

### 3 Energiebewust ontwerpen

Energiebewust ontwerpen is gericht op een comfortabel en gezond binnenklimaat met een zo laag mogelijk energieverbruik. Om dit te bereiken is een optimale afstemming nodig van het ruimtelijk ontwerp met de bouw- en installatietechniek. Die afstemming wordt des te belangrijker bij de realisatie van energiezuinige woningen die voldoen aan de BENG-eisen.

In dit hoofdstuk staan energiezuinige woningconcepten centraal. De begrippen energieneutraal en nul-op-de-meter zijn in het kort beschreven. Verder wordt er verwezen naar handige sites met o.a. gerealiseerde voorbeeldprojecten. Ook is een checklist opgenomen als hulpmiddel bij het ontwerpen van energiezuinige woningen.

Al vroeg in het ontwerpproces worden keuzes gemaakt die effect hebben op de energie-efficiëntie van de woning. Het programma van eisen moet daarom al energie-eisen bevatten. Deze kunnen aansluiten bij de wettelijke eisen of kunnen scherper zijn door strengere BENG-eisen (paragraaf 2.3.1) na te streven. Dat is afhankelijk van de ambitie voor het betreffende project (paragraaf 3.1). Ook kunnen er energiebesparende maatregelen genomen worden die (nog) niet gewaardeerd worden in de NTA 8800 (zie paragraaf 2.3.1 - 'Niet in EPC opgenomen').

Woningen kunnen op verschillende manieren aan de energie-eisen en energie-ambities voldoen (zie paragraaf 3.2). Ter ondersteuning van het ontwerpproces is een 'checklist energiebewust ontwerpen' opgenomen die een overzicht biedt van de meest relevante onderwerpen per bouwfase (paragraaf 3.3). Aan het begin van de hoofdstukken 3 t/m 10 is de checklist verder uitgewerkt voor specifieke zaken uit de betreffende hoofdstukken.

In paragraaf 3.4 is voor een aantal maatregelen het effect op de energieprestatie-indicatoren gegeven en laten een aantal voorbeeldpakketten zien hoe verschillende BENG-niveaus bereikt kunnen worden.

#### **Deelchecklist Energiebewust ontwerpen: inleiding en PvE**

##### **Initiatief / haalbaarheid / projectdefinitie**

- Ga bij het opstellen van energie-ambities voor een project altijd na of er voor de betreffende locatie specifieke energie-afspraken gelden (paragraaf 3.1). Het kan gaan om bijvoorbeeld een bepaalde energie-infrastructuur, maar ook om extra 'eisen' bovenop het Bouwbesluit (bijv. via convenant).
- Laat voor een plangebied (zoals een woon/werk wijk) een Energievisie opstellen (paragraaf 3.1). Zo kan optimaal gebruik gemaakt worden van de mogelijkheden van een locatie met betrekking tot energiebesparing, energie-infrastructuur en duurzame energie;
- Maak ter inspiratie bij het samenstellen van het PvE gebruik van energie-concepten en energiepakketten (paragraaf 3.4). In de Database Energiezuinig Gebouwd op [www.rvo.nl](http://www.rvo.nl) zijn tal van (zeer) energiezuinige voorbeeldprojecten opgenomen.
- Stel een helder PvE (Programma van Eisen) (paragraaf 3.1, 3.2) op, zodanig dat de eisen tussentijds, gedurende het ontwerp- en bouwproces, en bij oplevering te toetsen zijn. Spreek ook af wie toetst en reserveer daarvoor tijd (in planning en financiën).

##### Structuurontwerp / Voorontwerp

- --

##### Definitief Ontwerp / Technisch ontwerp

- --

##### Uitvoering / Gebruik / Exploitatie

- --

In paragraaf 3.3 staat de checklist op hoofdlijnen

### 3.1 Ambitie en programma van eisen

#### Ambitie

Ga bij het opstellen van energie-ambities voor een project altijd na of er voor de betreffende locatie specifieke energie-afspraken gelden die zijn gemaakt tussen betrokken partijen zoals de gemeente, corporatie, ontwikkelaar of particuliere opdrachtgever. Het kan gaan om afspraken over bijvoorbeeld:

- Strengere energieprestatie-eisen dan het Bouwbesluit vraagt;
- Welke energienetten aangelegd gaan worden; zo kan het verplicht zijn om aan te sluiten op een collectief warmtenet;
- Of om extra inzet van duurzame energie.

Er zijn allerlei mogelijke vormen van afspraken gangbaar zoals een convenant, een projectovereenkomst, een grondcontract of een exploitatieovereenkomst.

In veel gevallen zal voordat zo'n afspraak gemaakt wordt, eerst een Energievisie worden opgesteld. Zo'n Energievisie geeft voor die specifieke locatie de technische en economische mogelijkheden aan voor een optimale energie-infrastructuur. En dit op basis van de 'Drie-Stappen-Strategie'. Als de betrokken partijen de Energievisie onderschrijven en ondertekenen, dan kan deze als contractstuk dienen bij de verdere ontwikkeling van het project. Meestal zullen in zo'n Energievisie ook afspraken zijn opgenomen over de uitvoerings- en beheerfase. Met de '[Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving](#)'; [49] zijn verschillende warmtemaatregelen (zowel collectief als individueel) op een gelijkwaardige wijze te beoordelen. Zie voor meer informatie over energiebesparing op een locatie op [www.rvo.nl](http://www.rvo.nl) bij Energie in gebiedsontwikkeling.

#### Programma van eisen, toetsing en borging

In het programma van eisen (PvE) worden de uitgangspunten en de (energie-)ambities van het project weergegeven en waar mogelijk gekwantificeerd. Het is belangrijk om het PvE zo op te stellen, dat de eisen tussentijds, gedurende het ontwerp- en bouwproces, en bij oplevering te toetsen zijn. Maak ruimte vrij om deze toetsing ook werkelijk uit te voeren, zowel procesmatig als financieel. Hier is een duidelijke rol weggelegd voor de installatie- en bouwfysisch-adviseur.

Ook Bouwtoezicht heeft een belangrijke rol, maar dan wel specifiek voor die aspecten die met de bouwvergunning te maken hebben zoals de energieprestatie-eisen. Het is de bedoeling dat de toetsing van een plan aan het Bouwbesluit door de gemeente geheel vervalt. De bouwpartners zullen er dan zelf voor moeten zorgen dat aan het Bouwbesluit voldaan wordt. De gemeente blijft wel kijken naar welstand, ruimtelijke ordening en de veiligheid van derden. Meer informatie over de Wet kwaliteitsborging voor het bouwen: [www.stichtingibk.nl](http://www.stichtingibk.nl).

Voor nieuwbouwwoningen in Nederland leggen we de energieprestatie vast aan de hand van 3 energieprestatie-eisen voor Bijna EnergieNeutrale Gebouwen: de BENG-eisen. Deze drie indicatoren zijn:

1. BENG 1: Maximale energiebehoefte voor verwarming en koeling, in kWh/m<sup>2</sup> per jaar;
2. BENG 2: Maximale primaire energiegebruik voor verwarming, koeling, verlichting, ventilatie, tapwater, PV, in kWh/m<sup>2</sup> per jaar;
3. BENG 3: Minimum aandeel gebruikte hernieuwbare energie, uitgedrukt in een %.

