

# Energieneutrale gebieden in 2050 heel gewoon

**Bronia Jablonska**

**Huib Visser**

**GerritJan Ruijg**

**Tjerk Epema<sup>1</sup>**

**Eric Willems<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*TNO*

<sup>2</sup>*Caubert-Huygen Raadgevende Ingenieurs*

*Gepresenteerd in VV+, September 2010*

# Energieneutrale gebieden in 2050 heel gewoon

Bronia Jablonska, Huib Visser,

Gerritjan Ruijg, Tjerk Epema,

Eric Willems

Dat energieneutrale nieuwbouw mogelijk is, is al bekend. Het realiseren van energieneutrale gebouwde omgeving op een gebiedsschaal is echter een nieuwe uitdaging. Slimme combinaties van bestaande en nog te ontwikkelen technieken, samen met gebiedsgebonden maatregelen zijn een voorwaarde voor energieneutrale wijken en vooral steden anno 2050. Almere, Apeldoorn, Nijmegen en Tilburg nemen het voortouw.

Het jaar 2050 lijkt te ver weg om mee bezig te zijn. Voor energieneutrale gebieden in 2050 is het echter van groot belang om nu al actie te ondernemen. Het voorbereiden van de toe- en inpassing van de benodigde innovatieve energieconcepten en bijbehorende infrastructuur is daarvoor nu al vereist. Een derde van de Nederlandse energievraag komt op dit moment vanuit de gebouwde omgeving. Een kenmerk van de gebouwde omgeving is dat deze zeer langzaam verandert. Jaarlijks wordt ongeveer 1 procent aan nieuwbouw aan de bestaande voorraad toegevoegd. Wat op dit moment wordt gebouwd, staat er over minimaal vijftig jaar nog.

De doelstelling van de Nederlandse overheid is 20 procent duurzame energie in 2020. Tevens pleiten de vooraanstaande politieke partijen in een partijoverstijgend voorstel 'Nederland krijgt nieuwe energie' (<http://www.nederlandkrijgtnieuwenenergie.nl/main.asp>) voor een volledig hernieuwbare energievoorziening in 2050. De innovatieve energieconcepten leveren bijdrage aan deze ambities van Deltaplan Nieuwe Energie. Bovendien krijgen de vooruitstrevende gemeenten een hulpmiddel in handen voor het verwezenlijken van hun energievisies op lange termijn.

## ENERGIENEUTRAAL GEBIED

Een energieneutraal gebied hoeft de gemeentegrenzen niet te volgen en bestaat hoofdzakelijk uit woningbouw waar een kleiner aandeel utiliteitsbouw deel van kan uitmaken. Aangenomen is dat de benodigde energie voor industrie en transport anders dan personenvervoer buiten het gebied wordt

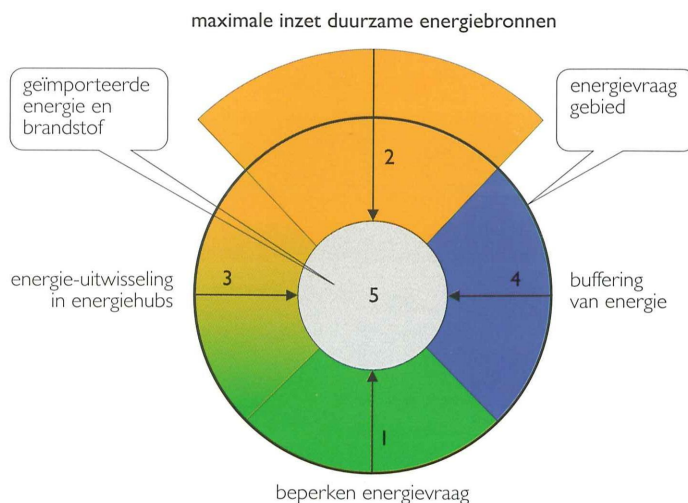
Een gebied is energieneutraal als op jaarbasis geen netto-import van energie van buiten de gebiedsgrens nodig is. Een energieneutraal gebied is geen autarkisch gebied (een gebied dat geen uitwisseling van energie met zijn omgeving kent). Energieoverschotten kunnen worden geëxporteerd en dezelfde hoeveelheid energie kan in het geval van energietekort worden geïmporteerd uit omliggende gebieden. Vooral voor elektriciteit geldt dat im- en export meer voor de hand liggen dan opslag.

