pagina 54. «



#### Voor waar?

- > Makkelijk bij zowel bij nieuwbouw en renovatie
- > Zonnig dak nodig
- > Waar standaardoplossingen niet goed werken
- > Bij voortschrijdende investering.

Als enige van de 3 strategieën verbruikt deze woning nog fossiele brandstof. De woning wekt weliswaar genoeg zonnestroom op om de energieinhoud van het gebruikte gas te compenseren, maar volgens de door Agentschap NL gebruikte definitie is dit geen energieneutrale woning. Het gas komt immers niet uit de buurt en kan in de praktijk niet weer aangevuld worden. Een alternatief dat goed werkt op wijkniveau is een biovergasser die gas wint uit rioolslib. Het gaat hier echter om oplossingen die ook op de schaal van een enkele woning werken. Vandaar dat we er tóch voor hebben gekozen om hier een HR-ketel te gebruiken.



Door deze koepel komt daglicht diep de woning in.

Slaapkamer met LED-licht.

# Economie

Nog maar een paar dozijn woningen in Nederland hebben een hoogwaardige renovatie ondergaan die de woning energieneutraal of – voornamelijk – erg energiezuinig maakte. De markt is nog jong en de prijzen en oplossingen zijn nog niet gestandaardiseerd. Het is daarom onmogelijk om een betrouwbaar generiek prijskaartje te geven.

We geven hier handreikingen voor het komen tot een goede inschatting per situatie. Uiteindelijk zult u het voor uw woning pas echt te weten kunnen komen door bij meerdere aanbieders een offerte op te vragen.

De kosten voor energieneutraal (ver)bouwen hangen onder meer af van de situatie (nieuwbouw of renovatie, locatie), de schaalgrootte (een woning of het hele blok), het ambitie- en kwaliteitsniveau, de gekozen technische oplossingen en de kwaliteit en ervaring van het bouwteam.

## **Kostenindicaties**

Globaal gelden de volgende indicaties voor energieneutraal (ver)bouwen:

- › De duurste maatregel is renovatie van de gebouwschil (dak, vloer, gevel, kozijnen en ramen). Afhankelijk van de situatie bedragen de kosten enkele tienduizenden euro's. Als de schil al relatief goed is (bijvoorbeeld bij nieuwbouw) kan ook begonnen worden met andere maatregelen.
- › Een warmtepomp met bodembron kost circa € 10.000-15.000. Bij een woning met een zeer lage warmtevraag is de energiewinst beperkt. Ook is bij renovatie een warmtepomp soms lastig te realiseren. Een alternatief is om een warmtepomp met buitenlucht als bron te installeren.
- › De prijzen van zonnestroom dalen snel en bedragen momenteel (exclusief installatie) circa € 300 voor 140 Wp.
- › De impact van zuinige huishoudelijke apparatuur is, zeker in termen van primaire energie, groot. Een voorschakelapparaat voor hotfill-toepassingen kost circa € 300, een warmtepomp wasdroger is verkrijgbaar vanaf circa € 700 en A++ label apparatuur is globaal enkele tientjes tot enkele honderden euro's duurder per apparaat.

Bij renovatie moet u voor grootschalige, seriematige renovatie van een jaren '60 / '70 woning denken aan totale kosten - met nieuwe gevels, dak, aanpassingen aan de vloer, installatietechniek, keuken, badkamer - in de orde van 90.000-110.000 euro. Voor een recent gebouwde woning met goede schil en goede installaties is dit in de orde van 35.000-55.000 euro. Deze investering kan de woning energieneutraal maken. Daarnaast levert het een woning op die gemoderniseerd is, een hoog comfortniveau biedt en in zeer goede staat van onderhoud verkeert. Overigens dalen prijzen voor zonne(pv)panelen en schilrenovatie nog steeds gestaag.

De prijs van een energieneutrale nieuwbouwwoning wordt vooral door locatie (grondprijs) en woonoppervlak bepaald. Als energieneutraliteit vanaf de eerste schets wordt meegenomen, kunnen de kosten voor extra energetische maatregelen relatief beperkt zijn, zeker wat betreft de gebouwschil (mits de woning een goede basiskwaliteit heeft).

Uitgaande van renovatie is de strategie Slim Gedaan de goedkoopste in aanschaf, zeker als u ook zelf de handen uit de mouwen steekt. Daarna volgen Modern Comfort en Natuurhuis, beide circa 30-40% duurder dan Slim Gedaan. Dit betreft ruwe schattingen en er zijn grote verschillen tussen nieuwbouw en renovatie. Om de besparing in energielasten te bepalen, is een berekening nodig die specifiek is opgesteld voor de woning die aangepakt gaat worden.

Voor beide gevallen geldt dat de aanpak van een aantal woningen tegelijkertijd de kosten per woning sterk kan doen afnemen.

### **Opbrengsten**

Tegenover deze kosten staan opbrengsten. Uiteraard liggen energiekosten veel lager dan bij een vergelijkbare 'standaard' woning. Een gemiddeld huishouden besteedt € 150-200 per maand aan energie, wat neerkomt op 4-5 procent van het besteedbaar inkomen. Dat is genoeg om een aanzienlijke investering in energieneutraliteit te rechtvaardigen. De afgelopen jaren zijn energieprijzen met ruim 5 procent per jaar gestegen; als dat aanhoudt, loopt de besparing de komende jaren flink op.

Andere voordelen zijn:

- › Comfortverhoging, bijvoorbeeld door minder koudeval bij de ramen, hogere geluidsisolatie, gezondere lucht, minder tocht.
- › Langere levensduur en lagere onderhoudskosten van de woning.

- › Woning wordt toekomstbestendig en krijgt in geval van renovatie een kwalitatieve 'upgrade', wat gunstig is voor de waardeontwikkeling. Het is nog niet duidelijk hoe gunstig dat precies is – er zijn nog nauwelijks energieneutrale woningen in de particuliere verkoop geweest – maar de eerste resultaten zijn hoopgevend.
- › Bij een 'all-electric' nieuwbouwhuis kunnen de kosten voor een gasaansluiting en het vastrecht worden vermeden.
- › Grotere zekerheid over de woonlasten. Zowel hypotheek als energielasten liggen voor vele jaren vast.
- › Wonen volgens een vernieuwend en toekomstgericht concept.

### **Fasering**

De kosten voor energieneutraal (ver)bouwen kunnen uiteraard worden uitgesmeerd over een langere periode, bijvoorbeeld door eerst de energievraag te beperken en pas daarna maatregelen te nemen voor het opwekken van energie. Wel moet steeds worden gelet op samenhang tussen alle maatregelen, ook als die pas later worden uitgevoerd. Onderdelen van de woning die recent al zijn verbeterd, kunnen tot een later stadium worden uitgesteld. Periodieke onderhoudsmomenten, als er toch al verbouwd wordt in huis, kunnen zeer geschikt zijn om energiebesparende aanpassingen te doen.

### **Financiering**

Woningbezitters die de investering niet direct uit eigen zak kunnen of willen betalen, kunnen bijvoorbeeld gebruik maken van groen-hypotheek, duurzame leningen of persoonlijke leningen met een lagere rente.

Ook zijn er stimuleringsmaatregelen van de rijksoverheid. Kijk op [www.energiesubsidiewijzer.nl](http://www.energiesubsidiewijzer.nl) voor een overzicht. Onder bepaalde condities zijn bovendien lease- of huurkoopconstructies mogelijk, met of zonder inzet van lokale duurzame energiebedrijven of zogenaamde energy service companies (ESCO's). «

# EN NU VERDER

Het is mogelijk dat u serieus overweegt een energieneutrale woning te gaan bewonen, of in elk geval stappen in die richting te nemen. Misschien wilt u gewoon meer weten. De volgende vraag is dan: "hoe nu verder?". Een energieneutrale of zeer energiezuinige woning is een aantrekkelijk doel maar zeker niet eenvoudig te realiseren.

Een veelheid aan factoren bepaalt het succes van uw project en de uiteindelijke woonkwaliteit. Met al deze facetten moet u rekening houden. Denk aan bouwkundige maatregelen, installatietechniek, kwaliteitsborging, samenwerking met andere partijen en ga zo maar door. Hoe energiezuiniger de woning, des te bepalender worden deze facetten en hun onderlinge afstemming.

## Enkele vuistregels kunnen u op weg helpen:

- › Stel uw ambities vast: denk aan aspecten als energiegebruik, comfort, kosten, ecologie, gebruikersgemak en onderhoud.
- › Zoek partners met de benodigde kennis en ervaring die u kunnen helpen om uw ambities te realiseren: denk aan aannemer, installateur, architect en adviseur.
- › Breng het bouwteam al in de ontwerpfase bij elkaar. Zo is essentiële kennis al in een vroeg stadium beschikbaar en vormen ontwerp en uitvoering een samenhangend geheel.
- › Reserveer budget voor een goed ontwerp, voldoende gedetailleerde berekeningen en adequate begeleiding en kwaliteitscontroles tijdens de bouw.
- › Bekijk de website [www.huisvolenergie.nl](http://www.huisvolenergie.nl) voor voorbeeldprojecten, medebouwers, cursussen, leveranciers, produktvergelijking en meer.

## Moet u het nu verder helemaal zelf uitzoeken?

Als u echt aan de slag wilt met energieneutraal wonen, dan heeft u meer informatie nodig. In de bijlage gaan we daarom dieper in op de techniek. We hebben zes cases uitgewerkt: de drie strategieën die we eerder beschreven, elk toegepast op twee veelvoorkomende woningtypes.

| Modern Comfort                             | Natuurhuis                                 | Slim Gedaan                          |
|--|--|--------------------------------------|
| Renovatie jaren '70<br>2-onder-1-kapwoning | Renovatie jaren '60<br>rijtjeswoning       | Renovatie jaren '60<br>rijtjeswoning |
| Nieuwbouw<br>rijtjeswoning                 | Renovatie jaren '70<br>2-onder-1-kapwoning | Nieuwbouw<br>rijtjeswoning           |

Dit is nadrukkelijk geen volledige voorstelling van zaken. De voorbeelden kunnen u helpen inschatten wat uw mogelijkheden zijn en waarmee u rekening moet houden. Ook kunnen ze van pas komen bij overleg tussen woningeigenaar en bouwprofessional. «







# ONDERBOUWING

TECHNIEK EN PRAKTIJK VOOR  
DE BOUWPROFESSIONAL

# WONINGTYPEN

In deze uitgave hebben we u een aantal strategieën laten zien voor de realisatie van een energieneutrale woning, aansluitend bij het hogere doel om de woningkwaliteit te verbeteren. In dit technische katern maken we de stap van strategie naar concrete voorbeelden. We duiken dieper in de techniek en prestaties.

Dit deel van de uitgave is primair bedoeld voor professionals in de bouwsector.

De technische en praktische onderbouwing bevat:

- › Beknopte uitleg van technische oplossingen voor energieneutraal bouwen
- › Toelichting van de uitgangspunten die zijn gebruikt voor de rekenvoorbeelden
- › Zes concrete pakketten maatregelen
- › Beoordeling van gebruiksgemak en robuustheid
- › Aanwijzingen waar op te letten bij ontwerp en uitvoering

De eerder genoemde strategieën (Modern Comfort, Natuurhuis en Slim Gedaan) zijn gekoppeld aan veel voorkomende woningtypen die relatief veel mogelijkheden bieden voor energiebesparing.

## **Twee-onder-een-kapwoning**

Circa 1 op de 8 woningen in Nederland is een twee-onder-een-kapwoning. Door het grotere oppervlak en de grotere buitengevel heeft dit woningtype een hoger energiegebruik dan een rijtjeswoning. Wij gaan uit van een woning uit de jaren '70 met een vloeroppervlak van 130 m<sup>2</sup> (circa 6 x 10 m). Twee-onder-een-kapwoningen hebben meestal een zadeldak, maar ook een lessenaarsdak en plat dak komen voor.

## **Rijtjeswoning**

Ongeveer de helft van alle woningen in Nederland is een rijtjeswoning, en daarvan is bijna driekwart een tussenwoning. Deze woningen hebben door hun kleine buitenoppervlak in vergelijking met hoekwoningen en twee-onder-een-kapwoningen een relatief laag verbruik voor ruimteverwarming. Wij gaan uit van een tussenwoning uit de jaren '60 van 106 m<sup>2</sup> en een nieuwbouw tussenwoning van 120 m<sup>2</sup>. Rijtjeswoningen hebben meestal een zadeldak, maar ook lessenaarsdaken en platte daken komen voor. «



Twee-onder-één-kap woning uit de jaren '70.



Rijtjeswoning uit de jaren '60.

# SIMULATIE

Alle voorbeelden in deze uitgave zijn middels zogenaamde 'dynamische simulatie' doorgerekend om het energiegebruik en het binnenmilieu te bepalen, waarbij is uitgegaan van een gemiddeld gezin. Deze berekeningen zijn uitgevoerd om de eerder in deze uitgave voorgestelde strategieën te kunnen onderbouwen en meer details daarover te kunnen tonen.

Het schema hiernaast toont hoe de berekeningen zijn opgebouwd. Ter illustratie van het nut van dynamische simulatie: vanwege de simulaties hebben wij de precieze samenstelling van onze pakketten met maatregelen een aantal keer moeten verbeteren om onwenselijke uitkomsten (bijvoorbeeld: te weinig koelcapaciteit in de zomer) te voorkomen. Deze twee pagina's leggen uit hoe wij de simulaties hebben uitgevoerd.