Voor alle drie de indicatoren zijn in het Bouwbesluit grenswaarden opgenomen die variëren per gebruiksfunctie. Een nieuw te bouwen gebouw zal moeten voldoen aan alle drie de indicatoren. Door het stellen van deze drie eisen wordt bewerkstelligd dat het gebouw een zo laag mogelijke energievraag heeft (eerste indicator), en dat die energievraag zo energie-efficiënt mogelijk ingevuld wordt (tweede indicator), waarbij aanvullend ook nog de verplichting is om op het eigen perceel gebruik te maken van hernieuwbare energie (derde indicator).

De energieprestatie-indicatoren moeten berekend worden met NTA 8800. In die rekenmethode komen de termen BENG 1, 2 en 3 overigens niet voor. De indicatoren heten daar  $E_{w,H+Cnd;ventsys=C1}$  (BENG 1),  $E_{w,PTot}$  (BENG 2) en  $RER_{PrenTo}$  (BENG 3). Maar aangezien in het spraakgebruik gesproken wordt over BENG 1, 2 en 3, gebruiken we die termen hier ook.

Bij bovenwettelijke energieambities kunnen strengere energieprestatie-eisen dan in het Bouwbesluit, worden afgesproken. Zo is er bij o.a. gemeenten en opdrachtgevers een stijgende belangstelling voor nul-op-de-meter projecten. Aanvullend kunnen energie gerelateerde eisen worden gesteld op het gebied van bijvoorbeeld emissies, comfort en binnenmilieu. De CO<sub>2</sub>-emissie is af te lezen uit de energieprestatie-berekening.

Als men ook eisen in het PvE wil opnemen over andere thema's dan energie, kunnen o.a. de volgende digitale instrumenten en bronnen nuttig zijn:

- GPR Gebouw ([www.gprgebouw.nl](http://www.gprgebouw.nl));
- BREEAM ([www.breeam.nl](http://www.breeam.nl));
- Bouwbesluit ([www.bouwbesluitonline.nl](http://www.bouwbesluitonline.nl)).

### **KopStaart aanpak**

De '[KopStaart aanpak](#)' is gericht op de verbetering van de kwaliteit van nieuwbouwwoningen. De aanpak bestaat uit twintig praktische aandachtspunten in het bouwproces voor opdrachtgevers om aan het begin (Kop), tijdens de uitvoering en aan het einde (Staart) van het bouwproces de opleverkwaliteit van gezonde, energiezuinige woningen te borgen. De aanpak is een goede aanvulling op de checklisten in dit Energievademecum (aan het begin van elk hoofdstuk).

In de KopStaart aanpak wordt o.a. voor een integrale aanpak gepleit waarbij men bouwfysica en installatietechniek samen met het ruimtelijk en bouwkundig ontwerp uitwerkt. Een concrete aanbeveling is bijvoorbeeld om het leidingverloop en opstelplaats van het ventilatiesysteem al in de bestekfase volledig uit te tekenen zodat de aannemer en installateur tijdens de uitvoering niet voor verrassingen komen te staan. Een andere aanbeveling is om de kwaliteit van isolatie en luchtdichtheid te controleren met behulp van thermo(foto)grafie (paragraaf 5.1) en luchtdichtheidsmetingen ('opblaasproef') (paragraaf 5.1) en dit ook bij aanvang van de bouw aan te kondigen (bij aanbesteding).

Ontwikkeld zijn een te downloaden [brochure](#) [44] en een [voorbeeldenboek](#) [66] over deze aanpak..

## **3.2 Strategie energiebewust ontwerpen**

Een energiebewust ontwerp kan op verschillende manieren worden gerealiseerd. In deze paragraaf zijn kort vier strategieën beschreven, waarmee, op basis van de prestatie-eis, energiemaatregelen kunnen worden gekozen.

Deze beschreven strategieën leggen de nadruk bij het maken van keuzes achtereenvolgens bij de energetische kwaliteit (Trias Energetica), de levensduur van maatregelen (levensduur), de relatie met overige kwaliteiten (integraal) en de financiële aspecten (kosten). Bij al deze strategieën moet bedacht worden hoe de toekomstige bewoner de woning zal gaan gebruiken en hoe een energiezuinig gebruik gestimuleerd kan worden. Monitoring van het energieverbruik is daarbij één van de mogelijkheden (zie paragraaf 7.2.6 bij Regeling).

### **Strategie:**

*Drie-stappen-strategie of Trias Energetica:*

De Drie-stappen-strategie [50] voor energie of Trias Energetica gaat uit van een getrapte aanpak voor energiebewust ontwerpen en bestaat uit drie opeenvolgende stappen:

1. Voorkom onnodig gebruik van energie. (Voorbeelden: compact bouwen, isoleren, luchtdicht bouwen, 'natuurlijk' ventileren, warmteterugwinning (ventilatielucht, douchewater), natuurlijke koeling, warmwaterbesparende maatregelen);
2. Gebruik duurzame energiebronnen. (Voorbeelden: passieve zonne-energie, zonneboiler, bodemwarmte ten behoeve van een warmtepomp, gebruik van daglicht);
3. Gebruik de eindige energiebronnen zo efficiënt mogelijk. (Voorbeelden: HR-verwarmingssysteem, restwarmte via warmtekraftkoppeling, optimale regelingen van pompen en gelijkstroomventilatoren).

Zie voor de zg. 'Nieuwe stappenstrategie' het Themablad [Innovatieve Energieconcepten](#) [51]. In deze strategie wordt meer nadruk gelegd op het hergebruik van reststromen.

#### *Strategie: levensduur*

De keuze voor energiebesparende maatregelen wordt gemaakt op basis van de verwachte levensduur van componenten. Voor het behalen van de energieprestatie krijgen de componenten met de langste levensduur de hoogste energetische kwaliteit. De energetische kwaliteit van deze componenten ligt voor lange tijd vast. Vervolgens worden de maatregelen voor componenten met aflopende levensduur ingevuld tot de vereiste energieprestatie is bereikt. Bij vervanging van de delen met een relatief korte levensduur kan worden gekozen voor nieuwe en/of meer efficiënte technieken.

#### *Strategie: integraal*

Bij een integrale benadering van het ontwerp van de woning, worden bij de keuze van energiebesparende maatregelen alle kwaliteitsaspecten gewogen. Niet alleen de energetische kwaliteit is van belang, maar ook bijvoorbeeld levensduur, duurzaamheid, comfort, kosten, gezondheid, veiligheid en verkoopbaarheid. Zo is een oriëntatie pal op het zuiden optimaal voor passieve zonne-energie. Maar vanuit een stedenbouwkundig plan kan een minder gunstige oriëntatie gewenst zijn. De lagere zonneprestatie is te compenseren door andere maatregelen te nemen.

