



**Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland**

Concepten voor energieneutrale wijken

Onderdeel Toolbox voor energie in duurzame gebieds-
ontwikkeling, EOS LT 03029

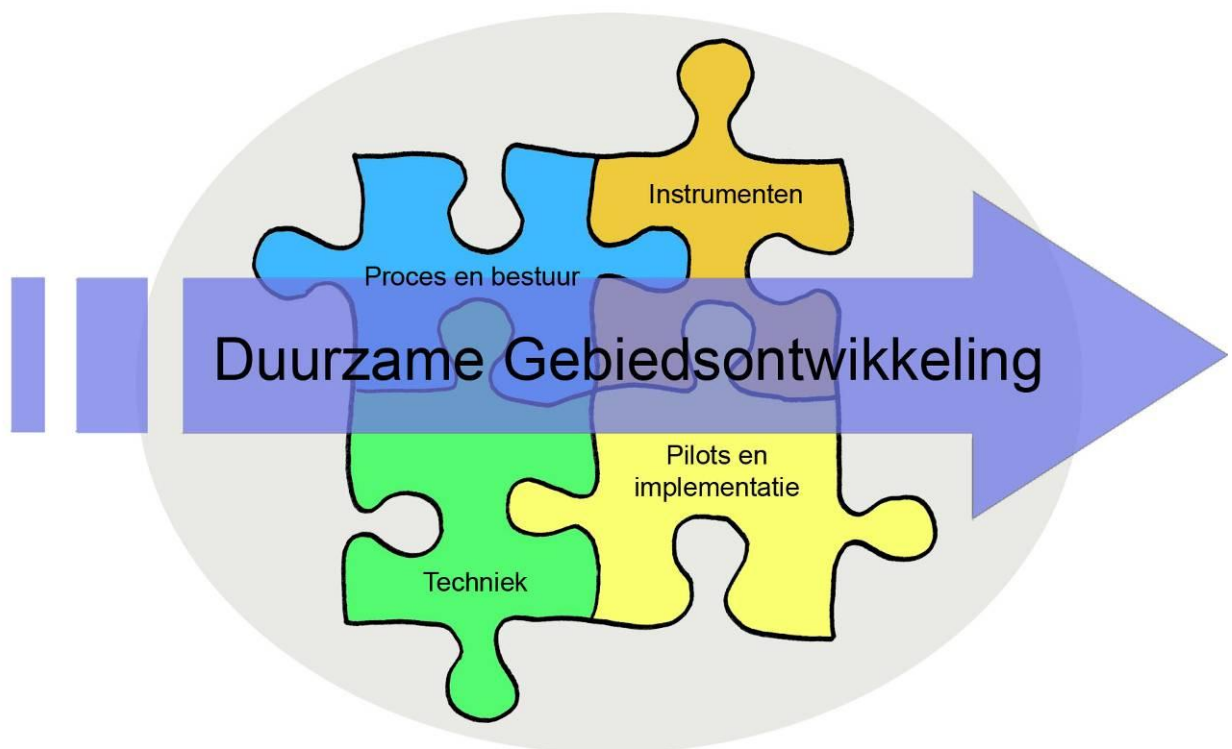
Datum 2012

in opdracht van Agentschap NL (nu Rijksdienst voor
Ondernemend Nederland)

www.rvo.nl

Toelichting Instrument 5

Onderdeel Toolbox voor energie in duurzame gebiedsontwikkeling



Instrument 5, Concepten voor energieneutrale wijken

De gehanteerde definitie voor energieneutraal is als volgt:

- Een gebied is energieneutraal als er op jaarbasis geen netto import van energie van buiten de systeemgrens nodig is. Dit betekent dat het energiegebruik binnen de systeemgrens gelijk is aan de hoeveelheid duurzame energie die binnen de systeemgrens wordt opgewekt. In afwijking van de definitie van PEGO wordt het energieverbruik dat voortkomt uit de oprichting en sloop van de gebouwen in dit onderzoek niet meegerekend.
- In een energieneutraal gebied worden op energetisch en economisch optimale wijze de lokaal beschikbare energiebronnen (inclusief eventuele grondstoffen ter winning van energie) geëxploiteerd.
- Een energieneutraal gebied is geen autarkisch gebied dat geen uitwisseling van energie met zijn omgeving kent. Overschotten aan energie kunnen geëxporteerd worden en dezelfde hoeveelheid energie kan in het geval van energietekort worden geïmporteerd uit omliggende gebieden. (Met name voor elektriciteit geldt dat transport meer voor de hand ligt dan opslag).