## Dynamische simulatie

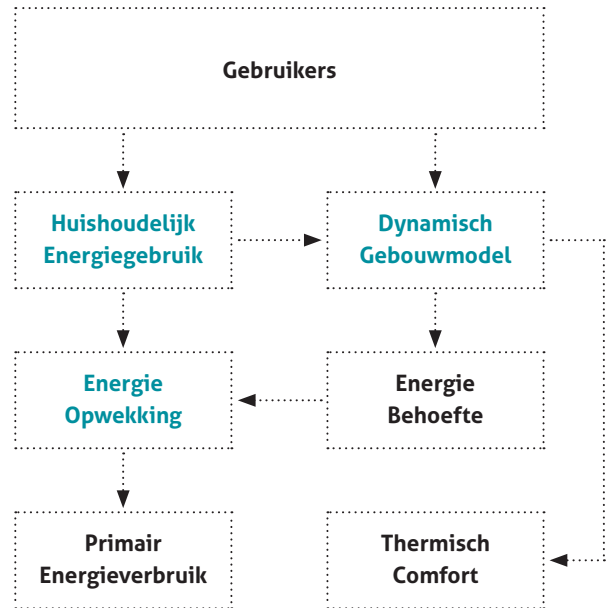
Een gemiddeld gebruik van huishoudelijke apparatuur geldt als input voor het dynamisch gebouwmodel (TRANSYS/TRN-FLOW) en voor de berekening van huishoudelijk energiegebruik, dat op zijn beurt ook input is voor het gebouwmodel (vanwege de relatie met interne warmteproductie).

De interne warmteproductie (door apparaten en gebruikers) varieert in de tijd en is afhankelijk van aan- en afwezigheid van bewoners. Vervolgens wordt de energiebehoefte omgerekend naar primair energiegebruik door toepassing van opwek- en conversierendementen. Behalve de energiebehoefte berekenen we het thermisch comfort. Voor een gedetailleerde analyse van complexe energieopwekking is het raadzaam de installatietechniek ook dynamisch te modelleren.

## Energie

De energetische prestatie van de woning is uitgedrukt in MJ/m<sup>2</sup> primaire energie per jaar, dat wil zeggen uitgedrukt in equivalenten fossiele energie die direct (in de woning) of indirect (in de elektriciteitscentrale) nodig zijn. Het is in de bouw niet gebruikelijk om in deze termen te rekenen. Ze zijn echter accurater dan alternatieven en we hebben hier daarom toch voor gekozen.

Tussenstappen op weg naar 100% besparing zijn ambities van 60% en 80% in MJ/m<sup>2</sup> primaire energie per jaar. Om ervoor te zorgen dat ook de energiebehoefte voldoende laag is



(en er dus ook wordt bespaard en niet alleen meer energie wordt geproduceerd), hanteren we de aanvullende eis dat het verbruik van ruimteverwarming niet meer mag zijn dan 140 MJ/m<sup>2</sup> per jaar. Dit is de maximale warmtevraag voor ruimteverwarming die door de aanwezige installatietechniek zal worden geleverd. Het gehanteerde rendement voor centrale elektriciteitsopwekking is 40,8% 'af gebruiker'.

## Thermisch comfort

Thermisch comfort is uitgedrukt in 'predicted mean vote' (PMV). De PMV staat voor de gemiddelde waardering van een grote groep mensen van het thermisch binnenklimaat in een ruimte. De PMV is een functie van klimaat- en persoonsafhankelijke parameters (zoals kleding en metabolisme). De PMV heeft een schaal van -3 (te koud) tot +3 (te heet). Gesteld mag worden dat een ruimte voor de meeste mensen comfortabel is bij een PMV tussen -0,5 en +0,5. Deze norm blijkt in praktijk vrij streng: kleine variaties in kleding kunnen de norm al doen overschrijden. In deze publicatie is de PMV bepaald voor een koude winterdag (11 januari) en een warme zomerdag (31 juli).

Voor de berekening van de PMV zijn tijdspatronen opgesteld voor kleding (clo, Clothing) en activiteit (met, Metabolisme) van de bewoners. Zo varieert de kleding gedurende het jaar van lichte zomerkleding (0,35 clo) tot warme winterkleding (1,3 clo), Activiteiten variëren van slapen (0,7 met) tot huishoudelijke activiteiten (2 met), waarbij ook rekening is gehouden met verschillen tussen volwassenen en kinderen.



**Gebouwmodel**

Het gebouwmodel van de drie woningtypen is opgezet per vertrek (woonkamer, slaapkamers, hal, zolder, badkamer) zodat gedetailleerd rekening kan worden gehouden met verschillen in gebruik en instellingen. Voor de drie woningen is oriëntatie op het zuiden aangenomen, ideaal voor passieve en actieve zonne-energie.

**Klimaat**

Voor klimaatgegevens zoals buitentemperatuur, zoninstraling en windsnelheden is uitgegaan van het klimaatjaar uit NEN5060 (op basis van meteostation De Bilt). Dit geldt als representatief voor de Nederlandse situatie.

**Interne warmte**

Interne warmteproductie is zeer belangrijk voor de energiebalans van energieneutrale en –zuinige woningen. Er zijn verschillende bronnen van interne warmte: gebruik van (huishoudelijke) apparaten, verlichting en de aanwezigheid van personen. De hoeveelheid interne warmtelast van personen is afhankelijk van het tijds patroon van activiteiten. De interne warmtelast van apparatuur is afhankelijk van de aanwezigheid en activiteiten van personen. Hoe meer mensen actief zijn, hoe meer interne warmtelast door apparatuur.

Er is uitgegaan van een gezin van vier personen. De bijdrage van verlichting is afhankelijk van aanwezigheid, activiteit en zonintensiteit buiten (inschakeling bij <math>< 15 \text{ W/m}^2</math> globale zoninstraling, behalve in de in pandige badkamer waar verlichting aan aanwezigheid is gekoppeld).

Voor de belangrijkste apparaten zijn gebruiksschema's opgesteld met interne warmteproductie. Het totale verbruik komt overeen met het landelijk gemiddelde elektriciteitsgebruik. Er is rekening mee gehouden dat niet alle elektriciteitsgebruik bijdraagt aan opwarming van de woning. Ook de interne warmteproductie van warm water voor gebruik in badkamer en keuken, en van installaties als het ventilatiesysteem, zijn in de berekening meegenomen. Deze bronnen zijn in het model aangepast voor maatregelen om het huishoudelijk energiegebruik terug te dringen. Als gevolg hiervan verandert namelijk de behoefte aan ruimteverwarming (en eventueel -koeling).

**Ventilatie**

Uitgangspunt voor de ventilatie zijn variërende debieten tot 42 liter/seconde, afhankelijk van het metabolisme niveau per vertrek (dus gestuurd op aanwezigheid en activiteitsniveau). Voor warmteterugwinning uit ventilatielucht (bij balansventilatie) is een thermisch rendement van 80% gehanteerd. Door middel van een bypass kan de warmteterugwinning

worden uitgeschakeld als de woning oververhit raakt. Dat wil zeggen als de slaapkamer of woonkamer warmer wordt dan respectievelijk 20° of 22° C (op dit punt start het regelsignaal, lineair oplopend tot 100% bij respectievelijk 22° en 23° C). In dat geval kan ook spuiventilatie worden ingeschakeld via open ramen in de woonkamer (1,5 m<sup>2</sup>), slaapkamers (0,5 m<sup>2</sup>) en op de zolder (0,75 m<sup>2</sup>). Spuiventilatie wordt alleen gebruikt als bewoners thuis en actief zijn. De openingen worden begrensd als functie van de windsnelheid.

Luchtkwaliteit wordt ook meegenomen in de berekeningen, met CO<sub>2</sub> als indicator. Het ventilatiesysteem wordt echter zo gedimensioneerd dat de zogenaamde hygiënische grenswaarde (1200 ppm CO<sub>2</sub>) niet onacceptabel lang (in tijd) en onacceptabel hoog (in concentratie) wordt overschreden. Er wordt altijd voldaan aan een zogenaamde 'lage ventilatie index' van 0,005.

**Thermostaat voor koelen en verwarmen**

De volgende instellingen voor de thermostaat zijn gehanteerd gedurende het stookseizoen:

|                  | Woonkamer | Slaapkamer | Badkamer |
|------------------|-----------|------------|----------|
| <b>Overdag</b>   | 19°C      | 17,5°C     | 20,5°C   |
| <b>'s Avonds</b> | 20°C      | 18°C       | 22°C     |
| <b>'s Nachts</b> | 18°C      | 18°C       | 18°C     |

Voor eventuele (vrije of actieve) koeling wordt gebruik gemaakt van hetzelfde regelsignaal als voor spuiventilatie (zoals hierboven beschreven).

**Zonwering**

Uitgangspunt is externe zonwering. Hiermee wordt zonnearmte het meest effectief buitengehouden. We nemen aan dat de zonwering automatisch wordt bediend zodat oververhitting ook wordt voorkomen als de bewoners niet thuis zijn. De zonwering, met een ZTA van 15%, is toegepast bij de woonkamer en de grote slaapkamer (op het zuiden) en wordt geactiveerd volgens eerdergenoemde definitie van dreigende oververhitting, met als aanvullende eis dat de zoninstraling op de gevel hoger moet zijn dan 100W/m<sup>2</sup>. «

# TECHNIEKEN

**De realisatie van een energieneutrale woning vereist uiteenlopende en op elkaar afgestemde technische maatregelen. De belangrijkste lichten we hieronder kort toe.**

## Isolatie, kierdichting en ventilatie

### Besparing Warmte

Uitgangspunt is een stevige schil om de woning waardoor de behoefte aan ruimteverwarming en -koeling sterk wordt verminderd. Het gaat hierbij om isolatie en kierdichting van gevels (inclusief ramen), vloeren en daken, en om passieve koelmaatregelen als zonwering en spuiventilatie.<sup>1</sup>

Van belang is een adequaat ventilatiesysteem voor het efficiënt afvoeren van verontreiniging bij de bron (bijvoorbeeld keuken, douche en toilet). Via overstroom- en vraaggestuurde toevoorzieningen wordt verse lucht aangevoerd. Dat gebeurt bij voorkeur na uitwisseling van warmte via warmteterugwinning, een warmtepomp of warmtebuffer. Zorg voor voldoende ventilatiecapaciteit (minstens 2x het minimum in het Bouwbesluit) en voor een eenvoudig schoon te houden luchttoevoer.

## Warmteterugwinning uit douchewater

### Besparing Warmte

Circa driekwart van het warm tapwater wordt gebruikt voor douchen. Gebruikt water dat in het afvoerputje verdwijnt, is nog relatief warm. Deze warmte kan met een warmtewisselaar worden teruggewonnen. De warmte kan worden gebruikt voor de voorverwarming van koud water voor het douchen. Op deze manier kan een aanzienlijke reductie van het energiegebruik worden gerealiseerd. Warmtewisselaars zijn er in horizontale en verticale uitvoeringen zodat ze zowel in hoog- als laagbouw kunnen worden toegepast.

## Zonwering en spuiventilatie

### Besparing Koude (zomercomfort)

Zonwering is essentieel voor de realisatie van een energieneutrale woning. Er zijn verschillende opties (binnenzonwering, buitenzonwering, en vaste overstekken bij ramen) en verschillende uitvoeringsvormen voor elke optie. De voorkeur gaat uit naar buitenzonwering met een automatische regeling zodat de zonwering altijd kan worden ingezet bij dreigende oververhitting.

Mocht de woning toch te veel opwarmen, dan moet er extra geventileerd kunnen worden, ook wel 'spuien' genoemd. Spuiventilatie heeft een veel hogere capaciteit dan standaard ventilatie. Soms is de uitvoering heel eenvoudig, bijvoorbeeld ramen die tegen elkaar worden opengezet. Bij dreigende oververhitting moet het mogelijk zijn eventuele voorverwarming van toevoerlucht uit te schakelen (bypass).

## Besparen op huishoudelijk energiegebruik

### Besparing Elektriciteit

In nieuwbouw nemen elektrische apparaten (inclusief hulpenergie voor ventilatie en verwarming) een groot deel van het energiegebruik voor hun rekening. Bovendien komen er alsmat meer huishoudelijke apparaten bij. Besparen op energie voor huishoudelijke apparatuur is dus heel belangrijk. Verschillende maatregelen kunnen worden toegepast:

Hotfill was- en vaatwasmachine (bijvoorbeeld gekoppeld aan de zonneboiler). Dat leidt tot een verschuiving van respectievelijk circa 120 kWh en 100 kWh elektriciteit naar warmte. Een korte leidinglengte tot de warmtebron is cruciaal. Toepassen van centrale of decentrale standby killers waarmee inactieve apparaten worden uitgeschakeld kan een besparing opleveren van circa 200 kWh.

Toepassen van A++ apparatuur (bijvoorbeeld koelkast, vriezer) en energiezuinige verlichting (LED-lampen, spaarlampen, eventueel met intelligente schakeling) kan een besparing opleveren van circa 360 kWh, respectievelijk 390 kWh. Het vervangen van een wasdroger door droogkast of warmtepomp droger kan een besparing opleveren van circa 400 kWh, respectievelijk 250 kWh elektriciteit.

Bewoners bewust maken van de invloed van hun dagelijks handelen op het elektriciteitsgebruik kan een besparing opleveren van zeker 10% op het huishoudelijk energiegebruik.

## Warmtepompen

### Opwekking Warmte/Koude

Warmtepompen maken gebruik van uiteenlopende technieken. Wij gaan uit van individuele elektrische compressiewarmtepompen met een gesloten verticale bodembron. Deze warmtepomp gebruikt elektriciteit om duurzame lage-temperatuur-warmte uit de bodem op te waarden voor toepassing in de woning. Indien de warmtepomp wordt gekoppeld aan een lage temperatuur warmteafgiftesysteem, wordt het rendement geoptimaliseerd. In de zomer kan de bodembron worden gebruikt voor zogenoemde 'vrije koeling'; zo kan in de woning een temperatuur worden gerealiseerd die enkele graden lager is dan de buitentemperatuur.