In de brochure '[Energiezuinige woningen ontwikkelen: de basis](#)' [67] worden de vier belangrijkste 'robuuste' maatregelen benoemd om tot een integraal ontwerp te komen.

#### *Strategie: economisch*

Hier zijn twee benaderingen mogelijk: Men kan kiezen voor de laagste investering of voor de laagste woonlasten.

### **3.3 Checklist bij ontwerp energiezuinige nieuwbouwwoning**

De checklist (afbeelding 3.1) geeft een overzicht van onderwerpen die van invloed zijn op het energieverbruik van een woning. Per onderwerp is een paragraafnummer gegeven, waar het betreffende onderwerp inhoudelijk behandeld wordt. Aan het begin van de hoofdstukken 3 t/m 10 is de checklist verder uitgewerkt voor specifieke zaken uit de betreffende hoofdstukken.

Enkele opmerkingen:

- Veel van de in de checklist genoemde aandachtspunten kunnen in het bestek (of andere contractvorm) worden vermeld. Er kunnen eisen worden gesteld aan de uitvoerende partij(en), bijvoorbeeld in de vorm van de verplichting om vooraf een berekening te maken of achteraf controlemetingen uit te laten voeren naar o.a. de luchtdichtheid en de ventilatievouden. Gelet op de problemen die de afgelopen jaren geconstateerd zijn met de kwaliteit van o.a. ventilatiesystemen in nieuwbouwwoningen (zie [54] en [55]), vraagt deze controle veel meer aandacht. De metingen zullen ook echt, eventueel steekproefsgewijs, uitgevoerd moeten worden. Het uitvoeren van metingen zal bovendien preventief werken (als ze inderdaad als verplichting in het bestek zijn opgenomen) waardoor de kwaliteit verhoogd wordt. Daarnaast blijft natuurlijk (meer) controle tijdens de bouw van bouwtechniek en installaties van groot belang;
- Uit onderzoek [65] blijkt dat het noodzakelijk is om installaties altijd zorgvuldig in te regelen en regelmatig te blijven controleren. Hiervoor zijn, zeker bij de complexere installaties, extra investeringen nodig voor ingebouwde meters, sensoren en overige voorzieningen voor monitoring. Houd bij het PvE en het ontwerp hiermee rekening. Maak duidelijke afspraken over de monitoring na de ingebruikname;
- Neem in het bestek exacte informatie op over de gewenste energiebesparende voorzieningen en maatregelen. Noem prestatie-eisen of gewenst merk met volledige typeaanduiding (en indien nodig [de vermelding](#): of gelijkwaardig product). Alleen de aanduiding 'energiebesparend' is niet voldoende. Een andere mogelijkheid is om eisen te stellen aan het werkelijke energieverbruik zoals bijvoorbeeld bij nul-op-de-meter-projecten waarbij op jaarbasis het totale energieverbruik op nul uitkomt (zie paragraaf 3.5);
- Bij de selectie van energiebesparende maatregelen is het aan te bevelen om de energetische consequenties ook tussentijds te volgen met NTA 8800 berekeningen (paragraaf 2.3.1).

Afb. 3.1 Checklist met belangrijke onderwerpen voor het energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen. Per onderwerp is het paragraafnummer gegeven waar het inhoudelijk behandeld wordt

|                       | <b>Initiatief &amp; projectdefinitie</b>  | <b>Structuurontwerp &amp; voorontwerp</b>        | <b>Definitief &amp; technisch ontwerp</b> | <b>Uitvoering &amp; gebruik &amp; exploitatie</b> |
|-----------------------|---|--|---|---|
| Ruimtelijk ontwerp    | 3.1 Bouwprogramma                         | 4 Oriëntatie gevels (zon / daglicht)             |   |   |
|                       | 4.1 Verkaveling                           | 4 Daglichtopeningen (zon / daglicht)             |   |   |
|                       | 4.1.1 Woningtypologie (compactheid)       | 4.1.1 Verliesoppervlak/gebruiksoppervlak         |   |   |
|                       | 4.1.3 Belemmering (groen, gebouwen)       | 4.1.1 Potentiële koudebruggen / kieren           |   |   |
|                       | 7.4 Wel/geen warmtenet                    | 4.1.2 Oriëntatie schuine daken (collectoren, pv) |   |   |
|                       | 7.4 Duurzaame collectieve verwarming      | 4.2 Onverwarmde ruimtes (berging, serre)         |   |   |
|                       |   | 4.2 Zonwering                                    |   |   |
|                       |   | 4.2.2 Organisatie plattegronden (zonbenutting)   |   |   |
|                       |   | 4.4 Korte leidinglengtes tapwater                |   |   |
|                       |   | 4.4 Toestellen verwarming/tapwater               |   |   |
|                       |   | 4.4 Optimale plek installaties                   |   |   |
|                       | 4.4 Ruimte voor installaties en leidingen |  |   |   |
| Bouwtechnisch ontwerp | 5.1 Minimum isolatie-eisen                | 4.4 Optimale plek installaties                   | 5.1 Isolatiewaarde gebouwschil            | 5.1 Controle isolatie en kier-/naaddichting       |
|                       | 5.1 Eisen detaillering                    | 5.1 Isolatiewaarde gebouwschil                   | 5.1 Isolerende kozijnen                   | 5.1 Controle damprem                              |
|                       | 5.1.1 Wel of geen kruipruimte             | 6.8 Bouwkundige voorzieningen nachtventilatie    | 5.1 Detaillering (warmte, geluid)         |   |
|                       | 5.2 Eisen zon-, daglichttoetreding        | 9.2 Korte leidinglengtes                         | 5.1 Zwevende dekvloeren                   |   |
|                       | 5.3 Bouwmassa                             | 9.3.5 Integratie zonnecollectoren in dak         | 5.2 g-en TL-factoren glas                 |   |
|                       |   | 10.2 Integratie PV in dak                        | 5.2 Zonwering                             |   |
| Ventilatie            | 7.2 Afgiftesystemen                       | 4.4 Ruimtebeslag installaties                    | 7.2 Detaillering afgiftesysteem           | 7 Opleveringscontrole verwarmingssysteem          |
|                       | 7.3.1 Duurzame energie                    | 7.2 Keuze afgiftesysteem                         | 7.2.5 Luchttoevoer houtkachel             | 7 Gebruiks-, onderhoudsinstructie                 |
|                       | 7.4                                       | 7.3 Keuze toestelsoort (wp,                      | 7.2.6 Regelingen                          | 7.2.3 Keuze                                       |