Energieconcepten op hoofdkenmerken

Door het weloverwogen combineren van technologieën zijn zes typen energievoorzieningsconcepten voor gebieden ontwikkeld, verder uitgewerkt werkpakket 3. Dit zijn:

1. Geo-Hubs;
2. Bio-Hubs;
3. Zon-Hubs;
4. All-electric concepten;
5. Conventionele concepten;
6. Waterstofconcepten.

In tabel 1 staan de hoofdkenmerken samengevat.

Tabel 1: Energieconcepten

Concept	Hoofdkenmerk	Warmtebron
Geo-hub	Warmtedistributie op 70 °C of hoger	Geothermie, industrie of elektriciteitscentrale
Bio-hub	Warmtedistributie op 40 °C a 50 °C	Meestal AVI
Zon-hub (1)	Warmte uit vacuümbuiscollectoren in bi-directioneel warmtenet, opgeslagen in ondiepe geothermie	Zon
Zon-hub (2)	Warmte uit vacuümbuiscollectoren in bi-directioneel warmtenet, ORC maakt elektriciteit, warmte opgeslagen in omgeving. ORC werkt ook als warmtepomp	Zon
All-electric concepten	Warmtepompen met verticale bodemwarmtewisselaars, PV en onshore wind	Bodem
Conventionele concepten + zon	Gasgestookte HR-ketels en PV	Aardgas en/of biogas
Waterstof concepten	Elektriciteit uit PV i.c.m. waterstofbrandstofcellen.	waterstof

Beknopte beschrijving van de concepten op hoofdkenmerken

Restwarmte en/of geothermie: Geo-Hubs

Hoofdkenmerk: warmtedistributie op 70°C of hoger.

Restwarmtebron: industrie, elektriciteitscentrale of geothermisch doublet¹. Bij elektriciteitscentrales leidt dit tot een lager elektrisch opwekkingsrendement. Maar als gasgestookte cv-ketels vervangen worden door warmtedistributie uit elektriciteitscentrales wordt toch primaire energie bespaard.

Energieconcept 1: koudelevering met elektrisch gedreven compressiekoeling.

Energieconcept 2: koudelevering met zonthermisch gedreven sorptiekoeling.

Hoofdkenmerk	Warmtedistributie op 70°C
Eigenschappen restwarmtebron	Industrie, elektriciteitsproductie, geothermie
Koeling	Compressiekoeling uit PV of sorptiekoeling uit zon

¹ Hierbij moet worden aangetekend dat een geothermisch doublet een eindige levensduur heeft en uiteindelijk weer “geladen” moet worden met zonne-energie om echt duurzaam te zijn.

Restwarmte en/of biomassa: Bio-Hubs

Hoofdkenmerk: warmtedistributie op 40 à 50°C.

Restwarmtebron: meestal afvalverbrandingsinstallatie (AVI). Biomassa maakt tot de helft van de verbrandingswaarde van grijs afval uit. In AVI's komt de meeste restwarmte op 40 à 50°C vrij uit de rookgasreinigers. Gebruik van deze restwarmte leidt niet tot een lager elektrisch rendement, in tegenstelling tot warmtegebruik op hogere temperatuur.

Energieconcept 3: koudelevering met elektrisch gedreven compressiekoeling.

Energieconcept 4: koudelevering met zonthermisch gedreven sorptiekoeling.