Voor de warmtepomp, bodembron en het afgiftesysteem zijn verschillende oplossingen verkrijgbaar. Het is essentieel dat de gekozen onderdelen wat betreft ontwerp en uitvoering goed op elkaar zijn afgestemd en dat er voldoende aandacht is voor kierdichting en isolatie. Op die manier sluiten benodigd en geleverd vermogen het beste op elkaar aan.

1. Meer informatie is onder andere te vinden in de uitgave van het Platform Energietransitie Gebouwde Omgeving (<http://energiesprong.nl/wp-content/uploads/2011/05/PeGO-Conceptlijn-Passiefhuis.pdf>)



### **Zonneboiler**

#### **Opwekking Warmte**

Een zonneboiler kan een aanzienlijke bijdrage leveren aan de verwarming van tapwater. Met behulp van goed geplaatste zonnecollectoren (gericht op het zuiden in een helling van 30-40°) kan een opslagvat worden verwarmd voor warm tapwater. Er is keuze uit 'vlakke plaat' en vacuümbuis collectoren. Voor een optimaal rendement moeten collectoroppervlak, opslagvolume en gebruik van warmwater zoveel mogelijk op elkaar aansluiten. Toepassing van zonnecollectoren kan leiden tot een besparing van 40-50% op de resterende vraag naar warm tapwater (na aftrek van de besparing door douche warmteterugwinning)

### **Biomassa ketels**

#### **Opwekking Warmte**

Biomassa ketels kunnen worden gebruikt voor verwarming van de woning en tapwater. De ketels kunnen worden voorzien van een automatisch systeem om brandstof aan te voeren en as af te voeren. Behalve rendement is ook uitstoot – die immers in de directe nabijheid plaatsvindt – een factor om rekening mee te houden. Om het effect van biomassa langdurig aan de betrokken woning te kunnen toerekenen, gaan wij ervan uit dat de biomassa een functionele, juridische en organisatorische verbinding moet hebben met de woning en binnen een straal van 10 km moet liggen. De voornorm NTA 8080/81 geeft aan welke biomassa duurzaam is. Vanwege de beschikbaarheid en kosten van biomassa, blijft het verstandig het energiegebruik zoveel mogelijk te beperken. De energiedichtheid van droge biomassa is met

15 à 18 MJ per kg (droog) circa de helft lager dan aardgas. Bij een jaarproductie van 10 tot 15 ton per hectare (voor hout, respectievelijk miscanthus) is voor het equivalent van 1 m<sup>3</sup> aardgas een grondoppervlak van 1,5 à 2 m<sup>2</sup> nodig. Dat betekent doorgaans dat behalve het eigen perceel extra grond nodig is voor de productie van biomassa.

### **Zonnestroom / PV panelen**

#### **Opwekking Elektriciteit**

Er zijn verschillende soorten PV panelen verkrijgbaar, variërend in prijs en opbrengst per m<sup>2</sup>. Ook wat betreft bouwkundige inpassing en uitstraling valt er te kiezen. De prijs per Wattpiek daalt aanzienlijk door technische ontwikkelingen en de opkomst van nieuwe producenten. Het punt waarop 1 kWh uit een PV paneel net zoveel kost als 1 kWh van het elektriciteitsnet, komt dan ook steeds dichterbij.

Voor optimale prestatie is een goede zonoriëntatie essentieel (tussen zuidoost en zuidwest). Zorg voor een PV opstelling vrij van dakdoorvoeren (rookgas, ventilatie), dakramen en dakkapellen, zodat er voldoende ruimte is en beschaduwing wordt voorkomen. Mogelijk zijn er aanpassingen nodig in de meterkast, zoals aparte groepen (vanaf 600Wp geïnstalleerd vermogen), een opbrengstmeter (als er geen geschikte terugdraaiende meter aanwezig is) en een stroomonderbreker. «

*De volgende 12 bladzijden laten de resultaten zien van de simulaties, inclusief de gedetailleerde pakketten met maatregelen die zijn vastgesteld per strategie en woningtypologie. »*



# MODERN COMFORT

|               | Renovatie jaren '70 2-onder-1-kapwoning (130 m <sup>2</sup> )  | Nieuwbouw rijtjeswoning (120 m <sup>2</sup> )  |
|---------------|--|--|
| 60% besparing | <p>Buitenisolatie met Rc 6,<br/>Kierdichting: qv10 is 0,3 dm<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>,<br/>Decentrale balansventilatie met CO<sub>2</sub> vraagsturing,<br/>Optimaal geregelde zonwering.</p> <p>Warmtepomp met bodembron,<br/>Vrije koeling met bodemkoude,<br/>Douche warmteterugwinning,<br/>27 m<sup>2</sup> amorf PV panelen met 50 kWh/m<sup>2</sup> jaaropbrengst.</p> <p>Inductiekoken,</p> | <p>Buitenisolatie met Rc 6,<br/>Kierdichting: qv10 is 0,3 dm<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>,<br/>Centrale balansventilatie met CO<sub>2</sub> vraagsturing,<br/>Optimaal geregelde zonwering.</p> <p>Warmtepomp met bodembron, Vrije koeling met bodemkoude, Douche warmteterugwinning,<br/>6 m<sup>2</sup> vacuüm buis zonnecollector plus 300 l opslagvat, 34 m<sup>2</sup> amorf PV panelen met 50 kWh/m<sup>2</sup> jaaropbrengst.</p> <p>Inductiekoken, 100% LED verlichting, 50% meer lichtpunten voor visueel comfort, Stand-by killers.</p> |
| 80%           | <p>Extra t.o.v. 60%:<br/>6 m<sup>2</sup> vacuüm buis zonnecollector plus 300 l opslagvat,<br/>100% LED verlichting,<br/>Hot fill wasmachine en vaatwasser,<br/>Warmtepompdroger,<br/>Stand-by killers,<br/>A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen).</p>  | <p>Geen logische tussenstap tussen 60% en 100%</p>   |
| 100%          | <p>Extra t.o.v. 80%:<br/>In totaal 27 m<sup>2</sup> kristallijn PV panelen met 120 kWh/m<sup>2</sup> jaaropbrengst in plaats van amorf PV.</p>   | <p>Extra t.o.v. 60%:<br/>In totaal 34 m<sup>2</sup> kristallijn PV panelen met 120 kWh/m<sup>2</sup> jaaropbrengst in plaats van amorf PV.</p>   |

## Isolatie

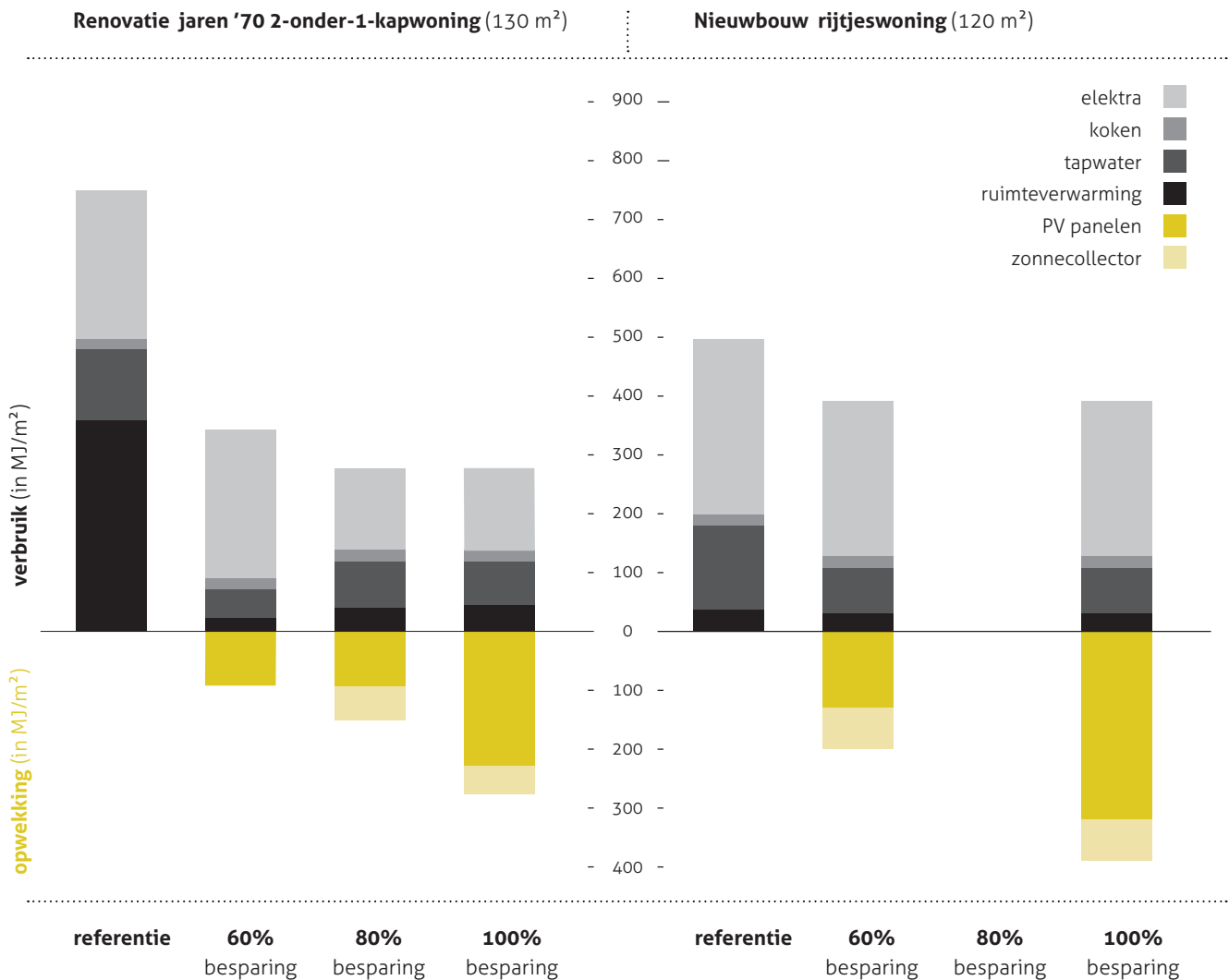
De bestaande 2-onder-1-kap woning wordt nageïsoleerd aan de buitenzijde met isolatie om een Rc-waarde te verkrijgen van 6, dezelfde isolatiewaarde als de nieuwbouwwoning. De ramen worden voorzien van HR++ glas en isolerende kozijnen (kunststof of houten passiefkozijnen). In de nieuwbouwwoning is ook temperatuurzonering gebruikt. In nieuwbouwwoningen is dit te realiseren zonder verlies van verdiepingshoogte, wanneer de tussenvloeren worden geïsoleerd.

## Verwarming

In de woning wordt een elektrische compressiewarmtepomp gebruikt met een COP van 4 voor het verwarmen van de ruimte en een COP van 2,5 voor het verwarmen van tapwater. Dit levert een hoog comfortgehalte op. Er wordt gebruik gemaakt van een verticale bodembron (gesloten bodemwarmtewisselaars). Deze bodembron wordt, indien nodig, ook gebruikt voor vrije koeling in de zomer. In een renovatiesituatie kan een bodembron lastiger te realiseren zijn. Een warmtepomp met buitenlucht als bron kan dan als optie worden bekeken. Ook maakt de strategie gebruik van zonnewarmte door middel van een zonnecollector met een 300 liter groot opslagvat.

|                 | Maatregel      | Renovatie | Nieuwbouw |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|
| <b>Wanden</b>   | (na-) isolatie | Rc 6      | Rc 6      |
| <b>Vloeren</b>  | (na-) isolatie | Rc 6      | Rc 6      |
| <b>Daken</b>    | (na-) isolatie | Rc 6      | Rc 6      |
| <b>Kozijnen</b> | Geïsoleerd     | U 1,7     | U 1,7     |
| <b>Glas</b>     | HR++ glas      | U 1,1     | U 1,1     |

Dit wordt primair gebruikt voor het warme kraanwater maar kan ook de ruimteverwarming ondersteunen. Een douche-WTW zorgt dat zelfs bij een klein warmteleverend vermogen er toch veel warm water beschikbaar is, wat ook het comfort verhoogt.



## Ventilatie

In de strategie wordt gebruik gemaakt van warmteterugwinning uit ventilatielucht, als onderdeel van het ventilatiesysteem. Uitgangspunt is een thermisch rendement van 80%. Wanneer er geen warmtebehoefte is wordt de warmteterugwinning door middel van een klep uitgeschakeld.

## Zonnepanelen

Het dak wordt uitgerust met zonnepanelen, en deze zonne-energie wordt direct ingezet om het hogere elektraverbruik van de modern comfort levensstijl te compenseren. Om uiteindelijk energieneutraal uit te kunnen komen worden PV-panelen gebruikt met een hoge opbrengst van 120 kWh/m². Uitgangspunt bij de plaatsing is dat er geen beschaduwing is van schoorstenen of bomen. Het dakraam ligt aan de noordzijde. Het is verstandig ook de doorvoeren dusdanig uit te voeren dat deze aan de noordzijde liggen. Dit om beschaduwing te voorkomen en omdat doorvoeren in combinatie met zonnepanelen lastig zijn te detailleren.