|                    |                                     |  |  |  |
|--------------------|-------------------------------------|--|--|--|
|                    | Individueel/collectief              | (hrketel, ..)                            | individuele installatie                            | vloerbedekking bij vloerverwarming       |
|                    | 7.4 Duurzame collectieve verwarming | 7.3.3 Bij toepassing WP: onderzoek bron  | 7.2.6 Isolatie leidingen in onverwarmde ruimten    | 7.2.6 Inregelen installatie              |
|                    |                                     | 7.3.8 Zonneboilercombi                   | 7.3 Type toestel                                   |  |
|                    |                                     |  | 7.3.8 m <sup>2</sup> collector                     |  |
|                    |                                     |  | 7.4 Regeling en bemetering collectieve installatie |  |
| Koeling            | 8.1 Koelvraag voorkomen             | 6 Overweeg passieve koeling              | 6 Bypass WTW                                       | 8 Opleveringscontrole koelingsysteem     |
|                    | 8.2 Afgiftesystemen                 | 8.2 Keuze afgiftesysteem                 | 8.2.2 Regeling per vertrek                         | 8 Gebruiks-, onderhoudsinstructie        |
|                    | 8.3 Toesteltype                     | 8.3 Keuze toestel (samenhang verwarming) | 8.2.4 Regeling airco                               |  |
|                    |                                     |  | 8.3 Type toestel (samenhang verwarming)            |  |
| Tapwaterverwarming | 9.1 Comfortklasse                   | 9.1 Douchewater warmteterugwinning       | 9.1.1 Waterbesparende kranen, douchekoppen         | 9 Opleveringscontrole tapwatersysteem    |
|                    | 9.3 Zonneboiler                     | 9.2 Leidingverliezen                     | 9.1.3 Detailleren douche-WTW                       | 9 Gebruiks-, onderhoudsinstructie        |
|                    |                                     | 9.2 Korte leiding naar de keuken         | 9.2 Naar keuken geïsoleerde en kleine ø            |  |
|                    |                                     | 9.3 Soort toestel                        | 9.3 Type toestel                                   |  |
|                    |                                     | 9.3.5 Zonneboiler                        | 9.3.5 Detaillering zonneboiler                     |  |
| Elektriciteit      | 10.1 verlichting (daglicht)         | 10.1 verlichting (daglicht)              | 10.1 regelingen installaties                       | 10 handleiding energiezuinige apparatuur |
|                    | 10.2 mogelijkheden pv, wind         | 10.2 mogelijkheden pv, wind              | 10.1 elektriciteitsgebruik installaties            |  |
|                    |                                     |  | 10.2 detailleren pv in dak/gevel                   |  |

### 3.4 Energiebesparende maatregelen en pakketten

Voor drie RVO-referentiegebouwen (de tussenwoning S, en vrijstaande woning L en woongebouw M) zijn in afbeelding 3.2 een aantal voorbeeldpakketten gepresenteerd om een beeld te geven van diverse mogelijkheden om te voldoen aan BENG-niveaus. De verschillende energieprestatie-indicatoren van deze voorbeeldpakketten zijn berekend met NTA 8800 [30].

Per referentiewoning is gekozen voor vijf verschillende warmte opwekkingsystemen en twee verschillende isolatieniveaus. Bij het Basis isolatie pakket zijn natuurlijke en mechanische gebalanceerde ventilatie meegenomen. Het Extra isolatiepakket kent alleen een gebalanceerd ventilatiesysteem.

In de voorbeeldpakketten is gebruik gemaakt van de volgende technieken en uitgangspunten:

- **Bouwkundige uitgangspunten:**
  - Isolatie Basis:  $R_c$  waarden vloer/gevel/dak: 3.7/4.7/6.3  $m^2K/W$ , HR<sup>++</sup>glas met  $U_w = 1.4 W/m^2K$  en een infiltratie van  $0.4 dm^3/sm^2$ ;
  - Isolatie Extra:  $R_c$  waarden vloer/gevel/dak: 6.0/6.0/10.0  $m^2K/W$  en 3voudigglas met  $U_w = 0.9 W/m^2K$  en een infiltratie van  $0.25 dm^3/sm^2$ ;
  - Zonwering: bedoeld wordt de af/aanwezigheid van buitenzonwering.
- **Verwarming, koeling en tapwater:**
  - WP bodem: warmtepomp die gebruik maakt van bodemwarmtewisselaar. Bij de individuele woningen is dit een combiwarmtepomp voor verwarming, koeling en tapwater (combi WP), bij het woongebouw is er sprake van een collectieve warmtepomp met als bron een bodemwisselaar. Voor tapwater is in dat geval uitgegaan van een boosterwarmtepomp per appartement;
  - WP buiten: combiwarmtepomp met als bron buitenlucht voor verwarming en tapwater van de grondgebonden woningen;
  - SV forf: stadsverwarming waarbij gerekend is met het forfaitaire rendement uit de NTA 8800;
  - SV kwal: stadsverwarming waarbij gerekend is met een rendement van een kwaliteitsverklaring (beter rendement dan forfaitair);
  - Houtpellet: Houtpelletketel voor verwarming en tapwater bij de grondgebonden woningen. Bij het woongebouw is uitgegaan van een collectieve houtpelletketel voor verwarming in combinatie met elektrische doorstroomtoestellen in de appartementen voor tapwater;
  - Elektrische verwarming: in het woongebouw is ook een concept doorgerekend met elektrische verwarming (zoals bijvoorbeeld stralingsverwarming).
- **Ventilatie:**
  - C4c systeem is een ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer via roosters, en mechanische afvoer op basis een CO<sub>2</sub> sturing in woonkamer en slaapkamer;
  - D2 systeem is een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning (95% rendement);
  - D5a systeem is een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning (95%) en CO<sub>2</sub> sturing.
- **Zonne-energie:**
  - ZB is een zonneboiler voor tapwater met een collectoroppervlak van 2.3  $m^2$  bij de grondgebonden woningen en 13.8  $m^2$  bij het woongebouw;
  - PV: zonnepanelen met een Wp-vermogen van 200 Wp/ $m^2$ . In de tabel staat per pakket aangegeven hoeveel  $m^2$  PV benodigd zijn om aan de BENG eisen te voldoen.