opgewekt. Daarbij vallen landbouwgronden en bronnen, zoals windturbines (bijvoorbeeld op zee) en biomassa (bossen, landbouw en dergelijke) af. Een uitzondering is de restwarmte van grootschalige afvalenergiecentrales die voornamelijk huishoudelijk en bedrijfsafval verbranden en daarmee een directe relatie met de gebouwde omgeving hebben.

## TRIAS ENERGETICA

Het ontwerp van energieneutrale gebieden volgt de stappen van Trias Energetica. Voor de energieneutrale gebouwde omgeving wordt meer nadruk gelegd op energieopslag, -uitwisseling en conversie van duurzame bronnen uit de omgeving, zoals volgt:

- energievraag beperken;
- duurzame bronnen optimaal inzetten;
- uitwisseling van energie in energiehubs en via smart-gridtoepassingen;
- bufferen van energie op de tijdschaal van dag, week en seizoen om vraag en aanbod van duurzame energie bij elkaar te brengen;



Trias Energetica voor energieneutrale gebiedsontwikkeling in vijf stappen [Willems, 2010].

- efficiënt toepassen van geïmporteerde energie en brandstof om optredende ongelijktijdigheid van de duurzame energie-opwekking op te heffen en als noodvoorziening.

In onderstaande afbeelding staat de Trias Energetica voor een energieneutrale gebiedsontwikkeling weergegeven in vijf stappen. De vijf stappen zijn even belangrijk en moeten alle vijf worden beschouwd binnen een energieconcept.

### TOEKOMSTIGE ENERGIEHUISHOUDING

Bij het vaststellen van de energievraag van de energieconcepten in 2050 is uitgegaan van de resultaten van de Potentieelstudie 2050. Volgens deze studie zijn de hoofdkenmerken van de energievoorziening in 2050:

- De energievraag van een gebied kan worden opgesplitst in een energievraag van:
  - gebouwen;
  - vervoer in het gebied;
  - omgeving van gebouwen in het gebied.
- Door een verregaande vraagreductie wordt de totale gemiddelde energievraag per woning in 2050 circa 31 GJ/a, uitgesplitst in:
  - warm tapwater (4,5 GJ of 185 m<sup>3</sup> gas per jaar);
  - ruimteverwarming (6,5 GJ of 300 m<sup>3</sup> gas per jaar);
  - elektriciteit (7 GJ of 2600 kWh/a);
  - elektriciteitsvraag buiten gebouwen (0,3 GJ);
  - koelvraag (1,6 GJ of 300 kWh<sub>c</sub>/a);
  - personenvervoer (11 GJ).