## Zonwering, spuien en vrije bodemkoeling

De woning is uitgerust met zonwering en spuivoorzieningen. Uitgangspunt is dat de zonwering op zomere dagen wordt ingeschakeld voordat het echt warm wordt. Door middel van vrije koeling (met koude uit de bodembron) wordt topkoeling geleverd en wordt de bodembron geregenereerd. Gedurende de zomernacht, als de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, wordt de gebouwmassa van de woning met spuiventilatie gekoeld. Het is belangrijk dat deze voorzieningen inbraakwerend zijn. Bovendien is het verstandig de voorzieningen dusdanig uit te voeren dat er geen ongedierte en regen binnen kan komen.

## Verlichting

Uitgangspunt is dat in alle lichtpunten een LED-lamp wordt gebruikt. LED-verlichting verbruikt erg weinig vermogen per lumen, en goede kwaliteit LED verlichting is inmiddels niet moeilijk te vinden, maar aandacht voor de lichtkwaliteit blijft belangrijk. De huidige generatie spaarlampen zijn energetisch bezien weliswaar een alternatief, maar verspreiden bij breken het zeer giftige kwik in de thuisomgeving. In deze strategie zijn 50% meer lichtpunten toegepast vanwege lichtcomfort.

# MODERN COMFORT | SIMULATIE 2-ONDER-1-KAPWONING 1970-1979

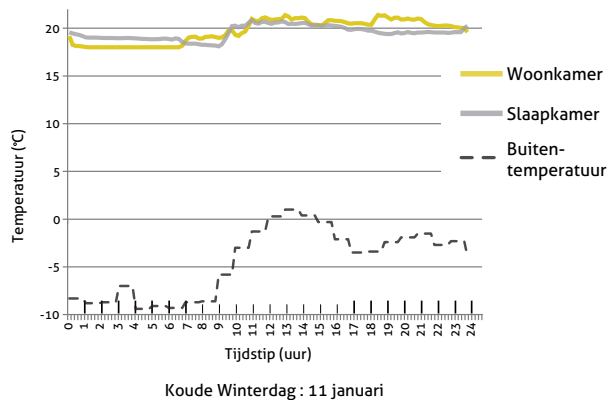
Bij bestaande bouw kan met deze strategie 65% energie worden bespaard, vooral door te besparen op ruimteverwarming, toepassing van douche warmteterugwinning en 27 m<sup>2</sup> aan amorfe PV panelen - met een jaaropbrengst van 50 kWh/m<sup>2</sup>. Voor de 80%-strategie zijn extra besparing op huishoudelijk energiegebruik en het gebruik van een grote zonnecollector noodzakelijk. Voor energieneutraliteit worden de amorfe PV panelen vervangen door kristallijn PV met een jaaropbrengst van 120 kWh/m<sup>2</sup>. Voor een optimaal comfort wordt er 's zomers gekoeld door vrije koeling met de bodembron. De bijdrage van de koeling met bodemkoude is 12 MJ/m<sup>2</sup>.

## Totale bijdrage duurzame energie

Voor energieneutraliteit worden verschillende duurzame bronnen gebruikt: zonnestroom, zonnewarmte en bodemwarmte (en -koude). Voor 60% reductie is het voldoende de amorfe PV panelen als duurzame energiebron in te zetten.

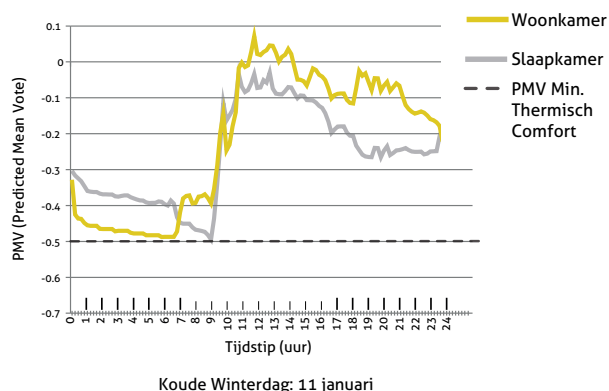
## Comfort

De luchttemperaturen op een koude winterdag in de woonkamer en de slaapkamer bij de renovatiewoning zijn als volgt:



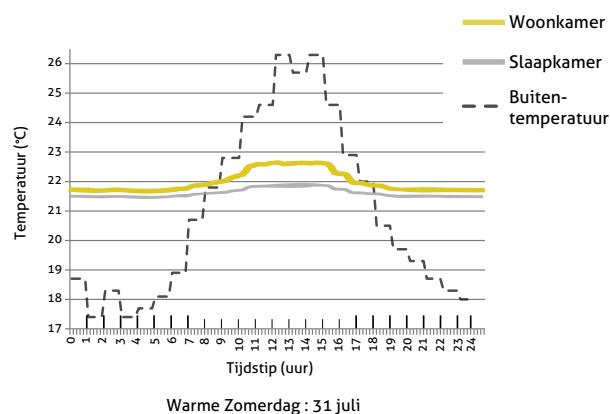
De luchttemperatuur in de woonkamer zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) bij de renovatiewoning op een koude winterdag is als volgt:



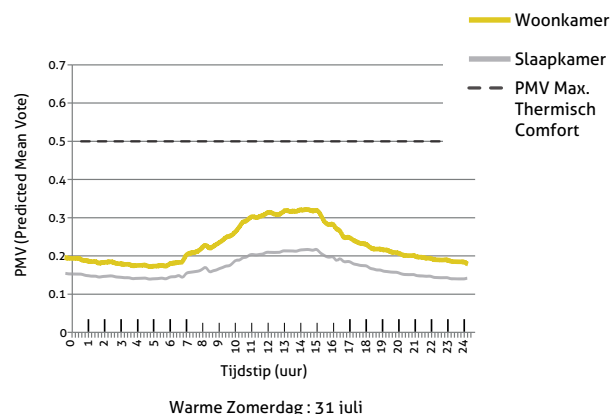
De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

De temperatuurverdeling in de woonkamer en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Door de vrije koeling wordt de temperatuur op een aangename waarde gehouden. De stijging van de temperatuur in de middag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de hogere buitentemperatuur.

De PMV verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Op een warme zomerdag blijft de PMV binnen de comfortgrenzen van ±0,5. De lichte verhoging van de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de hogere buitentemperatuur.

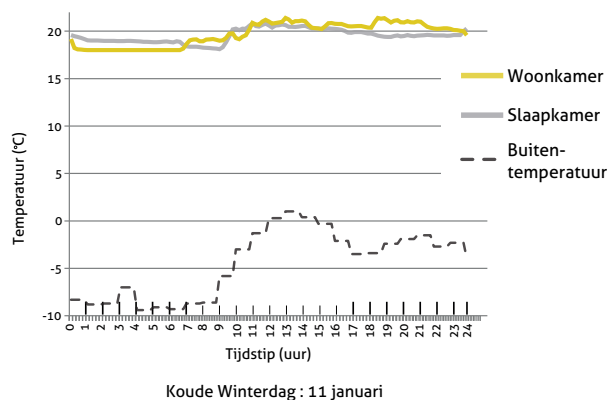
Bij nieuwbouw moet met deze strategie de energiebesparing van 60% gehaald worden - naast besparing op ruimteverwarming – door een flinke inzet van duurzame energie. Dat is nodig doordat de referentie bij nieuwbouw aanzienlijk lager is dan bij bestaande bouw en 60% besparen dus veel moeilijker is. De duurzame energie komt van 34 m<sup>2</sup> aan amorfe PV panelen (jaaropbrengst 50 kWh/m<sup>2</sup>) en een grote zonnecollector van 6 m<sup>2</sup>. Voor energieneutraliteit worden de amorfe PV panelen vervangen door kristallijne PV panelen met een jaaropbrengst van 120 kWh/m<sup>2</sup>. Doordat de 60% strategie en energieneutraliteit enkel verschillen in de opbrengst van de PV panelen, is er geen logische tussenstap tussen beiden. De 80% tussenstap is dan ook achterwege gelaten.

### Totale bijdrage duurzame energie

In alle reductiestappen worden verschillende duurzame bronnen gebruikt: zonnestroom, zonnewarmte en bodemwarmte (en –koude).

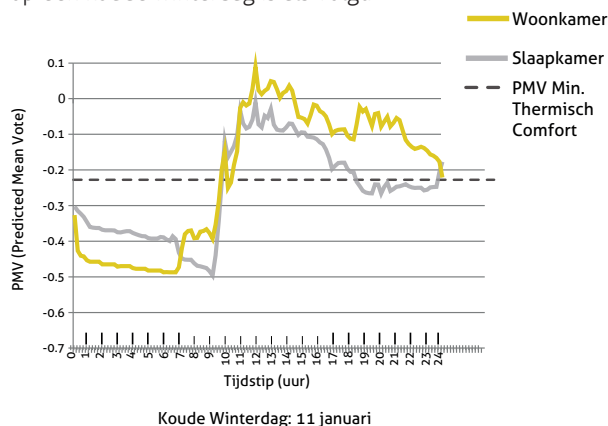
### Comfort

De luchttemperaturen op een koude winterdag in de woonkamer en de slaapkamer bij de nieuwbouw woning zijn als volgt:



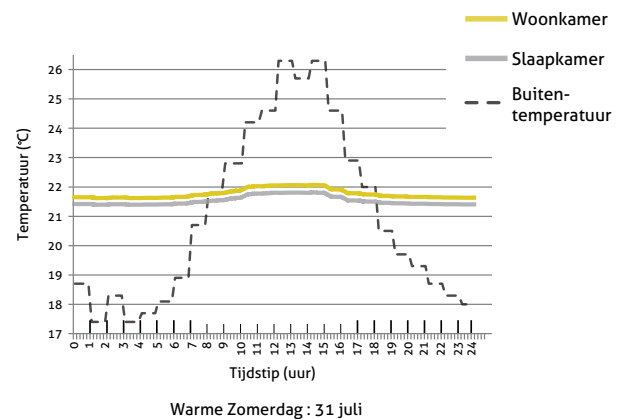
De luchttemperatuur in de woonkamer zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) op een koude winterdag is als volgt:



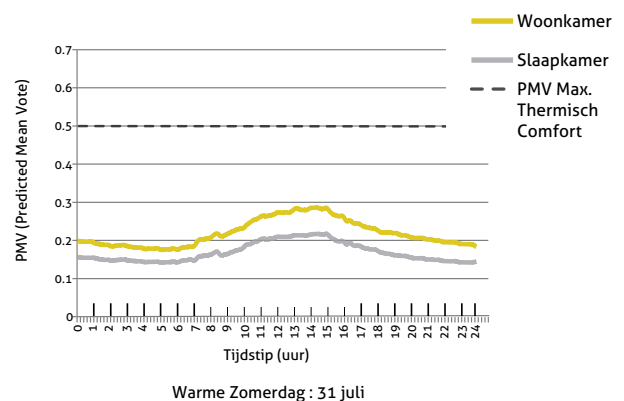
De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

De luchttemperatuurverdeling in de woon en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Net als bij de half vrijstaande woning wordt de binnentemperatuur op een aangename waarde gehouden door vrije koeling met bodemkoude. De stijging van de temperatuur in de middag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de hogere buitentemperatuur.

De PMV verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Op een warme zomerdag blijft de PMV binnen de comfortgrenzen van ±0,5. De lichte verhoging van de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de hogere buitentemperatuur. <

# NATUURHUIS

|               | Renovatie jaren '70 2-onder-1-kapwoning (130 m <sup>2</sup> )  | Renovatie jaren '60 rijtjeswoning (106 m <sup>2</sup> )  |
|---------------|--|--|
| 60% besparing | <p>Buitenisolatie met Rc 8,<br/>Luiken 's nachts voor de ramen,<br/>Natuurlijke ventilatie, Kierdichting: qv10 0,3 dm<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>,<br/>Optimaal geregelde zonwering,<br/>Droogkast ipv wasdroger,<br/>Gebruik kelder indien aanwezig als koele ruimte,<br/>Bodemhuis ter voorverwarming lucht 's winters en koeling 's zomers.</p> <p>Houtpellet gestookte HR-ketel voor CV plus tapwater,<br/>Douche warmteterugwinning,<br/>3 m<sup>2</sup> zonnecollector plus 150 l opslagvat.</p> <p>Inductiekoken,<br/>100% LED verlichting,<br/>Welbewust gebruik van elektra (bespaart 200 kWh/a).</p> | <p>Buitenisolatie met Rc 7 (gevel) en Rc 8 (dak en vloer),<br/>Luiken 's nachts voor de ramen,<br/>Natuurlijke ventilatie, Kierdichting: qv10 0,3 dm<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>,<br/>Optimaal geregelde zonwering,<br/>Droogkast ipv wasdroger,<br/>Gebruik kelder indien aanwezig als koele ruimte,<br/>Uitbreiding met onverwarmde serre die als extra isolatielaag dient (geen gebruiksoppervlak).</p> <p>Houtpellet gestookte HR-ketel voor CV plus tapwater,<br/>Douche warmteterugwinning,<br/>3 m<sup>2</sup> zonnecollector plus 150 l opslagvat.</p> <p>Inductiekoken,<br/>100% LED verlichting,<br/>Welbewust gebruik van elektra (bespaart 200 kWh/a).</p> |
| 80%           | <p>Extra t.o.v. 60%:<br/>Hot fill wasmachine en vaatwasser,<br/>Standby killers,<br/>A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen).</p>  | <p>Extra t.o.v. 60%:<br/>Hot fill wasmachine en vaatwasser,<br/>Standby killers,<br/>A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen).</p>  |
| 100%          | <p>Extra t.o.v. 80%:<br/>17 m<sup>2</sup> zonnepanelen met 120 kWh/m<sup>2</sup> jaaropbrengst (15 m<sup>2</sup> PV als vaatwasser weggaat).</p>   | <p>Extra t.o.v. 80%:<br/>17 m<sup>2</sup> zonnepanelen met 120 kWh/m<sup>2</sup> jaaropbrengst (15 m<sup>2</sup> PV als vaatwasser weggaat).</p>   |

## Isolatie

In deze strategie wordt gestreefd naar maximale vraagreductie. De twee woningen worden geïsoleerd naar Rc 8 aan de buitenzijde om een zo groot mogelijke besparing teweeg te brengen. Het is onwenselijk om in stappen te isoleren, aangezien dat veel dubbele kosten met zich meebrengt. Dit zorgt ervoor dat in de maatregelen voor 60% besparing al veel meer besparing wordt gerealiseerd (> 70%). De ramen worden voorzien van HR++ glas en isolerende kozijnen (houten passiefkozijnen of kunststof). Luiken voor de ramen kunnen op koude nachten worden gesloten om de isolatiewaarde van het huis verder te verhogen.