| woningtype             | zonwering | verwarming                 | koeling       | tapwater            | isolatie | glas | infil | ventilatie | ZB | m2 PV | BENG1  | BENG2 | BENG3 |
|------------------------|-----------|----------------------------|---------------|---------------------|----------|------|-------|------------|----|-------|--------|-------|-------|
| tussenwoning S         | nee       | WP bodem                   | bodem koeling | combi WP            | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 0     | 50     | 26    | 59%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 2     | 50         | 23 | 56%   |        |       |       |
|                        | ja        | WP buiten                  | nee           | combi WP            | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 6     | 52     | 29    | 61%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 6     | 52         | 29 | 54%   |        |       |       |
|                        | ja        | SV forf                    | nee           | SV forf             | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | ZB | 13    | 52     | 28    | 58%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | ZB   | 10    | 52         | 27 | 54%   |        |       |       |
|                        | ja        | SV kwal (fpdel 0,5)        | nee           | SV kwal (fpdel 0,5) | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 8     | 52     | 23    | 58%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 7     | 52         | 23 | 56%   |        |       |       |
|                        | ja        | Houtpellet (fpdel 0,5)     | nee           | houtpellet          | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 10    | 52     | 28    | 65%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 8     | 52         | 28 | 59%   |        |       |       |
|                        |           |                            |               |                     | Extra    | 3v   | 0,25  | D5a        | -  | 5     | 44     | 16    | 58%   |
|                        |           |                            |               |                     |          |      |       |            |    |       | ≤ 55   | ≤ 30  | ≥ 50% |
| vrijstaande woning L   | nee       | WP bodem                   | bodem koeling | combi WP            | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 0     | 67     | 27    | 67%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 0     | 67         | 30 | 61%   |        |       |       |
|                        | ja        | WP buiten                  | nee           | combi WP            | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 10    | 68     | 29    | 66%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 10    | 68         | 30 | 61%   |        |       |       |
|                        | ja        | SV forf                    | nee           | SV forf             | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | ZB | 30    | 68     | 30    | 61%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | ZB   | 25    | 68         | 29 | 57%   |        |       |       |
|                        | ja        | SV kwal (fpdel 0,5)        | nee           | SV kwal (fpdel 0,5) | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 13    | 68     | 30    | 52%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 13    | 68         | 28 | 52%   |        |       |       |
|                        | ja        | Houtpellet (fpdel 0,5)     | nee           | houtpellet          | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 21    | 68     | 29    | 69%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 18    | 68         | 29 | 65%   |        |       |       |
|                        |           |                            |               |                     | Extra    | 3v   | 0,25  | D5a        | -  | 8     | 56     | 21    | 50%   |
|                        |           |                            |               |                     |          |      |       |            |    |       | ≤ 74,1 | ≤ 30  | ≥ 50% |
| woongebouw 33 woningen | nee       | WP coil.                   | bodem koeling | booster WP          | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 0     | 50     | 27    | 57%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 0     | 50         | 28 | 44%   |        |       |       |
|                        | ja        | elektrische verwarming     | nee           | el doorstroom       | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 0     | 50     | 33    | 59%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 0     | 50         | 32 | 53%   |        |       |       |
|                        | ja        | SV forf                    | nee           | SV forf             | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | ZB | 320   | 51     | 39    | 41%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | ZB   | 260   | 51         | 33 | 41%   |        |       |       |
|                        | ja        | SV kwal (fpdel 0,5)        | nee           | SV kwal (fpdel 0,5) | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 100   | 51     | 34    | 41%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 100   | 51         | 30 | 42%   |        |       |       |
|                        | ja        | coll. houtpellet (fpdel 0) | nee           | el doorstroom       | Basis    | HR++ | 0,4   | C4c        | -  | 445   | 51     | 50    | 64%   |
|                        |           |                            |               |                     | D2       | -    | 362   | 51         | 50 | 60%   |        |       |       |
|                        |           |                            |               |                     | Extra    | 3v   | 0,25  | D5a        | -  | 50    | 42     | 22    | 42%   |
|                        |           |                            |               |                     |          |      |       |            |    |       | ≤ 65   | ≤ 50  | ≥ 40% |

Afb. 3.2 Overzicht van voorbeeldpakketten met verschillende energieprestatie-indicatoren voor de tussenwoning, en vrijstaande woning en het woongebouw (zie bijlage 4)

In woningen zijn nog tal van energiebesparende maatregelen te treffen, die niet in de energieprestatieberekening meegenomen worden. Deze maatregelen zijn niet in de bijgaande voorbeeldpakketten opgenomen, maar horen (deels) zeker thuis in energiezuinige woningbouw (zie paragraaf 2.3.1 - Niet in de energieprestatie opgenomen).

### 3.5 Zeer energiezuinige (woning)concepten

Het overheidsbeleid is er op gericht dat vanaf 2020 alle nieuwbouwwoningen bij aanvraag omgevingsvergunning 'bijna-energie neutraal' moeten zijn (zie paragraaf 2.2), in navolging van Europees beleid.

De koplopers in de bouw wereld lopen daarop vooruit en bieden allerlei zeer energiezuinige woningconcepten aan. Daarbij worden diverse begrippen gebruikt zoals 'energie neutraal', 'nul-op-de-meter' en 'energie-nota-nul'. Ook de begrippen 'CO<sub>2</sub>-neutraal' en 'klimaatneutraal' komen voor, maar dan vooral bij organisaties en grotere locaties.

Bij al deze begrippen is het van belang welke energiestromen worden meegeteld (zie voor achtergrondinformatie [56] en [57]):



- 'Woninggebonden energie': de energie nodig voor ruimte- en tapwaterverwarming (inclusief hulpenergie), ventilatie en koeling<sup>1</sup> min de opbrengst van bij de woning gewonnen (ofwel 'lokale') duurzame energie;
- 'Gebruikersgebonden energie' : de energie nodig voor verlichting<sup>1</sup> en huishoudelijke apparaten zoals witgoed inclusief kookapparatuur, computers, TV's en hobby;
- 'Materiaalgebonden energie': de energie nodig voor de bouw inclusief productie en vervoer van de bouwmaterialen, het onderhoud en de sloop van de woning.

1) In de berekening van de energieprestatie-indicatoren en het energielabel is de energiebehoefte voor verlichting voor het voorzien in de noodzakelijke verlichtingsniveau's altijd nul. Bij maatwerkadvies kan een eigen waarde worden aangehouden, een richtwaarde is 5 kWh/m<sup>2</sup>. De verlichting valt daarmee onder het 'gebruikersgebonden energieverbruik'.

Zie voor meer informatie "[Begrippenlijst gebouwen](#)" [53] en het [Infoblad Energieneutraal bouwen: definitie & ambitie](#) [68].

### **(Bijna) Energie Neutrale gebouwen**

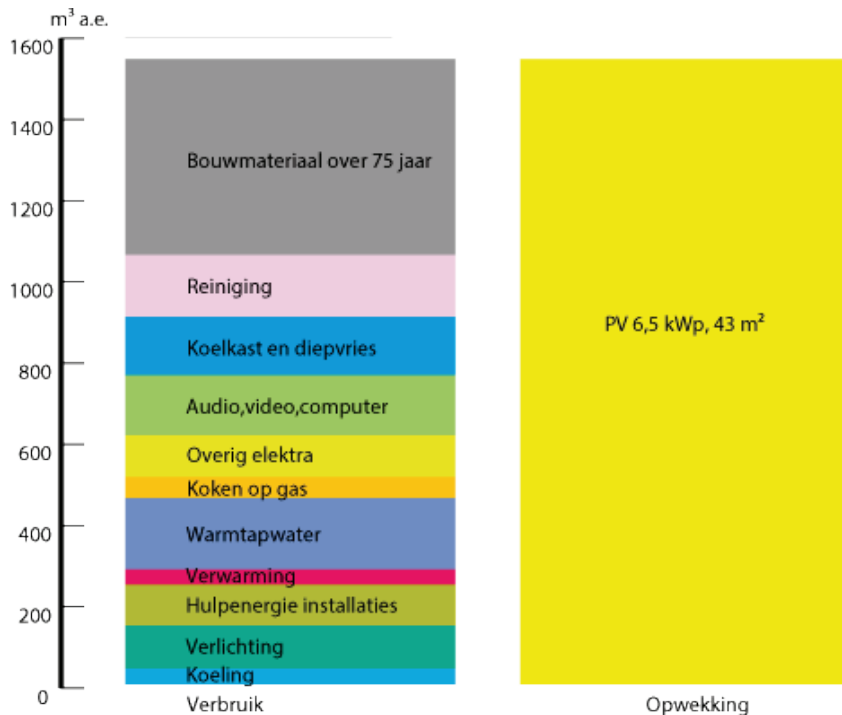
Wanneer er gesproken wordt over (bijna) energieneutrale gebouwen, dan worden vaak deze uitgangspunten gehanteerd:

- Alleen het gebouw- of woninggebonden energieverbruik wordt beschouwd. Het gaat hierbij om ruimteverwarming, warmtapwater, koude en elektriciteit voor pompen, ventilatoren en elektrische warmtepompen en (forfaitair) verlichting;
- Gebiedsgebonden maatregelen zoals bijv. warmtelevering via de EMG (zie paragraaf 2.3.2) worden gewaardeerd; de opwekking van energie kan dus in en buiten de woning plaatsvinden mits de maatregelen bij de omgevingsvergunning (bouwvergunning) worden meegenomen;
- Het netto energieverbruik (totale energievraag min opbrengst lokale duurzame energie) wordt bepaald over een jaar.

Bovenstaande definitie betekent dat het huishoudelijk elektriciteitsverbruik (wasmachine, tv, etc) en het energiegebruik voor verlichting buiten beschouwing gelaten worden. Een woning die, op basis van bovenstaande definitie, energieneutraal is, heeft dus nog wel een energierekening. Het primair fossiel energiegebruik (BENG 2 indicator) van een dergelijke woning bedraagt 0 kWh/m<sup>2</sup>.

Het begrip 'energieneutraal' wordt ook wel anders gebruikt, bijvoorbeeld in de betekenis van 'nul-op-de-meter'; dit kan de nodige verwarring opleveren.

Meer informatie: [Infoblad Energieneutrale woningbouw](#) [69] en [Infoblad Energie-eisen en woonwensen](#) [70]. [In de Database Energiezuinig gebouwd](#) [73] zijn tal van gerealiseerde energiezuinige woningbouwprojecten te vinden.



Afb. 3.3 Indicatie van de diverse posten in de energiebalans bij een nul-op-de-meter-rijtjeswoning waarbij als extra ook de materiaalgebonden energie (bouw, onderhoud en sloop van de woning) gecompenseerd wordt door duurzame energie. Links de vraagzijde, rechts een mogelijke invulling van energiebronnen. Het materiaalgebonden verbruik is verrekend over de levensduur van het gebouw (75 jaar). Voor het huishoudelijke elektriciteitsverbruik is een relatief laag verbruik genomen. Dit kan worden bereikt door een bewust energiezuinig gedrag, het gebruik van zuinige apparatuur + verlichting en door minder apparaten te gebruiken, zie ook hoofdstuk 10 Elektriciteit. (Bron: mede op basis van [56])



Afb. 3.4 Voorbeeld van energieneutrale en nul-op-de-meter woningen: het project De tuinen van Sion in Rijswijk (ZH) met 32 laagbouwoningen (6 twee-onder-één-kapwoningen en 26 rijtjeswoningen). De woningen zijn voorzien van o.a. driefvoudige beglazing, een combi-warmtepomp met warmte-koudeopslag in de bodem, vloerverwarming/koeling, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO<sub>2</sub>-regeling met meerdere zones, douche-WTW en bijna 20 m<sup>2</sup> PV-panelen. Vijf woningen zijn voorzien van extra PV-panelen waardoor ze het niveau 'nul-op-de-meter' bereiken; bovendien zijn aan de bewoners zeer energiezuinige huishoudelijke apparatuur meegeleverd. De eerste werkelijke energieverbruikscijfers (2013-2014) geven aan dat deze vijf woningen aan de verwachtingen qua energieverbruik voldoen (Betrokken partijen: adviesbureau Merosch; architect: Inbo; opdrachtgever: Gemeente Rijswijk; aannemer/ontwikkeling Dura Vermeer; realisatie: 2013)

### Nul-op-de-meter

De term 'nul-op-de-meter' (NOM-woning) wordt in de praktijk gebruikt als het totale energieverbruik op jaarbasis op nul uitkomt. Het gaat hierbij om alle energieverbruiken die op de energiemeter(s) in de woning zichtbaar worden. Het energieverbruik voor huishoudelijke apparatuur ('gebruikersgebonden' energieverbruik) wordt dus hierbij meegenomen. Bij een 'nul-op-de-meter woning zal het primair fossiel energiegebruik (energieprestatie-indicator BENG 2) lager zijn dan nul (negatief). Globaal is zo'n 2.300 Wattpiek aan extra PV-panelen nodig om het huishoudelijk verbruik te compenseren. Dat kan geleverd worden door 15 à 20 m<sup>2</sup> PV-panelen.

Om ook de benodigde energie voor de bouw, onderhoud en sloop van een woning te compenseren, zijn globaal nog 15 m<sup>2</sup> PV-panelen extra nodig (afbeelding 3.3). Deze hoeveelheid energie wordt o.a. bij een nul-op-de-meter-woning buiten beschouwing gelaten.

Bij nul-op-de-meter-woningen wordt door de bouwer/ontwikkelaar meestal gegarandeerd dat het energieverbruik inderdaad op nul uitkomt. Hiervoor worden uitgebreide energieprestatiecontracten opgesteld waarin duidelijk de uitgangspunten en voorwaarden zijn omschreven. Voor banken kan de garantie extra zekerheid bieden om extra financieringsruimte aan kopers te verlenen; zie hiervoor de kamerbrief over leennormen op de website van de rijksoverheid. Ieder jaar wordt hiervoor een nieuwe kamerbrief opgesteld.

### Energie-nota-nul

Bij 'Energie-nota-nul' (ENN-woning) heeft de woning op jaarbasis per saldo een gemiddelde energienota van € 0,-. Hierbij wordt niet alleen gerekend met de kosten voor het totale energieverbruik, maar ook met de kosten voor vastrecht en met de teruggave van de energiebelasting. Onder het totale energieverbruik wordt verstaan het woninggebonden plus het gebruikersgebonden energieverbruik min de opbrengst van lokale duurzame bronnen. Tussen een ENN-woning en een NOM-woning zitten enkele verschillen. Een NOM-woning heeft (wanneer geen gebruik wordt gemaakt van een gastoestel) op jaarbasis een gemiddeld elektriciteitsgebruik van nul. De kosten voor netbeheer, het vastrecht, moeten nog wel worden betaald. De bewoner mag gebruik maken van de Heffingskorting Energie, waardoor per saldo de bewoner geld terugkrijgt. Bij de ENN-woningen komt de uiteindelijke energierekening op nul uit. Dit is dus inclusief vastrecht en de heffingskorting, Dit betekent dat een ENN-woning niet (per se) de energiemeter op nul heeft. Ook bij een ENN-woning mag een uitgebreid energieprestatiecontract niet ontbreken. Het primair fossiel energiegebruik (energieprestatie-indicator BENG 2) is ook bij deze woning lager dan nul (negatief). Een voorbeeld van energie-nota-nul-woningen is te vinden in het project Maurikse Gaarden (afbeelding 3.5).