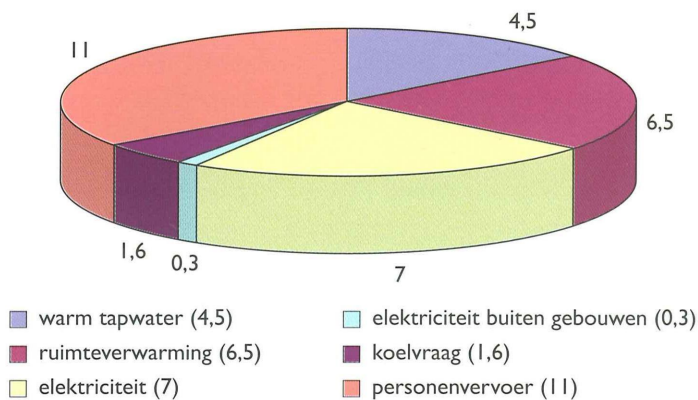
### TECHNIEKEN VAN DE TOEKOMST

Duurzame technieken die in energieconcepten kunnen worden toegepast zijn onder te verdelen in bestaande, toekomstige (binnen circa tien jaar) en nog te ontwikkelen technieken (na 2020). Onder bestaande duurzame technieken worden hoge- en lagetemperatuurwarmtenetten, geothermische bronnen, warmte-koudeopslag (wko), vlakkeplaat- en vacuüm-buiszoncollectoren, warmtepompen, warmtegedreven koeling, zonnepanelen (pv), urban wind en biomassa verstaan. Toekomstige technieken zijn onder andere organic rankine cycles (ORC), warmtepompenbooster, elektriciteitshub, heat- en powermatcher, compacte seizoenopslag van warmte en waterstof als energiedrager. Technieken die al bedacht zijn maar waarvan de ontwikkeling nog moet beginnen zijn onder andere bi-directionele warmtenetten, warmte- en energiehubs.

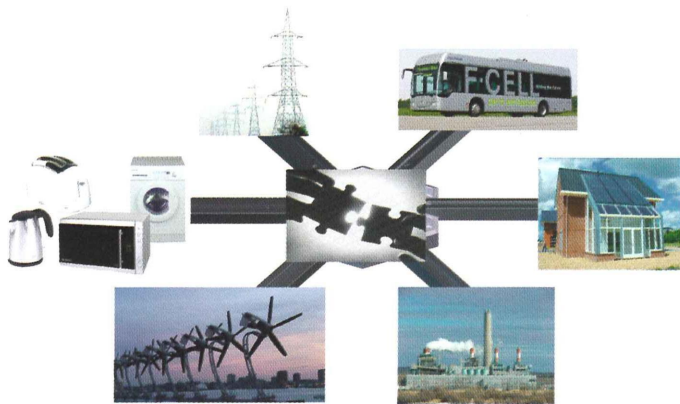
### ENERGIEHUBS

Een energiehub is een centraal punt in de wijk waar alle energiedistributiesystemen bij elkaar komen en energiestromen

energievraag in GJ per woning per jaar (2050)  
(totaal: 31 GJ)



Energievraag in GJ per woning per jaar geraamd voor 2050 [ECN].



Vraag-aanbodafstemming met PowerMatcher [Opstelten, 2010].

in elkaar kunnen worden omgezet. Auto's kunnen er (bio) gas of vloeibare biobrandstoffen tanken, (bio)gas kan worden gebruikt in warmtekrachtsystemen om warmte en elektriciteit te genereren, de elektriciteit kan worden gebruikt om elektrische auto's op te laden en met warmtepompen kan warmte en/of koude worden gegenereerd. Ook wordt verwacht dat energiehubs zullen zijn uitgerust met mogelijkheden voor seizoenopslag van warmte en koude. Energiemanagement, gebaseerd op de heat- en powermatchertechniek (nog in ontwikkeling), wordt gebruikt om de productie en vraag van alle stromen en conversies te coördineren. De energiehub zorgt in essentie voor een volledige benutting van het gehele duurzame energie opwekpotentieel van de systemen die eraan zijn verbonden.