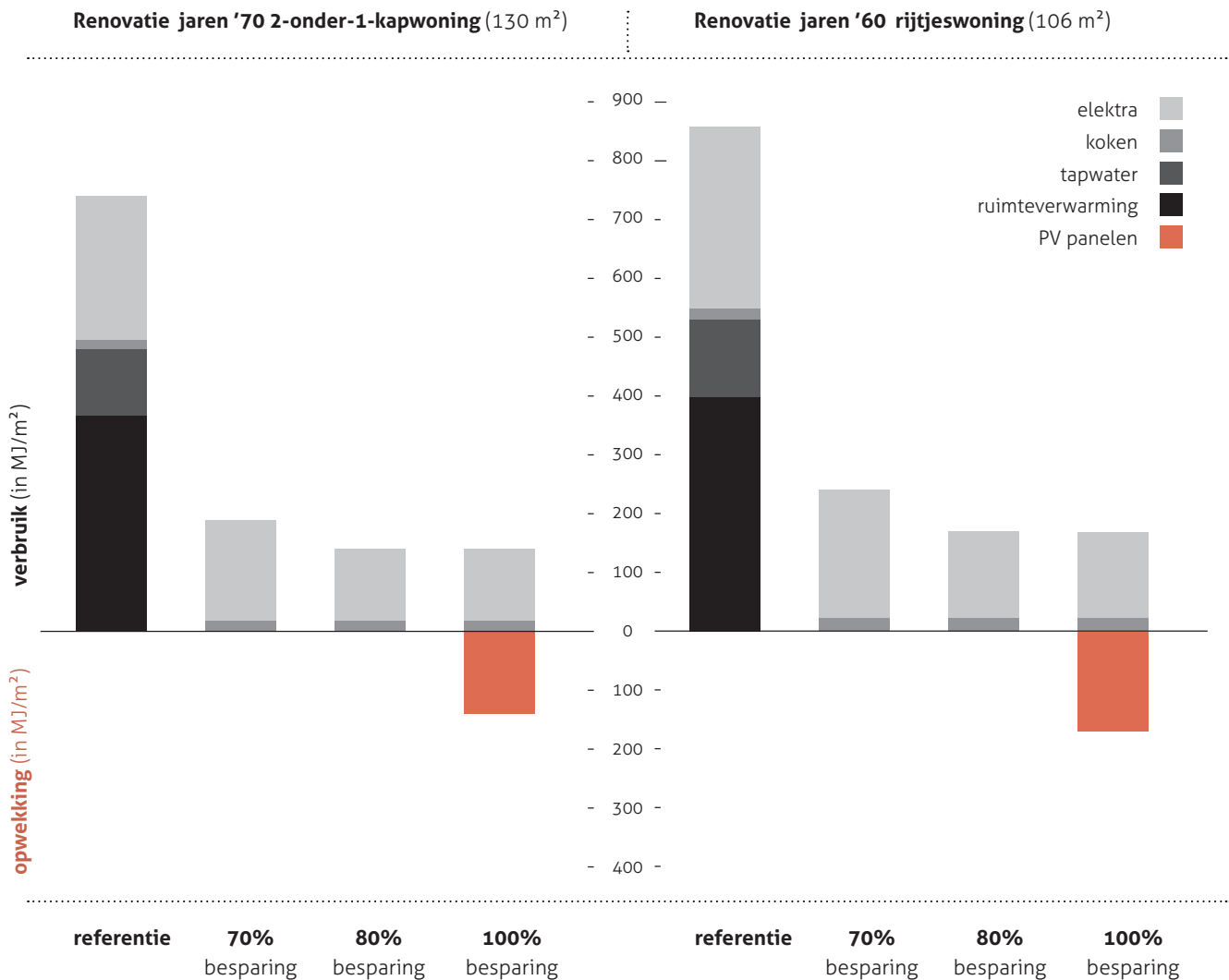
## Verwarming

In de woning wordt een biomassigestookte HR-ketel gebruikt voor het verwarmen van de ruimte en het tapwater. De biomassa komt uit het gebied binnen een straal van 10 km rond de woning. Om niet onevenredig veel biomassa te verstoken is de warmtevraag van beide typen woningen door de hoge isolatiegraad minder dan 100 MJ/m<sup>2</sup>, aanzienlijk lager dan de

|                 | Maatregel      | 2-onder-1      | Rijtjeswoning  |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Wanden</b>   | (na-) isolatie | Rc 8           | Rc 7           |
| <b>Vloeren</b>  | (na-) isolatie | Rc 8           | Rc 8           |
| <b>Daken</b>    | (na-) isolatie | Rc 8           | Rc 8           |
| <b>Kozijnen</b> | Geïsoleerd     | U 1,7          | U 1,7          |
| <b>Glas</b>     | HR++ glas      | U 1,1, Rc 2,5* | U 1,1, Rc 2,5* |

\* Luiken voor de ramen

maximaal toegestane waarde van 140 MJ/m<sup>2</sup>. In dit voorbeeld is de warmtevraag verder teruggedrongen dan vereist omdat biomassa niet onbeperkt beschikbaar is. Bovendien is het logischer eerst aan vraagreductie te doen. De aanschafkosten van een biomassaketel zijn hoger dan van een gewone ketel en bedragen ongeveer € 3000 tot € 5000, exclusief montage.



Deze hoogrendementsketels maken gebruik van pellets, geperste korrels hout. Om te voorkomen dat de kachel in de zomer aanslaat voor enkel warm tapwater is de zonnecollector reeds in de 60% stap toegevoegd.

### Ventilatie

In de woning wordt de ventilatielucht voor de begane grond voorverwarmd (in de winter) of voorgekoeld (in de zomer) met behulp van de bodem, bijvoorbeeld door aanzuiging via een bodembuis. Verder wordt er gebruik gemaakt van ventilatie met natuurlijke toevoer. Door de goede luchtdichtheid is de woning geschikt voor toekomstige natuurlijke ventilatiesystemen met warmteterugwinning.

### Zonnepanelen

Het dak wordt uitgerust met zonnepanelen. Om uiteindelijk energieneutraal uit te kunnen komen wordt een PV-paneel gebruikt met een hoge opbrengst van 120 kWh/m<sup>2</sup>. Uitgangspunt bij de plaatsing is dat er geen beschaduwing is van schoorstenen of bomen. Het dakraam ligt aan de noordzijde. Het is verstandig ook de doorvoeren dusdanig uit te voeren dat deze aan de noordzijde liggen. Dit om beschaduwing te

voorkomen en omdat doorvoeren in combinatie met zonnepanelen lastig zijn te detailleren.

### Zonwering, spuien

De woning is uitgerust met zonwering en spuivoorzieningen. Uitgangspunt is dat de zonwering op zomere dagen wordt ingeschakeld voordat het echt warm wordt. Gedurende de zomernacht, als de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, wordt de gebouwmassa van de woning met spuiventilatie gekoeld. Het is belangrijk dat deze voorzieningen inbraakwerend zijn. Bovendien is het verstandig de voorzieningen dusdanig uit te voeren dat er geen ongedierte en regen binnen kan komen.

### Verlichting

Uitgangspunt is dat in alle lichtpunten een LED-lamp wordt gebruikt. LED-verlichting verbruikt erg weinig vermogen per lumen, en goede kwaliteit LED verlichting is inmiddels niet moeilijk te vinden, maar aandacht voor de lichtkwaliteit blijft belangrijk. De huidige generatie spaarlampen zijn energetisch bezien weliswaar een alternatief, maar verspreiden bij breken het zeer giftige kwik in de thuisomgeving.

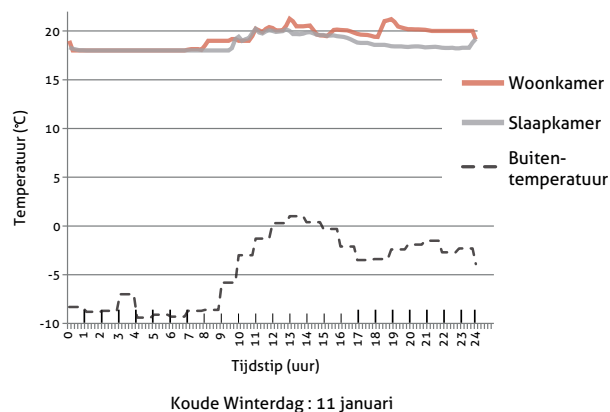
In de woning wordt ruim 70% primaire energie bespaard door onder meer de inzet van biomassa in de vorm van houtpellets. Aangenomen is dat de biomassa volledig duurzaam is waardoor ruimteverwarming en warm tapwater reduceren naar 0 MJ primair energiegebruik. Om evengoed zo weinig mogelijk houtpellets te gebruiken is de warmtevraag van de woning teruggebracht naar 80 MJ/m<sup>2</sup> en worden douche warmteterugwinning en een zonnecollector ingezet. Alle lichtpunten zijn met LED verlichting uitgevoerd. Voor 80 procent besparing wordt het huishoudelijk energiegebruik verder teruggebracht en voor energieneutraliteit worden zonnepanelen ingezet om het resterende huishoudelijk verbruik te compenseren.

## Totale bijdrage duurzame energie

Voor energieneutraliteit worden biomassa, zonnecollectoren en zonnepanelen gebruikt. Met enkel de inzet van biomassa als duurzame energiebron wordt het energiegebruik al met 64% gereduceerd.

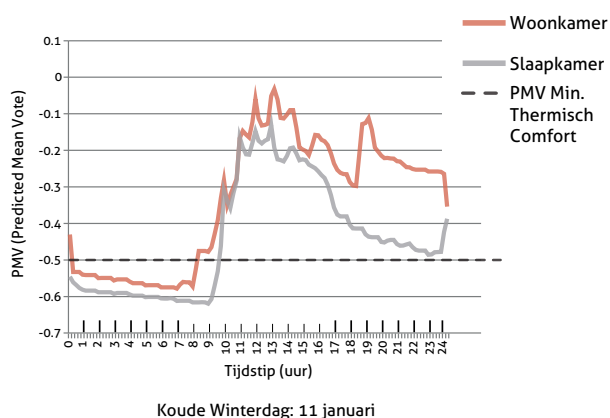
## Comfort

De luchttemperaturen op een koude winterdag bij de half vrijstaande woning zijn als volgt:



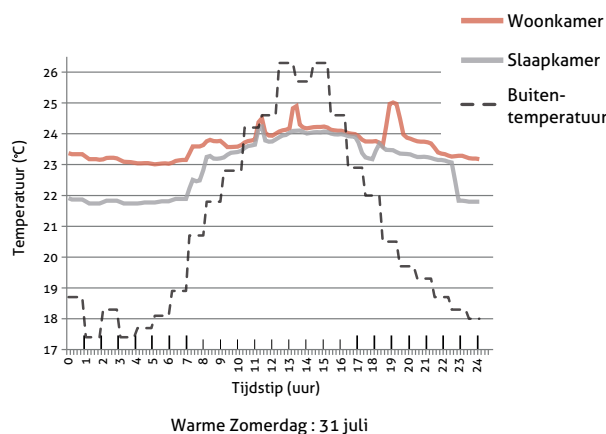
De luchttemperatuur zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) in de renovatiewoning op een koude winterdag is als volgt:



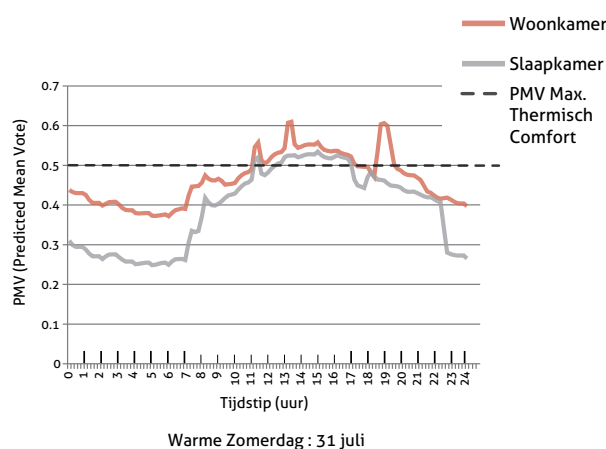
De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

De temperatuurverdeling op een zomerdag zijn als volgt:



Het verloop gedurende de dag is vooral ten gevolge van de zonninstraling en de veranderende buitentemperatuur.

De PMV-verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Op een warme zomerdag wordt de PMV van +0,5 licht overschreden. De passieve koeling komt door de hoge buitentemperatuur niet meer van spuien, maar voornamelijk van zonwering. De kleine fluctuaties in de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zonninstraling en de veranderende buitentemperatuur, waardoor de binnentemperatuur niet constant blijft.