Hoofdkenmerk	Warmtedistributie op 40°C
Eigenschappen restwarmtebron	Industrie, elektriciteitsproductie, verbranding van afval en/of biomassa
Koeling	Compressiekoeling uit PV of sorptiekoeling uit zon

Alles-op-zon concepten: Zon-Hubs

Variant 1: Alles-op-zon met hoge temperatuur opslag van zonnepwarmte

Hoofdkenmerk: warmte uit vacuümbuiscollectoren wordt door een bidirectioneel warmtenet op hoge temperatuur verzameld en opgeslagen op ongeveer 60°C in ondiepe geothermisch doubletten. 's Winters volgt distributie van bewaarde warmte op 40 à 50°C.

Warmtebron: 100% zon.

Energieconcept 5: koudelevering met elektrisch gedreven compressiekoeling.

Energieconcept 6: koudelevering met zonthermisch gedreven sorptiekoeling.

Variant 2: Alles op zon met lage temperatuur opslag van zonnepwarmte

Hoofdkenmerk: warmte uit vacuümbuiscollectoren wordt door een bidirectioneel warmtenet op hoge temperatuur verzameld. Een Organic Rankine Cycle (ORC) maakt hiermee elektriciteit. De lage temperatuur restwarmte wordt opgeslagen, bijvoorbeeld in een diepe plas (zoals in Almere). 's Winters wordt de werking van de ORC omgekeerd, zodat hij als warmtepomp gaat dienen, waarna distributie van bewaarde warmte op 40 à 50°C volgt.

Warmtebron: 100% zon.

Energieconcept 7: koudelevering met elektrisch gedreven compressiekoeling.

Energieconcept 8: koudelevering met zonthermisch gedreven sorptiekoeling.

Hoofdkenmerk	Warmtedistributie op 40°C; warmtecollectie op 70 à 100 °C.
Eigenschappen warmtebron	Zon, omgevingswarmte
Koeling	Compressiekoeling uit PV of sorptiekoeling uit zon

All-electric concepten

Hoofdkenmerk: elektriciteit uit PV en onshore wind uit de wijk wordt gebruikt om individuele elektrische warmtepompen aan te drijven. De warmtepompen gebruiken verticale bodemwarmtewisselaars als warmtebron. De bodem onder de gebouwen wordt 's zomers geregenereerd met behulp van gebouwkoeling, die daardoor geen extra energie kost.

Warmtebron: 100% bodem.

Energieconcept 9: warmtapwaterlevering voor een deel met zonnecollectoren.

Energieconcept 10: warmtapwaterlevering volledig met de warmtepomp.

Levering van warmtapwater door de warmtepomp met elektriciteit uit PV is efficiënter dan warmtapwater uit zonnecollectoren, maar als de laatste goedkoper blijkt gaat daar de voorkeur naar uit.

Hoofdkenmerk	Individuele warmtepompen met verticale bodemwarmtewisselaars
Eigenschappen warmtebron	Koeling van gebouwen, omgevingswarmte, zon
Koeling	Vrije koeling met bodemwarmtewisselaar

Conventionele concepten met PV

Hoofdkenmerk: warmte wordt door gasgestookte HR-ketels geproduceerd en elektriciteit met PV. Deze concepten zijn ter vergelijking uitgewerkt om te bepalen hoeveel de andere concepten besparen ten opzichte van doorontwikkeling van de bestaande situatie.

Warmtebron: aardgas en/of biogas.

Energieconcept 11: warmtapwaterlevering volledig met de HR-ketel en koudelevering met elektrisch gedreven compressiekoeling.

Energieconcept 12: warmtapwaterlevering voor een deel met zonnecollectoren en koudelevering met elektrisch gedreven compressiekoeling.

Energieconcept 13: warmtapwaterlevering voor een deel met zonnecollectoren en koudelevering zonthermisch gedreven sorptiekoeling.

Hoofdkenmerk	Individuele HR-gasketels
Eigenschappen warmtebron	Aardgas en/of biogas, zon
Koeling	Compressiekoeling uit PV of sorptiekoeling uit zon

Waterstof concepten

Hoofdkenmerk: elektriciteit uit PV wordt gebruikt om waterstof te produceren. Deze wordt opgeslagen en 's winters ingezet in brandstofcellen. Om vraag en aanbod van elektriciteit en warmte in evenwicht te brengen kan het systeem worden aangevuld met individuele elektrische warmtepompen.

Warmtebron: waterstof.

Hoofdkenmerk	Productie waterstof met PV, opslag, inzet in brandstofcellen. Individuele warmtepompen voor bijstook.
Eigenschappen warmtebron	Zon (voor waterstofproductie), omgevingswarmte
Koeling	Vrije koeling met bodemwarmtewisselaar

Energieconcepten

Binnen de zes hoofdconcepten zijn een 14-tal zinvolle varianten gedefinieerd. Er is bij de bepaling van de energieconcepten gekeken naar het aanbod in duurzame energie. Dit heeft geleid tot de voorwaarde dat woningen op passief huis niveau gebracht moeten worden. De gebieden hebben woningen en gebouwen die nieuw gebouwd of gerenoveerd zijn. Nieuwbouw is op passiefhuisniveau met lage temperatuur verwarming en warmteterugwinning uit ventilatielucht: de ruimteverwarmingsvraag daarvan is 15 kWh/m² vloeroppervlakte per jaar. Bij renovatiebouw wordt een hogere toegestaan: warmtevraag: 28 kWh/m² per jaar. Beide typen woningen hebben ook warmteterugwinning uit rioolwater.

De volgende energieconcepten zijn beschouwd:

Nr	Naam	Verwarming	Koeling
Restwarmte en/of geothermie (EnergyHub)			
	1.Hoge temperatuur restwarmte benutting of geothermie	Stadsverwarming	Compressiekoeling
	2.Hoge temperatuur restwarmte benutting of geothermie	Stadsverwarming	Dec.sorptiekoeling
	3. Matige temperatuur restwarmtebenutting	Stadsverwarming	Compressiekoeling
	4. Matige temperatuur restwarmtebenutting	Stadsverwarming	Dec.sorptiekoeling
Alles zon concepten (Energy Hubs)			
	5. Hoge temperatuur opslag van zonnewarmte	Stadsverwarming	Compressiekoeling
	6. Hoge temperatuur opslag van zonnewarmte	Stadsverwarming	Dec sorptiekoeling
	7. Koele opslag met ORC/WP	Stadsverwarming	Dec sorptiekoeling
	8. Koele opslag met ORC/WP	Stadsverwarming	Compressiekoeling
All Electric concepten			
	9. Individuele EWPen PV en Zonnecollectoren	Individueel	BodemWWkoeling
	10. Individuele elektrische WPen met PV	Individueel	BodemWWkoeling
Conventionele concepten met PV			
	11. Individuele gasketels met PV	Individueel	Compressiekoeling
	12. Ind.gasketels, zonnecollectoren en PV	Individueel	Compressiekoeling
	13. Ind.gasketels, zonnecollectoren en PV	Individueel	Dec sorptiekoeling
Waterstof concepten			
	14. Waterstof met indiv brandstofcellen + EWPen + PV	Individueel	BodemWWkoeling

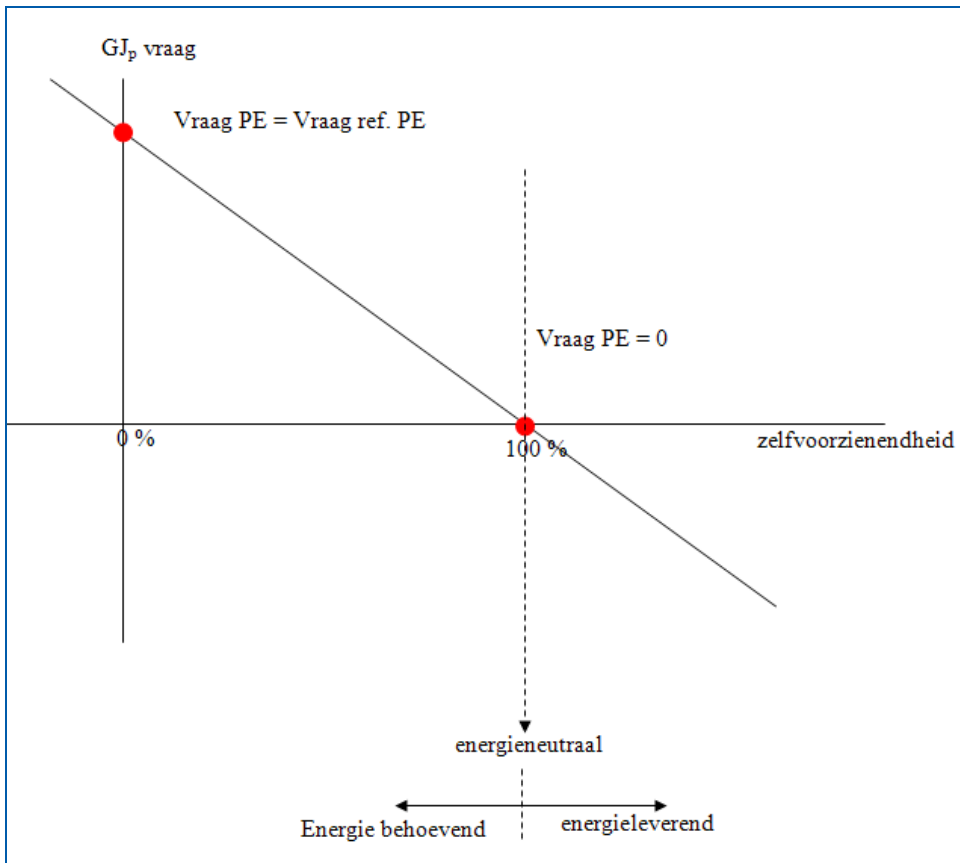
Beoordeling energieconcepten

De concepten kunnen onderling vergeleken worden door de zogenaamde 'zelfvoorzienendheid' of percentage energieneutraliteit te berekenen. De zelfvoorzienendheid geeft de verhouding tussen de primaire energievraag van het concept met de primaire energievraag van de referentiesituatie (warmte: gasketel, koude: compressie koelmachine) In onderstaande figuur staat aangegeven hoe de zelfvoorzienendheid berekend wordt.

Met het begrip zelfvoorzienendheid wordt aangegeven welk percentage van het na besparingen resterende energieverbruik vanuit het gebied zelf kan worden geleverd t.o.v. een referentiewijk. De referentiewijk is een gebied met bouwkundig gelijke woningen als het gebied. De energievoorziening bestaat uit conventionele gasketels etc. Er zijn 5 mogelijke uitkomsten van de zelfvoorzienendheid:

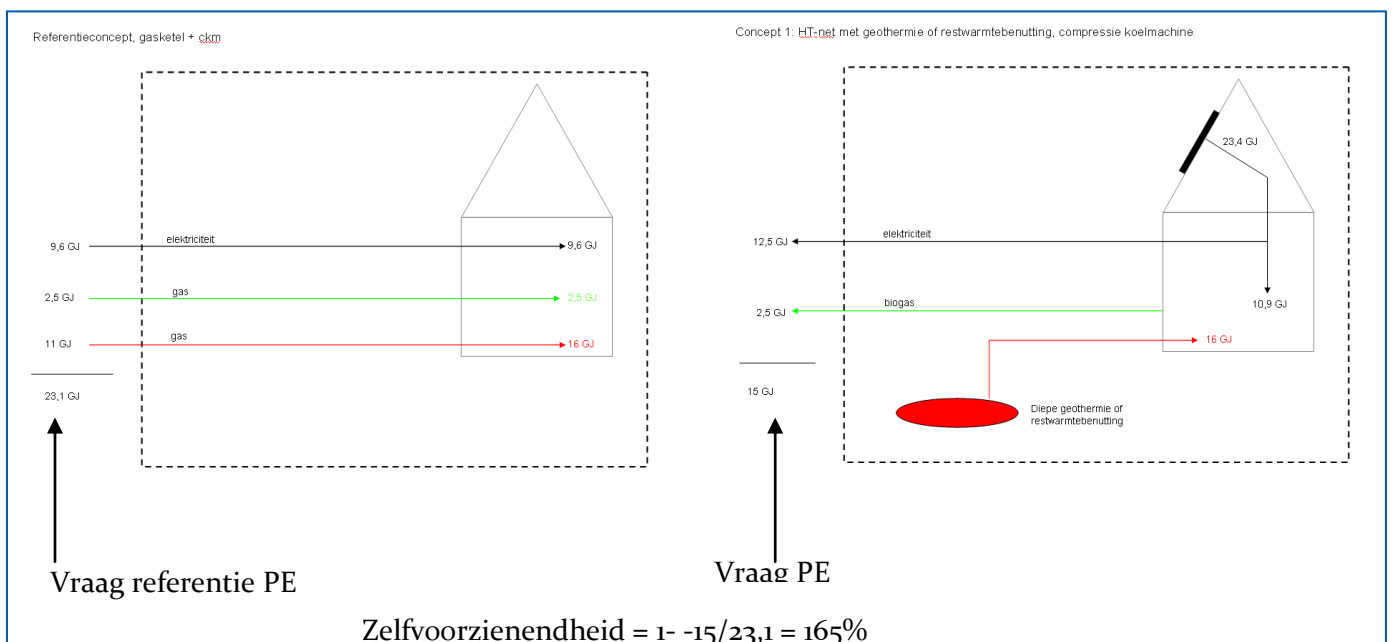
Percentage zelfvoorzienendheid (ZVH)	Betekenis
$ZVH < 0\%$	<ul style="list-style-type: none">- Gebied gebruikt meer primaire energie dan het referentiegebied- Invoer primaire energie
$ZVH = 0\%$	<ul style="list-style-type: none">- Gebied gebruikt even veel primaire energie als het referentiegebied- Invoer primaire energie
$0\% < ZVH < 100\%$	<ul style="list-style-type: none">- Gebied gebruikt minder primaire energie dan het referentiegebied- Invoer primaire energie
$ZVH = 100\%$	<ul style="list-style-type: none">- Gebied gebruikt minder primaire energie dan het referentiegebied- Geen invoer primaire energie
$ZVH > 100\%$	<ul style="list-style-type: none">- Gebied gebruikt minder primaire energie dan het referentiegebied- Uitvoer primaire energie

In onderstaande figuur staat dit grafisch weergegeven.



Figuur 1 Grafische weergave zelfvoorzienendheid

In onderstaande wordt toegelicht hoe de zelfvoorzienendheid berekend wordt.



Figuur 2 Voorbeeldberekening zelfvoorzienendheid

Resultaten energieconcepten

In de onderstaande tabel staan de resultaten van de energieconcepten weergegeven.

ENERGY CONCEPTS	Individual or collective	Cooling	Degree of energy neutrality [%]						
			2020		2035		2050		
			excl	Incl	excl	Incl	excl	Incl	
1 Waste Heat and/or Geothermy (Geo-Hubs)									
High temperature waste heat utilization or geothermy	District heating	Compression cooling by PV or sorption cooling by solar	96	61	120	73	164	96	
2 Waste Heat and/or Biomass (Bio-Hubs)									
Moderate temperature waste heat utilization	District heating	Compression cooling by PV or sorption cooling by solar	93	60	119	72	163	95	
3 All-Solar concepts (Solar-Hubs)									
High temperature storage of solar heat	District heating	Compression cooling by PV or sorption cooling by solar	53	34	73	45	130	76	
Low temperature storage with ORC or heatpumps	District heating	Compression cooling by solar	47	30	72	43	131	76	
4 All-Electric concept									
Individual electric heatpumps, PV and solar collectors	Individual	Free cooling by ground heat exchanger	71	45	102	61	150	87	
Individual electric heatpumps and PV	Individual	Free cooling by ground heat exchanger	73	47	106	64	157	92	
5 Conventional concepts with PV									
Individual gas boilers with PV	Individual	Compression cooling by PV	36	23	64	38	112	65	
Individual gas boilers, solar collectors and PV	Individual	Compr. or sorpt. cooling by solar	38	24	65	40	114	67	
6 Hydrogen concepts	Individual	Free cooling by ground heat exch.	15	7	57	30	115	54	