### MATE VAN ENERGIENEUTRALITEIT

In een Excel-rekenmodel zijn de energieprestaties van de diverse energieconcepten berekend. De energetische prestatie is uitgedrukt in mate van energieneutraliteit (of zelfvoorzienendheid) die is gedefinieerd als de in het gebied opgewekte duurzame energie gedeeld door de energievraag van het betreffende gebied. Als de mate van energieneutraliteit groter is

|                                                    |                           |                                                    | mate van energieneutraliteit [%] |               |              |               |              |               |
|----------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
|                                                    |                           |                                                    | 2020                             |               | 2035         |               | 2050         |               |
| energieconcepten                                   | individueel of collectief | koeling                                            | exl. vervoer                     | incl. vervoer | exl. vervoer | incl. vervoer | exl. vervoer | incl. vervoer |
| 1. restwarmte en/of geothermie (Geohubs)           |                           |                                                    |                                  |               |              |               |              |               |
| hogetemperatuurrestwarmte-benutting of geothermie  | stadsverwarming           | compressiekoeling uit PV of sorptiekoeling uit zon | 96                               | 61            | 120          | 73            | 164          | 96            |
| 2. restwarmte en/of biomassa (Biohubs)             |                           |                                                    |                                  |               |              |               |              |               |
| matigtemperatuurrestwarmte-benutting               | stadsverwarming           | compressiekoeling uit PV of sorptiekoeling uit zon | 93                               | 60            | 119          | 72            | 163          | 95            |
| 3. alles op zon concepten (Zonhubs)                |                           |                                                    |                                  |               |              |               |              |               |
| hogetemperatuuropslag van zonnepanelen             | stadsverwarming           | compressiekoeling uit PV of sorptiekoeling uit zon | 53                               | 34            | 73           | 45            | 130          | 76            |
| lagetemperatuuropslag met ORC/WP                   |                           |                                                    | 47                               | 30            | 72           | 43            | 131          | 76            |
| 4. all-electricconcepten                           |                           |                                                    |                                  |               |              |               |              |               |
| individuele elektrische WP, PV en zonnecollectoren | individueel               | vrije koeling met bodemwarmtewisselaar (wv)        | 71                               | 45            | 102          | 61            | 150          | 87            |
| Individuele elektrische WP en PV                   |                           |                                                    | 73                               | 47            | 106          | 64            | 157          | 92            |
| 5. conventionele concepten met PV                  |                           |                                                    |                                  |               |              |               |              |               |
| individuele gasketels met PV                       | individueel               | compressiekoeling uit PV                           | 36                               | 23            | 64           | 38            | 112          | 65            |
| individuele gasketels, zonnecollectoren en PV      |                           | compr. of sorptiekoeling uit zon                   | 38                               | 24            | 65           | 40            | 114          | 67            |
| 6. waterstofconcept                                | individueel               | vrije koeling met bodem wv                         | 15                               | 7             | 57           | 30            | 115          | 54            |

Tabel 1. Mate van energieneutraliteit van de energieconcepten in 2020, 2035 en 2050 [ECN].

dan 100 procent is er sprake van een energieleverend gebied. Bij een kleiner percentage zal fossiele brandstof (of import van elektriciteit, al dan niet uit duurzame bronnen) nodig zijn om in de totale energievraag te voorzien.

## ENERGIECONCEPTEN VOOR 2050

Door het weloverwogen combineren van bovengenoemde technieken zijn zes typen energievoorzieningsconcepten voor gebieden ontwikkeld.

- geohubs;
- biohubs;
- zonhubs;
- all-electricconcepten;
- conventionele concepten;
- waterstofconcepten.

Binnen de zes hoofdconcepten is een aantal zinvolle varianten gedefinieerd. Van elk van de varianten is de energiestaat bepaald en uitgedrukt in de mate van energieneutraliteit voor 2020, 2035 en uiteindelijk voor 2050.

De eerste stap in alle energieconcepten is het beperken van de vraag door nieuwbouw of renovatie op passiefhuisniveau. Nieuwbouw bereikt het passiefhuisniveau met een goede gebouwschil (isolatie en kierdichting), lt-verwarming en wtw uit ventilatielucht. De ruimteverwarmingsvraag daarvan is 15 kWh/m<sup>2</sup> vloeroppervlakte per jaar. Renovatiebouw heeft een hogere warmtevraag, 28 kWh/m<sup>2</sup>/a. Beide typen woningen hebben ook wtw uit afvalwater.