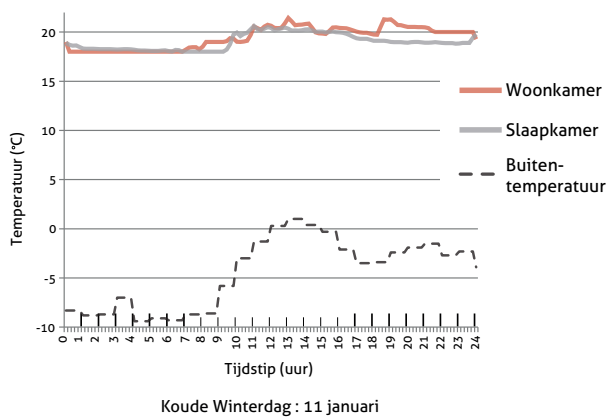
Net als in de half vrijstaande woning wordt ruim 70% primaire energie bespaard door onder meer de inzet van biomassa in de vorm van houtpellets. Aangenomen is dat de biomassa volledig duurzaam is waardoor ruimteverwarming en warm tapwater reduceren naar 0 MJ primair energiegebruik. Om evengoed zo weinig mogelijk houtpellets te gebruiken is de warmtevraag van de woning teruggebracht naar 100 MJ/m<sup>2</sup> en worden douche warmteterugwinning en een zonnecollector ingezet. Alle lichtpunten zijn met LED verlichting uitgevoerd. Voor 80 procent besparing wordt het huishoudelijk energiegebruik verder teruggebracht en voor energieneutraliteit worden zonnepanelen ingezet om het resterende huishoudelijk verbruik te compenseren.

**Totale bijdrage duurzame energie**

Voor energieneutraliteit worden biomassa, zonnecollectoren en zonnepanelen gebruikt. Met enkel de inzet van biomassa als duurzame energiebron wordt het energiegebruik al met 62% gereduceerd.

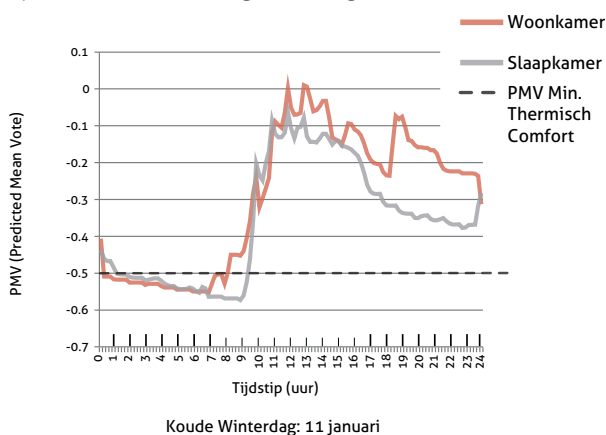
**Comfort**

De luchttemperaturen op een koude winterdag in de woonkamer en de slaapkamer bij de renovatiewoning zijn als volgt:



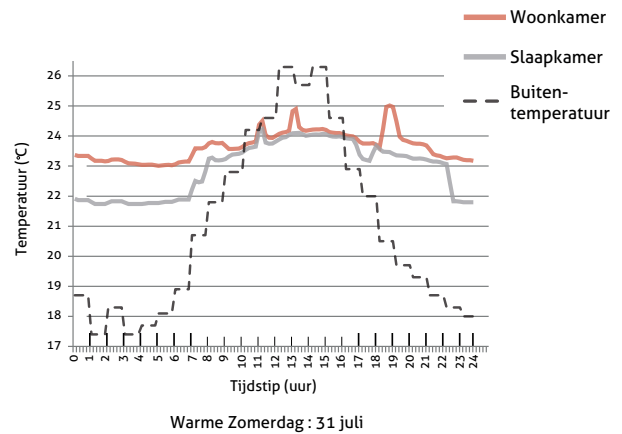
De luchttemperatuur zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) op een koude winterdag is als volgt:



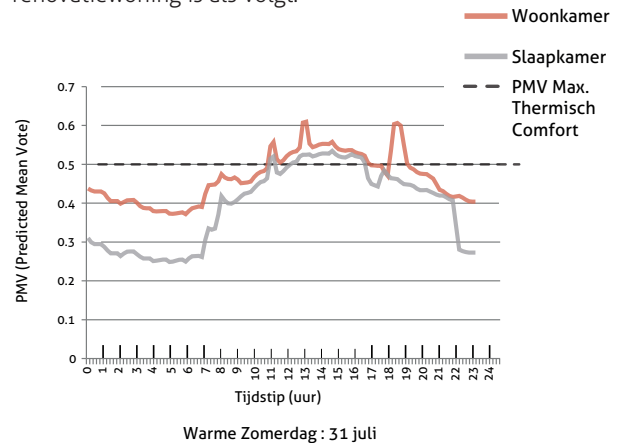
De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

De temperatuurverdeling in de woon- en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Het verloop gedurende de dag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur. De piek in de avond komt vooral door de vrijkomende warmte van het koken en de aanwezigheid van vier personen.

De PMV-verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Op een warme zomerdag wordt de PMV van +0,5 licht overschreden. De passieve koeling komt door de hoge buitentemperatuur niet meer van spuien, maar voornamelijk van zonwering. De kleine fluctuaties in de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur, waardoor de binnentemperatuur niet constant blijft. «



# SLIM GEDAAN

|               | Renovatie jaren '60 rijtjeswoning (106 m <sup>2</sup> )  | Nieuwbouw rijtjeswoning (120 m <sup>2</sup> )  |
|---------------|--|--|
| 60% besparing | Buitenisolatie met Rc 4 (dichte gevel) - Rc 6 (dak en vloer),<br>Kierdichting: qv10 van 0,3 dm <sup>3</sup> /s.m <sup>2</sup> ,<br>Optimaal geregelde zonwering.   | Buitenisolatie met Rc 6 (door beperkt verliesoppervlak van rijtjeswoning is verschil Rc8 en Rc6 gering),<br>Kierdichting: qv10 van 0,3 dm <sup>3</sup> /s.m <sup>2</sup> ,<br>Optimaal geregelde zonwering.  |
|               | HR-ketel, Decentrale balansventilatie met warmteterugwinning, Douche WTW, 8 m <sup>2</sup> zonnepanelen met 120 kWh/m <sup>2</sup> jaaropbrengst.  | HR-ketel, Centrale balansventilatie met warmteterugwinning, Douche WTW, 20 m <sup>2</sup> zonnepanelen met 120 kWh/m <sup>2</sup> jaaropbrengst.   |
|               | Koken op gas,<br>100% LED lampen,<br>Standby killers.  | Koken op gas,<br>100% LED lampen,<br>Standby killers.  |
| 80%           | Extra t.o.v. 60%:<br>In totaal 25 m <sup>2</sup> zonnepanelen met 120 kWh/m <sup>2</sup> jaaropbrengst.  | Extra t.o.v. 60%:<br>In totaal 32 m <sup>2</sup> zonnepanelen met 120 kWh/m <sup>2</sup> jaaropbrengst.  |
| 100%          | Extra t.o.v. 80%:<br>3 m <sup>2</sup> zonnecollector plus 150 l opslagvat, Hot fill wasmachine en vaatwasser, gasdroger, Stopcontacten schakelen 's nachts uit, A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen), Totaal 33 m <sup>2</sup> zonnepanelen met 120 kWh/m <sup>2</sup> a jaaropbrengst. | Extra t.o.v. 80%:<br>3 m <sup>2</sup> zonnecollector plus 150 l opslagvat, hot fill wasmachine en vaatwasser, gasdroger, Stopcontacten schakelen 's nachts uit, A++ label huishoudelijke apparatuur (koelen en vriezen), Totaal 32 m <sup>2</sup> Zonnepanelen met 120 kWh/m <sup>2</sup> a jaaropbrengst. |

## Isolatie

De gevel van de bestaande rijtjeswoning wordt nageïsoleerd aan de buitenzijde om een Rc-waarde te verkrijgen van 4. De nieuwbouwwoning heeft een Rc van 6 voor gevels, vloer en dak. De ramen worden voorzien van HR++ glas en isolerende kozijnen. Let op, indien wordt gekozen voor binnenisolatie in plaats van buitenisolatie kunnen er vocht en schimmelproblemen ontstaan. Bespreek dit eerst met een expert om te bekijken of binnenisolatie mogelijk is.

|                 | Maatregel      | Renovatie | Nieuwbouw |
|-----------------|----------------|-----------|-----------|
| <b>Wanden</b>   | (na-) isolatie | Rc 4      | Rc 6      |
| <b>Vloeren</b>  | (na-) isolatie | Rc 6      | Rc 6      |
| <b>Daken</b>    | (na-) isolatie | Rc 6      | Rc 6      |
| <b>Kozijnen</b> | Geïsoleerd     | U 1,7     | U 1,7     |
| <b>Glas</b>     | HR++ glas      | U 1,1     | U 1,1     |

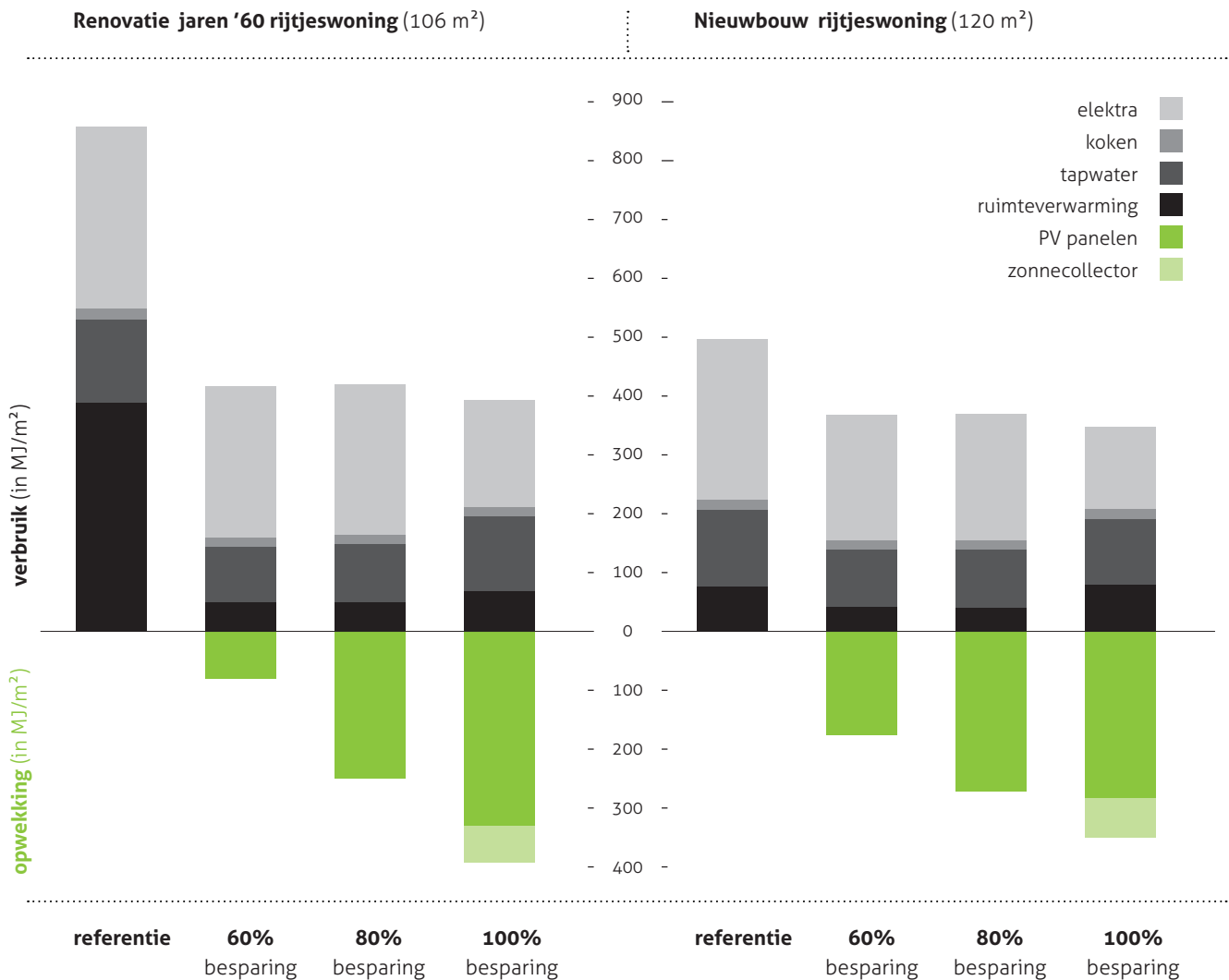
## Verwarming

In de woning wordt een HR-ketel gebruikt met een rendement van 90% (bovenwaarde) voor het verwarmen van de ruimte en 65% voor het verwarmen van tapwater. Omdat er al een gasinfrastructuur aanwezig is, wordt er ook op gas gekookt. Omdat de woning daardoor nog steeds gebruik maakt van fossiele brandstof die niet uit de buurt van de woning komt en in praktijk niet weer aan te vullen is, kan deze strategie volgens de definitie van AgentschapNL niet het predicaat 'energieneutraal' dragen. Om dat wel te krijgen kan in plaats van de HR-ketel bijvoorbeeld een biovergistingsinstallatie - op wijkniveau - worden toegepast, of één van de technieken uit de andere twee strategieën.

Voor de 100% strategie wordt gebruik gemaakt van een gasdroger. Dit verhoogt het interne gasgebruik. Dit wordt energetisch gecompenseerd met een zonnecollector, maar ook dit is niet echt energieneutraal, aangezien het gas zelf niet wordt vervangen.