Afb. 3.5 Voorbeeld van Energie-nota-nul-woningen: de vijf 'energienotaloze' woningen in het project Maurikse Gaarden in Maurik voldoen hieraan. De woningen zijn naar het oosten en westen gericht, zodat ook de beide schuine dakvlakken een oost- en west-oriëntatie hebben. Hierop liggen in totaal ruim 50 m<sup>2</sup> PV-panelen. De woningen zijn naast de PV-panelen ook voorzien van o.a. drievoudige beglazing, HR-combiketel en een ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. Er is aan de bewoners een energieprestatiegarantie voor 10 jaar door de ontwikkelaar afgegeven. (Betrokken partijen: architect: AGS Arnhem; bouwer/ontwikkelaar: Trebbe; opdrachtgever: Stichting Woningbeheer Betuwe; realisatie: 2013. Foto's: Trebbe)

## Energieleverend

Als er op jaarbasis een energie-overschot is, spreekt men van energieleverend. Hoe groot het positieve saldo moet zijn, is nergens (officieel) omschreven. Het begrip wordt niet eenduidig gebruikt, maar het ligt voor de hand om uit te gaan van het saldo van het woninggebonden plus gebruikersgebonden energieverbruik min de opbrengst van lokale duurzame energie.

## Autarkisch

Een woning is volledig autarkisch qua energie wanneer de woning geheel zelfvoorzienend is. Er wordt alleen gebruik gemaakt van lokale duurzame energiebronnen. De woning is noch aangesloten op het gasnet noch op het elektriciteitsnet. Dit betekent dat de woning zelf pieken in elektriciteitsverbruik moet kunnen opvangen, en ook in staat moet zijn om op dagen dat er weinig aanbod is van lokale duurzame energie (denk aan de veel lagere opbrengst van zonne-energie in de winter) toch voldoende energie te kunnen leveren aan de woning. Gebruik van buffers (bijvoorbeeld in de vorm van accu's) is hiervoor noodzakelijk.

## CO<sub>2</sub>-neutraal / klimaatneutraal

Om wildgroei van begrippen te voorkomen, wordt aanbevolen om CO<sub>2</sub>- en klimaatneutraal niet voor woningen en gebouwen te gebruiken, maar voor organisaties in brede zin. Zo kan bijvoorbeeld een bedrijf, stad of regio streven naar klimaatneutraliteit. Beide begrippen omvatten veel meer dan het energieverbruik voor verwarmen, koelen, ventileren en voor het gebruik van apparaten: zo tellen bijvoorbeeld mee de benodigde energie voor het produceren en leveren van producten, diensten en voedsel, voor mobiliteit en voor de bouw/aanleg en sloop van de gebouwde omgeving inclusief infrastructuur. Meer informatie: [Lokaal Energie- en Klimaatbeleid](#).

## 3.6 Passiefhuis

Niet energieneutraal of energienul, maar wel energiezuinig, zijn concepten zoals Passiefhuis.

### Passiefhuis

Een passiefhuis is een zeer energiezuinige woning met een erg comfortabel en gezond binnenklimaat. Bij passiefhuis ligt de focus op het realiseren van een zeer lage warmtebehoefte met als een gevolg een extreem laag energiegebruik.

Het idee voor het concept is afkomstig uit Zweden. Intussen zijn er in Duitsland, Zweden, Oostenrijk en Zwitserland meer dan 10.000 Passiefhuizen gebouwd [58], in ons land enkele honderden (afbeelding 3.6). Op [www.passiefbouwen.nl](http://www.passiefbouwen.nl) [59] en op [www.rvo.nl/energiezuiniggebouwd](http://www.rvo.nl/energiezuiniggebouwd) staan voorbeelden uit Nederland. Op [www.passiv.de](http://www.passiv.de) [60] en [www.pixii.be](http://www.pixii.be) (Kennisplatform Energieneutraal Bouwen) [62] staan voorbeelden uit respectievelijk Duitsland en België. Op [www.passivhausprojekte.de](http://www.passivhausprojekte.de) [75] staan bijna 3000 projecten uit een groot aantal landen.



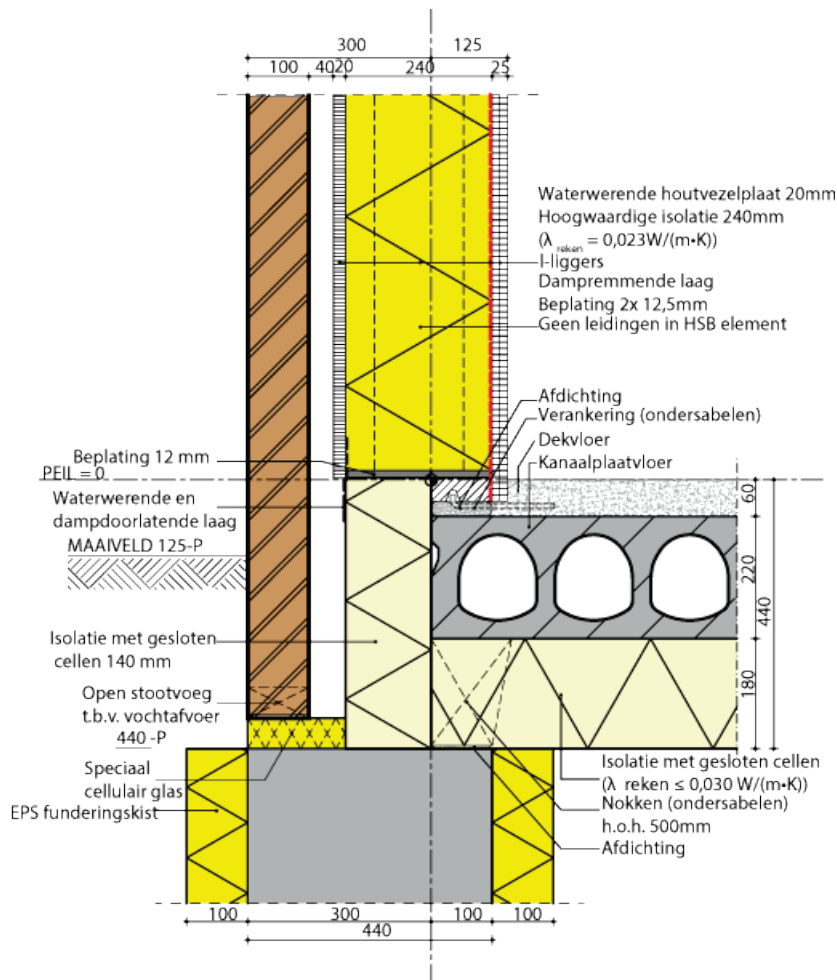
Afb. 3.6 Het project [Velve-Lindenhof](#) in Enschede bestaat uit ruim 210 woningen, waarvan 82 houtskeletbouw 'passiefhuizen' (met Passiefhuis-certificaat). De woningen zijn voorzien van o.a. een zeer goede warmte-isolatie, HR-combiketel en zonneboiler, CO<sub>2</sub> gestuurde gebalanceerde ventilatie met WTW en zomernachtventilatie (zie de roosters op de foto). (Betrokken partijen: opdrachtgever: corporatie De Woonplaats, architect: Beltman Architecten, bouwer/ontwikkelaar: bouwcombinatie De Groot)

Vroomshoop en Goosen Te Pas Bouw, energieadviseur Nieman; realisatie 2013. In het project zijn ook 5 woningen gerealiseerd die 'bijna energieneutraal' zijn. Bron: Laurens Kuipers Fotografie)

Het passiefhuis gaat er vanuit dat wat je niet verbruikt je ook niet hoeft op te wekken, te salderen of op te slaan. De warmtevraag is zo gering dat een kleine eenvoudige installatie toereikend is. De kernbeginselen van passief bouwen zijn:

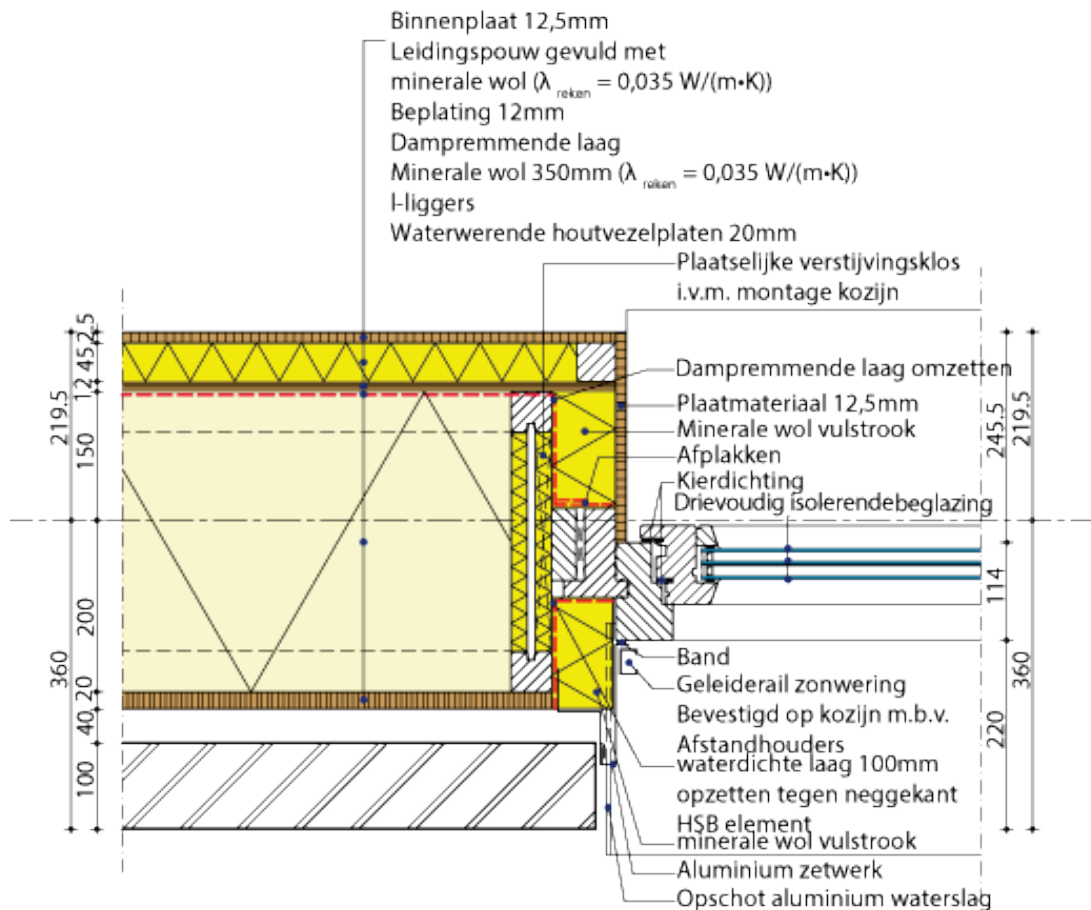
- Optimaal gebruik maken van passieve zonne-energie (gebouw wordt op het zuiden georiënteerd en heeft grote ramen aan de zuidzijde en vaak kleinere aan de noordzijde);
- Een compacte en goede thermische schil, waarbij thermische bruggen (koudebruggen) worden voorkomen;
- Passiefhuis kozijnen met 3-voudige beglazing;
- Door goede kierdichting weinig luchtinfiltratie;
- Een gebalanceerd ventilatiesysteem met wtw.

Het keurmerk PassiefBouwenKeur wordt uitgereikt als een passieve woning aan bepaalde minimumeisen voldoet. Dit certificaat is afgestemd op de Nederlandse markt en is vergelijkbaar met de Duitse certificering van het PassivHaus Institut. Voor een PassiefBouwenKeur certificering van passieve projecten is een PHPP-berekening in een actuele versie een vereiste. Hiermee kan men bepalen of aan de criteria voor een Passiefhuis wordt voldaan. Bij de aanvraag voor een bouwvergunning, moet natuurlijk wel een energieprestatie-berekening worden toegevoegd. Zie voor de Duitse versie van het rekenmodel: [61].



Afb. 3.7 Verticale doorsnede. Voorbeeld van de aansluiting fundering met langsgewel in een Passiefhuis. In het binnenspouwblad is een isolatiemateriaal gebruikt met een  $\lambda$ -waarde van 0,23 (bijv. PIR-schuim); als er minerale wol met een  $\lambda$ -waarde van 0,035 wordt gebruikt, neemt de isolatiedikte toe van 240 mm naar ca. 340 mm. Om de koudebrug van de constructie in het binnenblad te beperken is een houten I-ligger gebruikt. Het gemetselde buitenspouwblad staat op cellulair glas, eveneens om de koudebrug via de fundering te minimaliseren. Bron [63].





Afb. 3.8 Horizontale doorsnede. Voorbeeld van de aansluiting kozijn met het gesloten deel van de langsgevel in houtskeletbouw. Aan de binnenzijde (nog binnen de dampremmende laag) is een kleine spouw (gevuld met minerale wol) opgenomen waarin leidingen kunnen worden opgenomen. Deze spouw voorkomt dat de dampremmende laag onderbroken wordt waardoor vocht in de constructie kan komen en de luchtdichtheid afneemt. Bron [63].

Om tegemoet te komen aan de vraag naar labels als 'energie neutraal', 'zero carbon' of 'nul op de meter' zijn er naast Classic Passiefhuis klasse twee extra varianten, PassiefhuisPlus en Premium. Bij de bekende Classic, wordt alleen gekeken naar het maximale energiegebruik voor ruimteverwarming per m<sup>2</sup>/jaar met een maximum aan primaire energie op jaarbasis. De Plus en Premium variant nemen ook het tapwater, verlichting en consumptieve energiegebruik mee.

In het praktijkboek voor Passiefhuizen [63] staat veel aanvullende informatie over o.a. installatievarianten, voorzieningen voor 'passieve' zomernachtkoeling en bouwkundige details (afbeelding 3.7 en 3.8).