Er komt steeds meer beschikbare dakoppervlakte voor zonne-energie-toepassingen, zoals zonnecollectoren, zonnepanelen of PVT (zonnecollectoren en zonnepanelen in één). In 2050 kan 28,1 m<sup>2</sup> per woning worden gebruikt voor de opwekking. De toename van het beschikbare dakoppervlak komt vooral door zongerichte oriëntatie van de nieuwe woningen. De energieconcepten zijn samengevat in tabel 1.

Alle concepten kunnen in 2050 leiden tot volledige energieneutraliteit. Indien het persoonlijk vervoer wordt meegenomen, is de volledige energieneutraliteit met geen van de concepten haalbaar. Bovenstaande algemene energieconcepten dienen als blauwdruk voor de keuzes van de concrete energieconcepten van de gemeenten. Deze keuzes zijn afhankelijk van meerdere aspecten, zoals de gebiedskenmerken, beschikbaarheid en type energiebronnen, eigenschappen van bestaande gebouwen en aanwezige infrastructuur, grootte van het gebied en de energievisies van de gemeenten. Het is uiteindelijk vooral een economische keuze welk concept wordt gekozen.

### Almere - Kruidenwijk

De Kruidenwijk is een laagbouw woonwijk uit de jaren tachtig in het noordwesten van Almere Stad. Ten noorden van de wijk liggen de Noorderplassen, zandwinputten van ongeveer 20 m diep. De woningen hebben grotendeels platte daken en gevels, voor iets meer dan de helft op het zuiden georiënteerd. Gevels kunnen naar passiefhuisstandaard worden

gerenoveerd. In de Kruidenwijk is een warmtenet met hogetemperatuurwarmte aanwezig dat zich ook over andere delen van de stad uitstrekt.

Vanwege het reeds beschikbare warmtenet en de aanwezigheid van de Noorderplassen wordt in Almere gekozen voor concept 1, hogetemperatuurgeothermie met mogelijke bijdrage van biomassa (concept 2). Indien geothermie niet mogelijk blijkt, dan heeft concept 3, lagetemperatuuropslag (in de Noorderplassen) met ORC en/of warmtepompen, de voorkeur.

#### Apeldoorn - Kanaalzone Noord

In de Roadmap 2020 wordt de ambitie van de gemeente Apeldoorn uitgesproken om 100 procent energieneutraal te worden in 2020. De gemeente richt zich op een all-electric-concept, waarmodig met kleinschalige warmtenetten.

Kanaalzone Noord wordt tot 2025 herontwikkeld. Daarna typeert dit gebied zich door een mix van bestaande bouw, nieuwbouw en kleinschalige industrie. Ook zal een deel van de Kanaalzone als een recreatiegebied dienen. Door het hele gebied loopt een kanaal. De nu aanwezige industriegebouwen worden vervangen door kantoren en woningen. Gemeente Apeldoorn streeft naar een combinatie van wonen en werken, met behoud van het kleinschalige karakter en de cultuurhistorische en natuurlijke waarden.

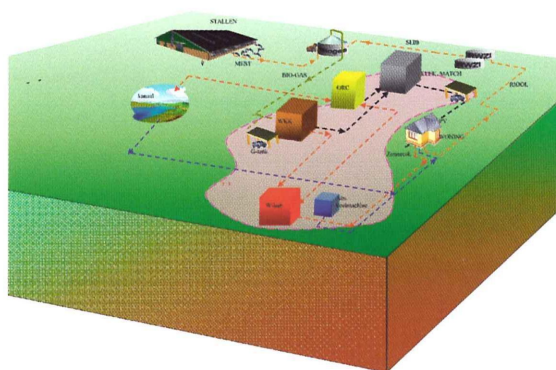
Biomassa en huishoudelijk afval worden in de toekomst uit de wijk getransporteerd en niet direct in de wijk gebruikt als energiebron. Wel wordt het biogas na opwekking tot aardgaskwaliteit naar de stad getransporteerd, waar het met biowkk-installaties in stroom en warmte wordt omgezet. De bodem onder Apeldoorn is waarschijnlijk geschikt voor een duurzame warmte- en koudevoorziening.