## Warmteterugwinning

In de woning wordt gebruik gemaakt van warmteterugwinning uit ventilatielucht, als onderdeel van het ventilatiesysteem. Het ventilatiesysteem in de gerenoveerde jaren '60 woning is



decentraal: enkele units die in afzonderlijke kamers hangen en relatief eenvoudig zelf geïnstalleerd kunnen worden. Uitgangspunt is een thermisch rendement van 80%. Wanneer er geen warmtebehoefte is wordt de warmteterugwinning door middel van een klep afgesloten.

### Zonnepanelen

Het dak wordt uitgerust met zonnepanelen, die stapsgewijs kunnen worden uitgebreid. Om uiteindelijk energieneutraal uit te kunnen komen wordt een PV-paneel gebruikt met een hoge opbrengst van 120 kWh/m². Uitgangspunt bij de plaatsing is dat er geen beschaduwing is van schoorstenen of bomen. Het dakraam ligt aan de noordzijde. Het is verstandig ook de doorvoeren dusdanig uit te voeren dat deze aan de noordzijde liggen. Dit om beschaduwing te voorkomen en omdat doorvoeren in combinatie met zonnepanelen lastig zijn te detailleren. De nieuwbouw woning wordt voorzien van een zuidgericht lessenaarsdak zodat er veel ruimte is voor opwekking van zonnestroom en zonnewarmte.

### Zonwering, spuien

De woning is uitgerust met zonwering en spuivoorzieningen. Uitgangspunt is dat de zonwering op zomerse dagen

wordt ingeschakeld voordat het echt warm wordt. Gedurende de zomernacht, als de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, wordt de gebouwmassa van de woning met spuiventilatie gekoeld. Het is belangrijk dat deze voorzieningen inbraakwerend zijn. Bovendien is het verstandig de voorzieningen dusdanig uit te voeren dat er geen ongedierte en regen binnen kan komen.

### Verlichting

Uitgangspunt is dat bij renovatie op alle lichtpunten een LED-lamp wordt gebruikt. LED-verlichting verbruikt erg weinig vermogen per lumen, en goede kwaliteit LED verlichting is inmiddels niet moeilijk te vinden, maar aandacht voor de lichtkwaliteit blijft belangrijk. De huidige generatie spaarlampen zijn energetisch bezien weliswaar een alternatief, maar verspreiden bij breken het zeer giftige kwik in de thuisomgeving.

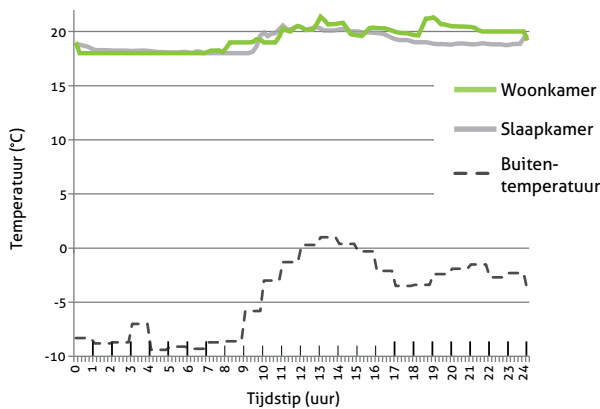
In deze jaren '60 rijtjeswoning wordt met deze maatregelen 60% primaire energie bespaard. Het grootste deel daarvan komt uit besparing op ruimteverwarming, douchewarmterugwinning, gebruik van LED-lampen in alle lichtpunten en opwekking van zonnestroom. Voor het 80%-concept is het uitbreiden van zonnepanelen noodzakelijk. Voor energieneutraliteit worden nog meer zonnepanelen toegepast, een zonnecollector en een aantal maatregelen om het huishoudelijk energiegebruik te reduceren (zoals gasdroger en hotfill apparatuur).

## Totale bijdrage duurzame energie

Voor energieneutraliteit worden verschillende duurzame bronnen gebruikt: zonnewarmte maar vooral veel zonnestroom. Voor 60% reductie worden alleen PV panelen ingezet. Koeling van de woning gebeurt met passieve maatregelen zoals spuiventilatie en zonwering.

## Comfort

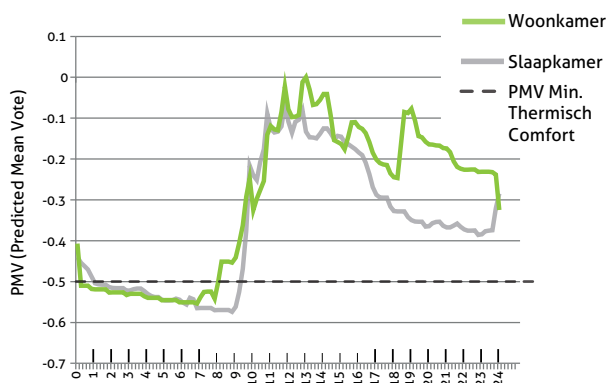
De luchttemperaturen op een koude winterdag in de woonkamer en slaapkamer zijn als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De luchttemperatuur zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Aangezien zowel de slaapkamer als de woonkamer een zuidorientatie hebben neemt de temperatuur gedurende de dag toe.

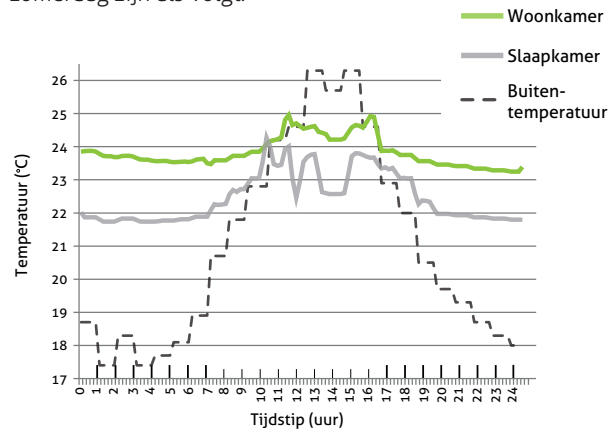
Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) op een koude winterdag is als volgt:



Koude Winterdag : 11 januari

De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

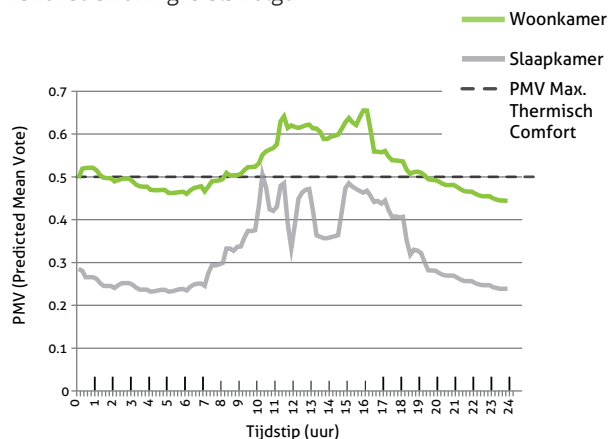
De temperatuurverdeling in de woon en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Het verloop gedurende de dag is vooral ten gevolge van de zonninstraling en de veranderende buitentemperatuur.

De PMV-verdeling op een warme zomerdag bij de renovatiewoning is als volgt:



Warme Zomerdag : 31 juli

Op een warme zomerdag wordt de PMV van +0,5 licht overschreden. De passieve koeling komt door de hoge buitentemperatuur niet meer van spuien, maar voornamelijk van zonwering. De kleine fluctuaties in de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zonninstraling en de veranderende buitentemperatuur, waardoor de binnentemperatuur niet constant blijft.

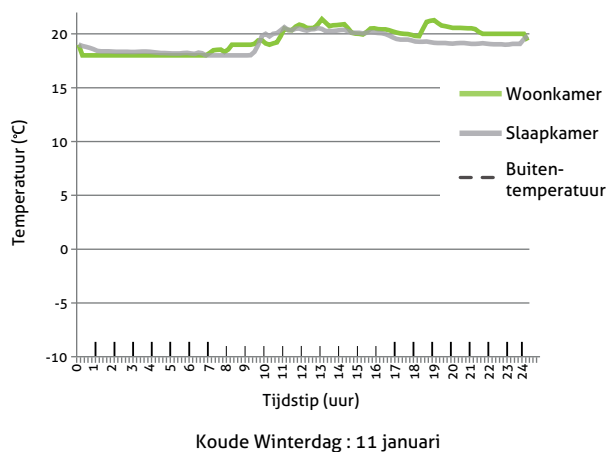
**Bij nieuwbouw moet voor een energiebesparing van 60% meer duurzame energie worden ingezet dan bij de jaren '60 woning. Dat komt doordat de referentie bij nieuwbouw voor ruimteverwarming aanzienlijk lager is. Voor het 80%-concept is het gebruik van extra zonnepanelen noodzakelijk. Voor energieneutraliteit wordt de bijdrage van zonnepanelen nog verder vergroot en wordt het huishoudelijk energieverbruik gereduceerd door het gebruik van gasdroger en hotfill apparatuur.**

## Totale bijdrage duurzame energie

Voor de verschillende reductiestappen worden verschillende duurzame bronnen gebruikt: zonnewarmte, maar vooral zonnestroom. Koeling van de woning gebeurt met passieve maatregelen zoals spuiventilatie en zonwering. De koelbehoefte is iets groter dan bij het renovatieconcept.

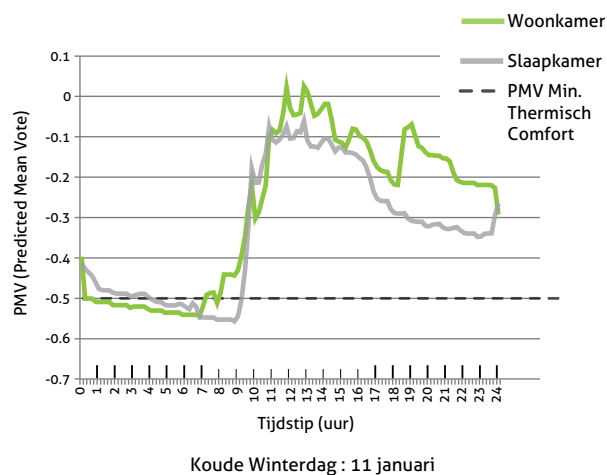
## Comfort

De luchttemperaturen op een koude winterdag bij de nieuwbouwwoning zijn als volgt:



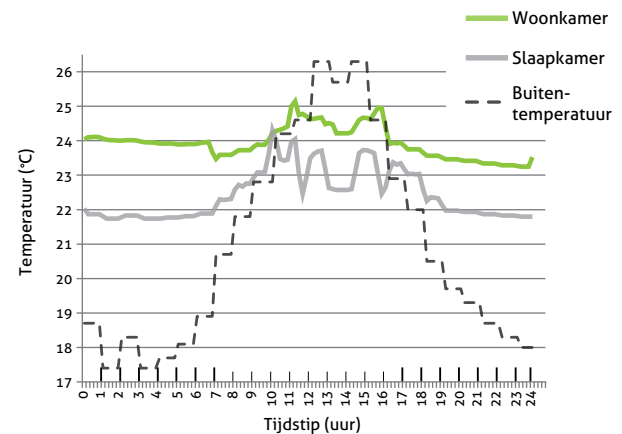
De luchttemperatuur zakt 's nachts bij het uitschakelen van de verwarming ca. 2 graden. Door de zuidorientatie loopt de temperatuur gedurende de dag iets op.

Het verloop van de PMV (indicator voor thermisch comfort) op een koude winterdag bij de nieuwbouwwoning is als volgt:



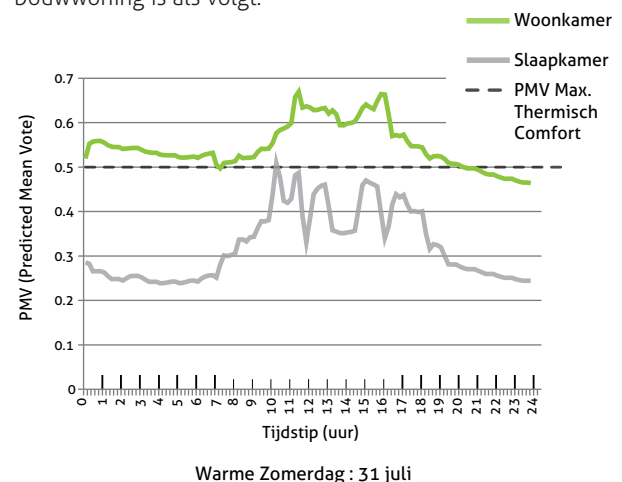
De relatief lage waarde 's nachts in de woonkamer doet er niet veel toe omdat er dan niemand aanwezig is. Tegelijkertijd lijkt het wat koud in de slaapkamer. Omdat mensen onder een dekbed slapen is dit in de praktijk niet erg.

De temperatuurverdeling in de woonkamer en slaapkamer op een zomerdag zijn als volgt:



Het verloop gedurende de dag is vooral ten gevolge van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur.

De PMV-verdeling op een warme zomerdag bij de nieuwbouwwoning is als volgt:



Op een warme zomerdag wordt de PMV van +0,5 licht overschreden. De passieve koeling komt door de hoge buitentemperatuur niet meer van spuien, maar voornamelijk van zonwering. De kleine fluctuaties in de PMV gedurende de dag zijn met name het gevolg van de zoninstraling en de veranderende buitentemperatuur, waardoor de binnentemperatuur niet constant blijft. «

# IN DE PRAKTIJK

**Een pakket van maatregelen kan heel secuur zijn samengesteld en doorgerekend. Echter, als men vergeet rekening te houden met het gedrag van de eigenaar, met toekomstige aanpasbaarheid van de woning of met klimaatverandering, dan is de kans groot dat de woning in praktijk toch minder goed zal presteren dan beoogd.**

## Gebruiksvriendelijkheid

Gebruiksvriendelijkheid is een belangrijk thema. Bewoners zijn geneigd om zich in de nieuwe situatie net zo te gedragen als ze gewend waren in de oude. Een bekend voorbeeld is dat bewoners moeten wennen aan vloerverwarming, omdat dit systeem trager reageert dan gewone hoge temperatuur radiatoren. Ook bediening en onderhoud van ventilatiesystemen is wennen voor veel mensen.

Voorlichting helpt. Maar de meest effectieve oplossing is dat correct gebruik van de installaties zo simpel en robuust is dat er geen voorlichting nodig is. Kies bijvoorbeeld een snelreagerend afgiftesysteem en een ventilatiesysteem dat zelf aangeeft wanneer het tijd is om de filter te vervangen.



## Robuustheid

Nadat energiebeperkende maatregelen zijn genomen, zijn huishoudelijke apparaten verantwoordelijk voor het grootste deel van het resterende energiegebruik. Op de tweede plek staat het verwarmen van tapwater, gevolgd door het verwarmen van de woning. Deze volgorde geeft ook aan welke veranderingen de meeste invloed hebben op de prestaties van de woning.

Het is belangrijk bij het ontwerp van de woning deze gevoeligheden te analyseren. Kan de installatie de woning verwarmen als iemand de woning een "graadje warmer dan gemiddeld" wil hebben of als bij de bouw toch niet alle kieren en koudebruggen optimaal zijn afgewerkt? Wat is het effect van het regelmatig luchten (met open ramen) van de slaapkamers, en hoe kan daarmee rekening worden gehouden? Wat gebeurt er met het zomercomfort als een gezin extra huishoudelijke apparatuur gaat aanschaffen? Wat gebeurt er als de volgende bewoner een extra dakraam plaatst of de onverwarmde serre omtovert tot een verwarmd verlengstuk van de woonkamer?

Neem waar mogelijk maatregelen die het woningontwerp robuuster maken. Let er bijvoorbeeld bij het ontwerp van de woning en de installaties op dat meer luchten van de slaapkamers niet automatisch leidt tot een veel hogere energierekening.

## Klimaatverandering

Volgens de klimaatscenario's van het KNMI komen er meer zachte winters en warme zomers. Als de gemiddelde buitentemperatuur stijgt, zal de warmtebehoefte afnemen. Het aantal dagen per jaar dat zeer goed geïsoleerde woningen verwarmd moeten worden, wordt daarmee nog lager. De verlaging van het energiegebruik is echter gering omdat ruimteverwarming slechts een klein deel uitmaakt van het totale verbruik.

Bij een verdere daling van de warmtevraag verschuift de aandacht steeds meer van opwekendement naar het afgiftesysteem en hulpenergie. Afgiftesystemen kunnen het gevraagde vermogen bij zeer lage afgiftetemperaturen leveren maar het wordt steeds belangrijker dat deze systemen snel kunnen reageren (op de actuele warmtebehoefte). Ook moet de benodigde hulpenergie (voor pompen, ventilatoren en regeltechniek) in redelijke verhouding staan tot de warmtebehoefte.

Meer warme zomers betekent ook meer aandacht voor zomercomfort. Goede isolatie en zonwering helpen om warmte buiten te houden, maar ook het belang van efficiënte afvoer van warmte (verkoeling) zal toenemen. Verkoeling kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd met spuiventilatie of vrije koeling met koude uit de bodem, waarbij hulpenergie (ventilatoren, pompen) ook weer een aandachtspunt is. Op deze manier kunnen de sterk energievragende airconditioningsystemen worden vermeden. «



# TIPS

## Doen

- ✔ > Gebruik gevalideerde rekentools voor berekening van de verwachte bouwprestatie. Maak altijd een bouwfysische analyse van de maatregelen en baseer hierop de ontwerpkeuzes. Check bijvoorbeeld op risico's van condensatie, op koudebruggen en op luchtlekken bij aansluitdetails.
- > Neem de installatie vanaf het begin mee in het ontwerpproces. Stem de installatie goed af met de ruimtelijke indeling en de bouwschil.
- > Kies voor voldoende vloerisolatie. Minimaal Rc 5. Volgens de passiefhuis-eisen (voor grenswaarde voor ruimteverwarming) heeft de dichte gevel en het dak een Rc van minimaal circa 8.
- > Controleer de woning tijdig op de vereiste luchtdichtheid en koudebruggen. Doe dit indien mogelijk nog vóór de afbouwfase.
- > Bespreek het gebruik van de voorzieningen met de bewoner. Doe dit niet bij de oplevering, want dan komt er al zoveel informatie op de bewoner af. Creëer een apart moment.
- > Zorg bij de inzet van biomassa voor duurzaam geproduceerde brandstof (zie NTA 8080/81).
- > Zorg bij biomassa voor een kachel met acceptabele emissies en een voldoende hoog rendement.
- > Zorg bij de inzet van een warmtepomp voor een ervaren installateur. Let erop dat de installateur op de hoogte is van de geldende richtlijnen voor warmtepomp, bronsysteem en afgiftesysteem.
- > Benut waar mogelijk bronnen van duurzame warmte of restwarmte. Deze kunnen worden gebruikt voor voorverwarming van toevoerlucht in het ventilatiesysteem.
- > Laat de isolatie door een goed opgeleide vakman doen.

## Niet doen

- ✘ > Beperk de analyse van de verwachte bouwprestatie niet tot de verplichte (EPC) berekening. Dit is geen ontwerptool.
- > Na-isoleren van een bestaande woning is moeilijker te realiseren dan isolatie van een nieuwe woning. Reken dus niet op vergelijkbare energie verbruiken (bij Passiefhuizen is bijvoorbeeld de ruimteverwarmingseis voor nieuwbouw: 15 kWh/m<sup>2</sup> jr, terwijl die bij renovatie 25 kWh/m<sup>2</sup> jr is).
- > Wijk tijdens de uitvoering niet af van weloverwogen ontwerpbeslissingen. Mocht dat toch nodig zijn, reken dan de gevolgen goed door.
- > Verlaag de ambitie op vraagreductie (isolatie, ventilatie, kierdichting) niet. Ook niet als er duurzame of goedkope warmte voor de woning beschikbaar is. Er is in Nederland te weinig duurzame en goedkope warmte beschikbaar om alle woningen van energie te voorzien.
- > Pas geen maatregelen toe die toekomstige reductie van energiegebruik in de weg staan. Belemmeringen kunnen zowel technisch als financieel zijn. Bijvoorbeeld: als de muur wordt opengebroken om isolatie toe te passen, besef dan dat die muur niet zomaar opnieuw opengemaakt zal gaan worden.
- > Zet hotfill (vaat)wasmachines niet te ver bij warmtebron of opslagvat vandaan. Dit leidt tot leidingverliezen die de potentiële energiebesparing teniet kunnen doen.
- > Maak serres niet tot een verlengstuk van de woonkamer. Verwarming van de serre leidt tot extra warmteverlies omdat deze (meestal) minder goed zijn geïsoleerd. Bovendien is een serre, mits onverwarmd, een energiebuffer tussen woonkamer en buiten waarmee zonnewarmte kan worden geoogst.

# WERELDWIJD

**Dit blad is slechts een voorgerecht. Er is veel kennis en expertise op vele plekken in Nederland en zeker ook daarbuiten. In Duitsland en Vlaanderen heeft men momenteel al meer ervaring met zeer energiezuinig bouwen dan in Nederland. U heeft daar een grotere kans om ervaren woningeigenaren en bouwprofessionals tegen te komen. Maar ook in Nederland is het in opkomst.**

Deze uitgave is samengesteld in opdracht van het programma Energiesprong. In dat kader lopen medio 2011 twee deelprogramma's voor steun aan energie-neutrale of zeer energiezuinige woningbouw. Bekijk *Lokaal alle lichten op groen* en *Trajectregeling energiesprong woningbouw* op [www.energiesprong.nl](http://www.energiesprong.nl) voor meer informatie. Deze programma's zullen naar verwachting worden voortgezet in 2012 en 2013.

Vanaf 2012 is op de website [www.huisvolenergie.nl](http://www.huisvolenergie.nl) veel informatie te vinden. Daar vinden koplopers elkaar en wisselen ze kennis met elkaar uit.

## Handige links

Elders is ook kennis verzameld en ervaring opgedaan waarvan u gebruik kunt maken.

- › Voorbeeldprojecten van het programma Energiesprong:  
[www.naarenergieneutraal.nl](http://www.naarenergieneutraal.nl)
- › AgentschapNL, Team Energieneutraal Bouwen, met onder meer een infoblad "Energieneutraal bouwen, hoe doe je dat?", een infoblad "Financiering Energieneutraal Bouwen" en een database met voorbeeldprojecten:  
[www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energieneutraal-bouwen](http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energieneutraal-bouwen)
- › Boek *Passiefhuizen in Nederland*:  
te bestellen via: [www.aeneas.nl](http://www.aeneas.nl)
- › Rapport *Innovatie in Energie* van AgentschapNL, over een aantal recente innovatieve energietechnieken voor woningen:  
[www.agentschapnl.nl/content/innovatie-energie](http://www.agentschapnl.nl/content/innovatie-energie)
- › Meer met Minder, met veel praktische tips en links naar aanbieders:  
[www.meermetminder.nl](http://www.meermetminder.nl)
- › Vereniging Eigen Huis, over energie:  
[www.eigenhuis.nl/energie](http://www.eigenhuis.nl/energie)



# COLOFON

Opdrachtgever:

**SEV EnergieSprong**

[www.sev.nl](http://www.sev.nl)

[www.energiesprong.nl](http://www.energiesprong.nl)

Ivo Opstelten

Machiel Bakx

*Met dank aan:*

Jasper van den Munckhof

Claudia Laumans

Uitvoering:

**Except Integrated Sustainability**

[www.except.nl](http://www.except.nl)

*Projectteam*

Marten Witkamp

Gerard Vink

Jacob Verhaart

Tom Bosschaert

**TNO**

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

*Projectteam*

Frans Koene

Ernst-Jan Bakker

Wouter Borsboom

Hans Phaff

*Met ondersteuning van:*

Piero Medici

Giancarlo Mangione

Jasper van de Kerkhof (*Conciso Communicatie*)

Stephanie Bartscht

Eva Gladek

September 2011

## Beeldverantwoording:

|        |                                      |  |
|--------|--------------------------------------|--|
| Omslag | Bessancourt, Frankrijk               | Karawitz Architects (foto Herve Abbadie) |
| 7      | Goodson House, Virginia, VS          | Ryan Somma                               |
| 9      | Terrastegels                         | Tom Bosschaert                           |
| 10-11  | Sleephellingstraat, Rotterdam        | Villanova Architecten                    |
| 12     | Sleephellingstraat, Rotterdam        | Villanova Architecten                    |
| 12     | Sleephellingstraat, Rotterdam        | Piero Medici                             |
| 13     | Sleephellingstraat, Rotterdam        | Piero Medici                             |
| 16-17  | De Kroeven, Roosendaal               | Frank Hanswijk (voor SEV)                |
| 18     | De Kroeven, Roosendaal               | Piero Medici                             |
| 18     | De Kroeven, Roosendaal               | Frank Hanswijk (voor SEV)                |
| 19     | De Kroeven, Roosendaal               | Piero Medici                             |
| 22-23  | Bessancourt, Frankrijk               | Karawitz Architects (foto Herve Abbadie) |
| 23     | Three Trees, California, VS          | Jeremy Levine                            |
| 23     | Bedieningspaneel                     | Gerard Vink                              |
| 23     | Wonen in een kas                     | InnovatieNetwerk                         |
| 25     | Sleephellingstraat, Rotterdam        | Piero Medici                             |
| 25     | Sleephellingstraat, Rotterdam        | Villanova Architecten                    |
| 25     | Douche warmteterugwinning            | Technea                                  |
| 25     | De Kroeven, Roosendaal               | Frank Hanswijk (voor SEV)                |
| 26-27  | Woonkamer                            | Paul Prescott                            |
| 26     | Keuken                               | Jeremy Levine Design                     |
| 26     | Woonkamer                            | Jeremy Levine Design                     |
| 27     | Morgenthau Residence, California, VS | Jeremy Levine                            |
| 27     | Groen dak                            | Ryan Somma                               |
| 28     | Sleephellingstraat, Rotterdam        | Piero Medici                             |
| 28     | Keuken                               | Nosha                                    |
| 28     | Oude Keuken                          | The Kitchen Designer                     |
| 28     | Kachel door Atelier van Asseldonk    | FaceMePLS                                |
| 28     | Isolatiemateriaal                    | National Trust                           |
| 30-31  | Open woning door Kay Fisker          | Seier+Seier                              |
| 31     | Plantmuur                            | Hayal Oezkan                             |
| 31     | Boekenkast                           | RadioactiveRice8                         |
| 31     | Wasbak                               | Jeremy Levine Design                     |
| 32     | Keuken                               | Katielips                                |
| 33     | Douche warmteterugwinning            | Technea                                  |
| 33     | Three Trees, California, VS          | Jeremy Levine                            |
| 33     | Daglichtsysteem                      | Techcomlight Solatube                    |
| 33     | Slaapkamer                           | Baloncici                                |
| 38-39  | Twee-onder-één-kap woning            | Tom Bosschaert                           |
| 40     | Twee-onder-één-kap woning            | Tom Bosschaert                           |
| 40     | Rijtjeswoning                        | Tom Bosschaert                           |
| 42     | Red Box, California, VS              | Jeremy Levine                            |
| 49     | Bouwwakkers                          | Mark Nedzbala                            |
| 58     | Gescheiden afvalcontainers           | Tom Bosschaert                           |
| 59     | Rijtjeswoning                        | Tom Bosschaert                           |