De resterende, naar verwachting lage, koudevraag (passiefhuizen hebben geen serieuze koudevraag, kantoren wel) kan door wko uit grondwater worden opgewekt. Warmte kan met elektrische warmtepompen worden opgewekt (ORC in winterbedrijf). Voor het gebruik van het Apeldoornskanaal als warmte-koudebron is het noodzakelijk dat hierin voldoende stroming is. Hoewel het water in het kanaal nauwelijks stroomt, is het op een energetisch interessante manier in beweging te krijgen door oppompen en laten stromen op bepaalde locaties met juiste hoogteverschillen buiten het gebied.

Vanwege de ambities van de gemeente Apeldoorn en het karakter van de Kanaalzone Noord lijkt concept 4, all-electric in combinatie met concept 3, lagetemperatuuropslag met ORC of warmtepompen, het meest geschikt.



Woningen in de Kruidenwijk (Ymere).



Energiestromen in Apeldoorn [CHRI].

#### Nijmegen - Waalfront, Waalsprong en binnenstad

De Waalsprong is een laagbouw woonwijk uit het begin van de eenentwintigste eeuw van 8.500 woningen, ten noorden van de Waal tegenover de binnenstad. Het Waalfront is een voormalig industrieterrein ten westen van de binnenstad aan de zuidoever van de Waal, waar ongeveer 2.650 woningen worden gebouwd. In de binnenstad zijn vele panden uit de wederopbouwperiode aan renovatie toe.

Deze drie locaties zullen in 2050 als een geheel energieneutraal worden. De nieuwbouw in Waalsprong en Waalfront kan overtollige energie leveren aan de binnenstad. Vanwege de bestaande en vooral historische gebouwen en naar verhouding weinig dakoppervlakte voor energieopwekking is het onwaarschijnlijk dat de binnenstad op zich energieneutraal kan worden.

Gemeente Nijmegen heeft de ambitie om de Waalsprong in 2020 energieneutraal te krijgen met een hybride warmtenet. Op de Waal wordt binnenkort een bypass gerealiseerd en ontstaan twee eilanden. De Waal kan worden gebruikt voor



koeling en opwekking van energie uit stroming. De koelte zal vooral in de kantoren worden gebruikt. WKO levert koude uit grondwater die direct voor gebouwkoeling kan worden ingezet. Warmte kan met elektrische warmtepompen worden opgewekt, met het grondwater als bron.

Een geothermische bron (uitgevoerd als een doublet) waaruit hogetemperatuuraardwarmte kan worden gewonnen is een mogelijkheid. Dit doublet kan dienen als een tijdelijke opslag voor overschot aan hogetemperatuurwarmte, ook zonnepwarmte opgewekt door vacuümbuiscollectoren. Afvalverwerking ARN levert ook warmte (40 – 50 °C) die niet ten koste gaat van elektriciteit. Electrabel-centrale G13 sluit in 2035.

Omdat Nijmegen over genoeg mogelijkheden restwarmte beschikt voor het winnen van geothermische en zonnepwarmte, wordt vanwege de aanwezigheid van de Waal voor Nijmegen gekozen voor concept 1 of 2 (geo- of biohub met matigtemperatuurrestwarmtebenutting) eventueel in combinatie met concept 3, zonhub met centrale opslag van hogetemperatuurzonnewarmte.

#### *Tilburg-Noord*

Tilburg-Noord wordt tot 2020 herontwikkeld. Er staat groot onderhoud gepland aan circa 1.100 woningen (bouwjaar 1965 – 1970). Tevens wordt aan de noordkant van de stad een nieuwbouwwijk gerealiseerd met 700 – 800 woningen. In het grootste gedeelte van de stad is stadsverwarming aanwezig. Het hogetemperatuurwarmtenet wordt door de kolengestookte Amercentrale van warmte voorzien.

De ambitie van de gemeente Tilburg is in 2045 energieneutraal te zijn. Een van de hoofddoelen daarbij is verduurzaming van het aanwezige warmtenet. Gemeente Tilburg zet onder meer in op grootschalige koude-warmteopslag (KWO). Indien de Amercentrale ooit zou sluiten, kan het warmtenet van warmte worden voorzien met warmte vanuit zonnecollectoren en bio-wkk-installaties (biomassa gestoken warmtekrachtkoppelingen), eventueel in combinatie met geothermische bronnen.

Opslag van warmte vindt plaats door gebruik te maken van compacte thermochemische opslag toegepast in woningen en/of geothermische doubletten. Opslag van elektriciteit vindt in principe niet plaats op de energiehubs, maar door de accu's van auto's te koppelen aan een elektriciteitsnet van de woningen of andere gebouwen. Dit is mogelijk door het zogenaamde 'vehicle-to-grid'-systeem (V2G). De elektriciteit die niet op deze manier kan worden opgeslagen, kan worden uitgewisseld met de rest van Europa.

Aangezien de ambitie van Tilburg is om het warmtenet te verduurzamen en er voldoende duurzame energiebronnen zijn die de continuering van het warmtenet mogelijk maken, wordt voor Tilburg gekozen voor een energiehubs. In het gebied vindt mogelijk een overgang plaats van concept 1 of 2, geo- of biohub (hogetemperatuurrestwarmtebenutting, met gebruik van biomassa) naar concept 3, zonhub (hogetemperatuuropslag van zonnepwarmte).

### **CONCLUSIES**

Uit het uitgevoerde onderzoek kunnen de volgende voorlopige conclusies worden getrokken.

Energieneutraliteit van de gebouwde omgeving kan op termijn slechts worden bereikt door een verregaande verlaging van de energievraag. Zongerichte nieuwbouw en renovatie volgens passiefhuisstandaard en gedegen ontwikkeling van wtw uit afvalwater zijn hiervoor essentieel.

Daarnaast is energieneutraliteit van de gebouwde omgeving in 2050 mogelijk met alle onderzochte energieconcepten. De geo- en biohubconcepten en het all-electricconcept (warmtepompen met pv) leiden tot de hoogste mate van energieneutraliteit, gevolgd door de zonhubs. Conventionele concepten met zonnepanelen en het waterstofconcept kunnen energieneutraliteit niet bereiken. Belangrijk gevolg van het feit dat alle concepten energieneutraliteit bereiken, is dat transitie vanuit bestaande energie-infrastructuren mogelijk is. Gedane investeringen worden daarmee niet vernietigd.

Ten slotte is energieneutraliteit voor gebouwde omgeving inclusief vervoer binnen het gebied niet haalbaar onder gedane aannames. Het energiegebruik voor vervoer blijft daar ook in 2050 te hoog voor.

### **VERVOLGSTAPPEN**

Binnen de studie, uitgevoerd met subsidie van het ministerie van Economische Zaken, 'regeling Energie Onderzoek Subsidie: lange termijn', wordt nog onderzoek gedaan naar verschillende aspecten van de energieconcepten. Er wordt ingezoomd op energiehubs en de energieconcepten voor de vier gemeenten worden op maat uitgewerkt.

#### **Auteurs**

*Bronia Jablonska, projectleider ECN*

*Huib Visser, projectmedewerker ECN*

*Gerritjan Ruijg, projectmedewerker ECN*

*Tjerk Epema, projectmedewerker TNO*

*Eric Willems, projectmedewerker Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs*