

An aerial photograph of a residential area in Den Haag, Zuid-West. A red line outlines a specific district. Within this district, several buildings are highlighted with yellow outlines. The text is overlaid on the map.

Benchmark duurzame energieopties

Levering van warmte voor 6000 woningen in Den Haag Zuid-West

januari 2007

Benchmark duurzame energiesystemen

Inleiding

In Den Haag Zuid West gaat in de komende jaren veel nieuwbouw gerealiseerd worden. Naar schatting worden er in de periode tot 2013 circa 6.000 woningen gebouwd. Deze woningen worden gerealiseerd door de woningbouwverenigingen Vestia, Haagwonen en Staedion (en door de daarbij behorende projectontwikkelingsmaatschappijen). Daarnaast bevinden zich binnen het gebied een locatie waar de gemeente een nieuw stadskantoor gaat bouwen en een ziekenhuis. De gemeente Den Haag heeft de ambitie om op langere termijn een CO₂-neutrale stad te worden.

Onderzocht is wat de mogelijkheden zijn om de te realiseren gebouwen op een duurzame manier van warmte te voorzien. Daartoe zijn de alternatieven, die op dit moment uitvoerbaar zijn, op hoofdlijnen uitgewerkt en met elkaar vergeleken.

De volgende duurzame energieopties worden met elkaar vergeleken:

- Stadsverwarming
- Restwarmte uit de industrie
- Restwarmte uit riool
- Micro-Warmtekracht (micro-WK)
- Individuele warmtepompen met een gemeenschappelijk aquifersysteem
- Centrale warmtepompen met een gemeenschappelijke aquifersysteem
- Geothermie
- HR-ketel (= referentie)

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van een consortium van opdrachtgevers bestaande uit: Gemeente Den Haag, Vestia, Haagwonen, Staedion, Eon en Eneco. De benchmark is opgesteld door DWA installatie- en energieadvies en IF Technology, met bijdragen van Eneco.

Plangebied



Effect op de EPC

Volgens de huidige norm moet de EPC voor een woning 0,8 of lager zijn. Dit is haalbaar met een 'standaard' tussenwoning met:

- een Rc-waarde van 3,5 m²K/W en geïsoleerde buitendeuren en dubbele kierdichting
- HR⁺⁺-glas en op het zuiden zonwerend glas en zonwering
- vloerverwarming
- gebalanceerde ventilatie met 90% warmteterugwinning en bypass
- HR-combiketel.

De warmtevraag voor deze woning is 22 GJ/jaar en het gasverbruik met een HR-ketel is 850 m³ per jaar. In deze benchmark is de woning ongewijzigd, maar is de HR-ketel vervangen door duurzame energiesystemen. Dit leidt tot een lagere EPC-waarden.

Koeling in woningen

In de huidige benchmark wordt alleen naar verwarming gekeken en niet naar koeling. Met bouwfysische maatregelen is een goed binnencomfort in de zomer te garanderen. Indien koeling toch gewenst is, ontstaat een nieuwe situatie, omdat dan de kosten in de referentiesituatie aanzienlijk hoger zullen zijn.

Koeling is vrijwel zonder extra energieverbruik mogelijk bij toepassing van (individuele) warmtepompen. Kleinschalige koudeopwekking uit warmte van 70 °C behoort tot de mogelijkheden. Momenteel wordt er onderzoek naar gedaan, maar het is nog niet commercieel beschikbaar. Op termijn biedt dit perspectief voor geothermie en andere systemen met warmtedistributie.

Energiezuinige koeling met koudeopslag biedt ook mogelijkheden. Dit is gerealiseerd voor veel kantoren in het centrum van Den Haag, die met stadsverwarming worden verwarmd. Voor woningen vergt dit wel extra investeringen in een koudedistributienet, zij het dat dit aanzienlijk goedkoper kan zijn dan een warmtedistributienet.

Convenantpartners



Gemeente Den Haag



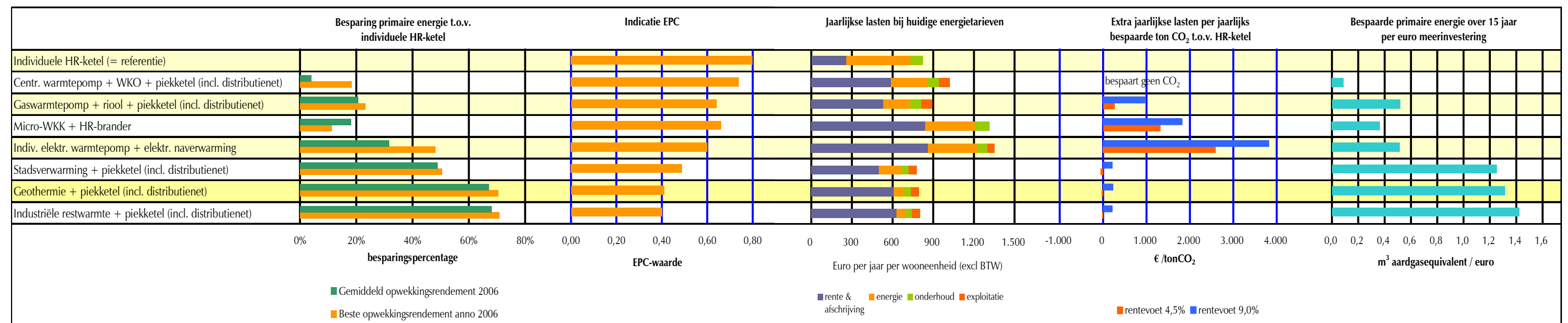
Staedion



Conclusies

- 1 Uit deze benchmark blijkt dat voor Den Haag Zuid-West diverse energiezuinige alternatieven bestaan voor de traditionele HR-ketel. Ten opzichte van een standaard woning met HR-ketel en een EPC van 0,8 is met duurzame energiesystemen nog 5 – 65% primaire energie te besparen.
- 2 Alle alternatieve duurzame energiesystemen hebben met elkaar gemeen dat de investeringen momenteel nog drie tot vier maal hoger zijn dan voor een individuele HR-ketel. Wel wordt een aanzienlijk deel van deze extra investeringen (zoals leidingnetten en bronnen) over een langere termijn afgeschreven, waardoor de jaarlijkse lasten minder sterk toenemen. Niettemin zijn de onderzochte alternatieven gevoelig er voor de kosten van kapitaal (rentevoet) dan de HR-ketel.
- 3 Bij de huidige energietarieven en een rentevoet van 4,5% zijn de totale jaarlijkse lasten van geothermie, restwarmte en stadsverwarming vergelijkbaar met die van de HR-ketel. Voor de overige energiesystemen liggen ze hoger. Zie diagram hieronder. Bij 50% hogere energietarieven ontstaat een verschil van ruim 20% in het voordeel van de eerstgenoemde systemen. Dit voordeel verdwijnt echter weer als de rentevoet wordt verhoogd naar 9%. De tarieven voor gas zijn in de achterliggende 10 jaar met 130% gestegen (bron CBS).
- 4 Als de bespaarde primaire energie wordt gerelateerd aan de jaarlijkse lasten (bij huidig energietarief), dan blijken restwarmte en geothermie veruit het best te presteren. Zie diagram onder.

- 5 De extra jaarlijkse lasten per bespaarde ton CO₂ zijn voor geothermie, restwarmte en stadsverwarming verwaarloosbaar als we met een rentepercentage van 4,5% rekenen. Bij een percentage van 9% zijn de jaarlijkse extra lasten 220 euro per bespaarde ton CO₂ (zie diagram onder). Stijgt de energieprijzen echter met 50% dan zijn de extra jaarlijkse lasten weer verwaarloosbaar.
- 6 Industriële restwarmte scoort ongeveer even goed als geothermie. In beide gevallen is voornamelijk pompenergie nodig om de warmte van een industrie over enkele kilometers afstand te transporteren, respectievelijk van twee kilometer diepte uit de bodem te halen. Industriële restwarmte is niet op acceptabele afstand van Den Haag Zuid-West beschikbaar. Het transport van restwarmte uit Rijnmond naar Den Haag zal aanzienlijk meer transportenergie vergen en is op afzienbare termijn niet beschikbaar.
- 7 Geothermie is nieuw in Nederland, maar in landen als Frankrijk en Duitsland al vaker toegepast. De risico's zitten vooral in de geschiktheid van de bodem om voldoende waterdebit van de gewenste temperatuur te produceren. Dit risico is te ondervangen door een goed geologisch vooronderzoek uit te voeren en door te anticiperen op maatregelen die een tegenvallend reservoir kunnen compenseren. Evenals andere grootschalige energiesystemen, wordt bij geothermie een piekketel of stadsverwarming ingezet om volledige back-up te garanderen, zodat het risico voor bewoners nihil is.
- 8 Geothermie scoort in deze benchmark op vrijwel alle aspecten beter dan de andere duurzame alternatieven en is derhalve waardevol om voor Den Haag Zuid-West verder te ontwikkelen.

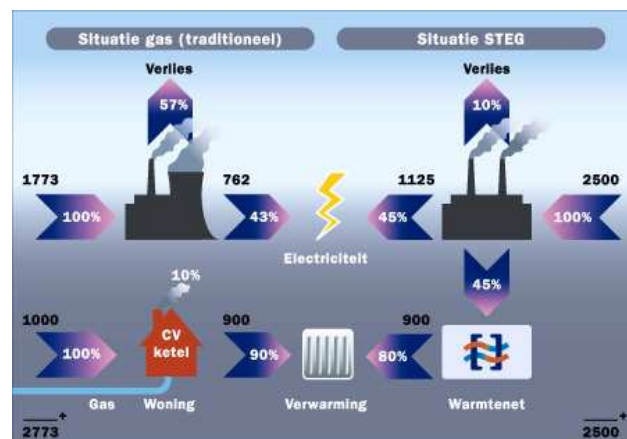


Energiesystemen (1)

Stadsverwarming

Bij de productie van elektriciteit gaat gemiddeld zo'n 47% van de energie verloren als afvalwarmte. Bij stadsverwarming gebruikt men de vrijkomende restwarmte in een elektriciteitscentrale om water in een distributienet te verwarmen. Met dit distributienet wordt het warme water naar woningen en utiliteitsgebouwen getransporteerd.

Een elektriciteitscentrale, die naast elektriciteitsopwekking, ook warmte voor stadsverwarming moet leveren, heeft iets meer brandstof nodig. Dat moet toegerekend worden aan de stadsverwarming. Daarnaast is er pompenergie nodig om het warme water door het leidingnet naar de gebouwen te pompen.



Met warmtekrachtkoppeling, zoals stadsverwarming, is minder brandstof nodig voor dezelfde hoeveelheid elektriciteit en warmte, dan bij gescheiden opwekking.



Restwarmte industrie

Industriële bedrijven hebben vaak restwarmte over. Als de industrie op acceptabele afstand van de gebouwde omgeving staat en de warmte heeft de goede temperatuur en is 'winbaar', kan het aantrekkelijk zijn om met deze restwarmte een warmtedistributienet op temperatuur te brengen. Evenals bij stadsverwarming moet het warme water naar de aangesloten woningen en utiliteitsgebouwen worden gepompt. De benodigde pompenergie moet toegerekend worden aan de aangesloten gebouwen. De afstand tussen warmtebron en de afnemers is sterk bepalend voor het energieverbruik, maar ook voor de investeringen en de economische haalbaarheid van een project.



Benutting rioolwarmte

Het effluent van een rioolzuiveringsinstallatie bevat laagtemperatuur warmte die gebruikt kan worden voor verwarmingsdoeleinden. Om de warmte van 15 à 24 °C te kunnen gebruiken is een warmtepomp nodig. Voor grootschalige projecten, waarin enkele duizenden woningen op een warmtedistributienet worden aangesloten, kan een gasmotorwarmtepomp worden toegepast. Dit is een combinatie van een gasmotor en een warmtepomp. De gasmotor drijft de compressor van de warmtepomp aan. Het te verwarmen water in het distributienet stroomt eerst door de warmtepomp en vervolgens door een warmtewisselaar waarin de motorwarmte aan het water wordt afgegeven.

Micro-Warmtekracht (micro-WK)

Een micro-WK wekt tegelijkertijd warmte en elektriciteit op. De warmte wordt gebruikt voor tapwaterverwarming of verwarming van de woning, de elektriciteit wordt eveneens in huis gebruikt of terug geleverd aan het openbare net als er een overschot aan elektriciteit is.

Een micro-WK draait op gas. Er zijn meerdere fabrikanten. De bekendste in Nederland zijn op dit moment de Whispergen, van de Nieuw-Zeelandse firma WhisperTech, waar Gasterra momenteel veldtesten mee uitvoert. En de tweede fabrikant is het Engelse Microgen, waar Gasterra en ketelfabrikant Remeha mee samenwerken om een micro-WK voor de Nederlandse markt te ontwikkelen.



Whispergen micro-WKK unit

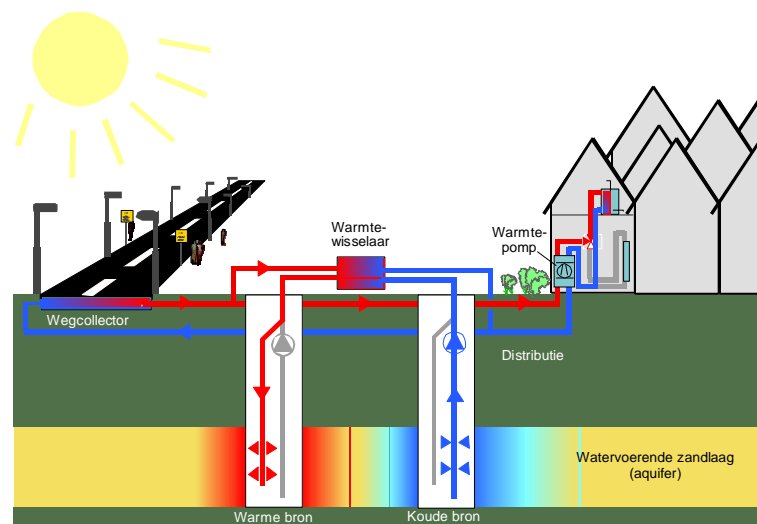
Beide fabrikanten hebben een elektrisch vermogen van circa 1 kW en een thermisch vermogen van circa 7 kW. Het thermische vermogen is te klein om volledig in de warmtevraag van een woning te voorzien. Daarom worden toekomstige uitvoeringen voorzien van een ingebouwde brander waarmee extra verwarmingsvermogen kan worden geleverd, zodat het totale vermogen op 12 kW uitkomt wat voor rijtjeswoningen of appartement in het algemeen ruim voldoende is.

Energiesystemen (2)

Individuele warmtepompen met een gemeenschappelijke aquifersysteem

Elke woning krijgt een combiwarmtepomp, die warmtapwater verwarmt en de ruimteverwarming verzorgt. Het warmtapwater wordt opgeslagen in een buffervat bij de warmtepomp. De woning moet zijn voorzien van een laag-temperatuur afgiftesysteem, zoals vloerverwarming.

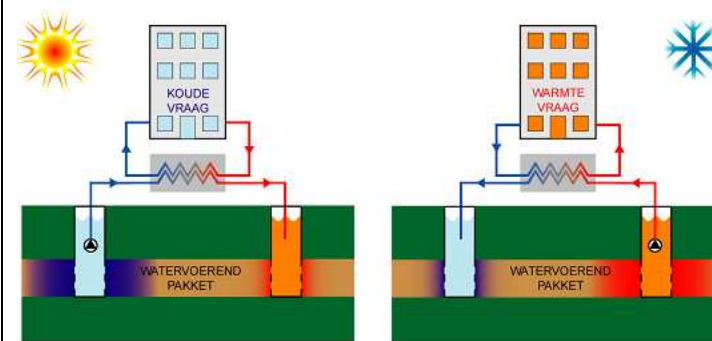
Iedere warmtepomp betreft z'n laag-temperatuur bronwarmte uit een gemeenschappelijk net waarop alle woningen met een warmtepomp zijn aangesloten. Dit laag-temperatuurnet wordt



centraal op een temperatuur van 10 à 15 °C gehouden met een opslagsysteem in een aquifer. De warme bron van de opslag levert 's winters de benodigde laag-temperatuur warmte. Het afgekoelde bronwater wordt in de koude bron opgeslagen en moet 's zomers weer geregenereerd worden. Dit kan door koeling te leveren aan de woningen, eventueel aangevuld met extra warmte laden met bijvoorbeeld asfaltcollectoren.

Gemeenschappelijke warmtepomp met aquifersysteem

Het principe van koude-/warmteopslag met centrale warmtepompen is weergegeven in onderstaand schema.



Wintersituatie

In de winter wordt grondwater opgepompt uit de warme bron met een temperatuur van 15 à 17 °C. Het staat zijn warmte via een warmtewisselaar af aan een centraal opgestelde warmtepomp. Het afgekoelde grondwater wordt met een temperatuur van 6 à 7 °C via de koude bron weer in de bodem geïnfiltreerd.

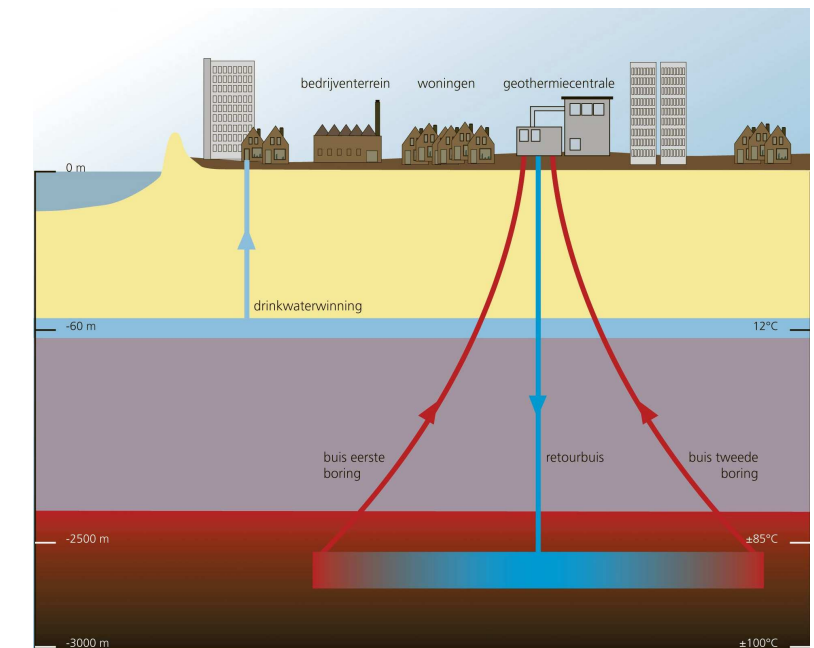
De warmtepomp transformeert de laagwaardige warmte naar een bruikbare temperatuur van 40 à 55 °C. Een piekkelstel zorgt voor aanvullend vermogen en temperatuurverhoging t.b.v. warmtapwater. Door middel van een distributienet wordt de warmte getransporteerd naar de woningen.

Zomersituatie

In de zomer is de stromingsrichting in het grondwatercircuit tegengesteld ten opzichte van de wintersituatie, waardoor het koude water uit de koude bron gebruikt kan worden voor koeling. Daarbij wordt de koude uit het opgepompte water via een centraal opgestelde warmtewisselaar overgedragen aan het distributienet waarmee de koude wordt getransporteerd naar de woningen.

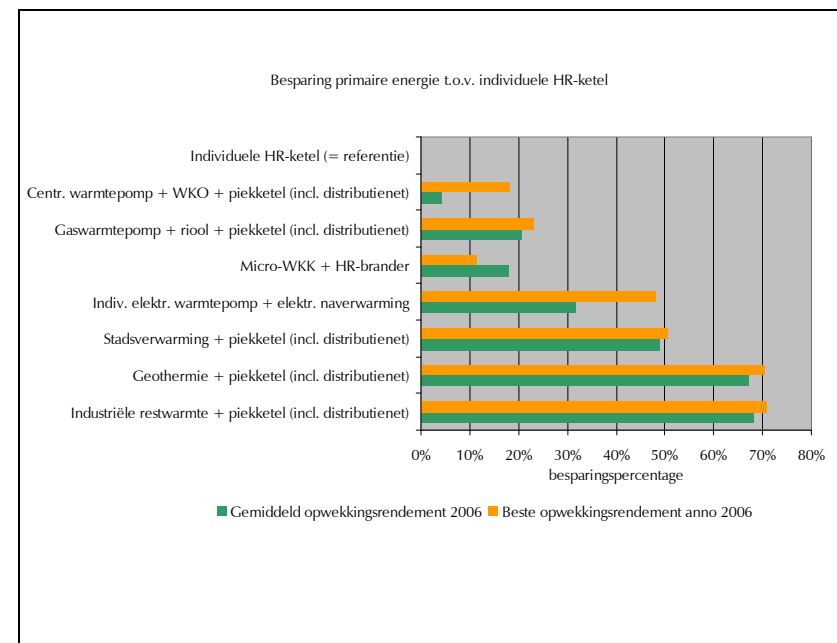
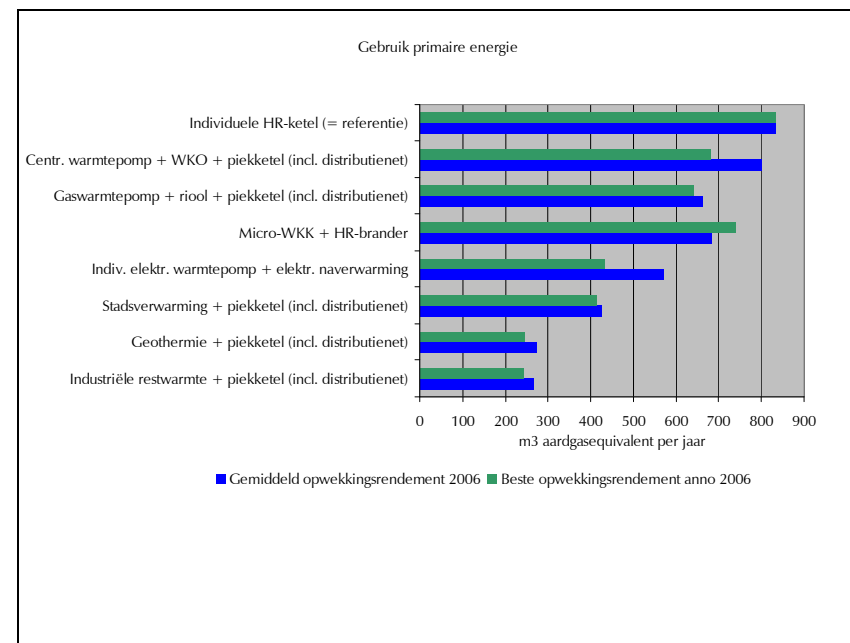
Geothermie

Onder geothermie wordt verstaan het gebruiken van de warmte uit diepere aardlagen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het warme water dat ligt opgeslagen in watervoerende zandpakketten (aquifers).

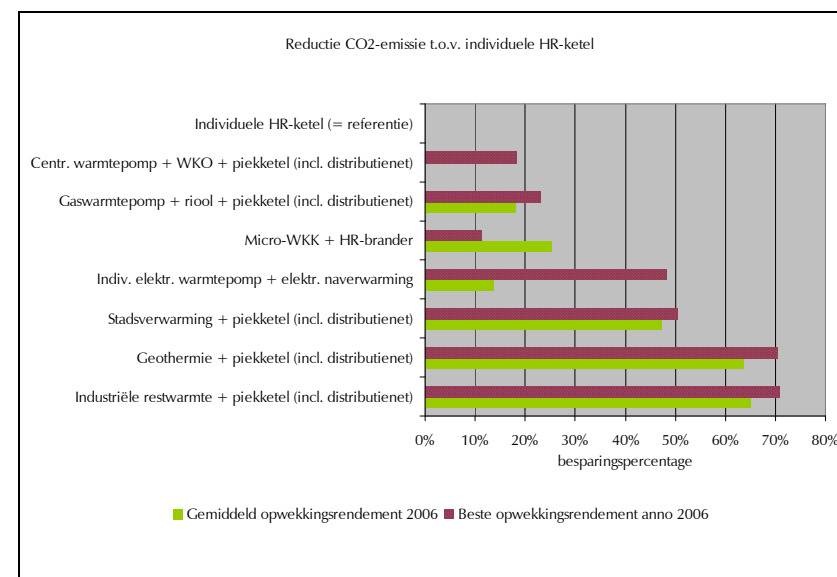
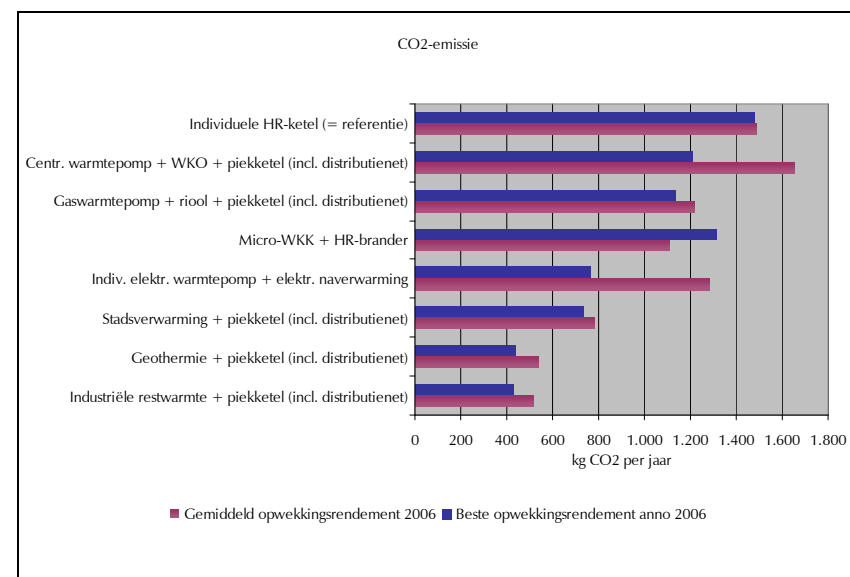


Voor Nederland is een interessant potentieel gelegen in de warme watervoerende lagen op een diepte van 500 meter tot 4 kilometer. Dit zijn tevens de diepten, waar olie en gas wordt gewonnen. Het veelal zouthoudende water - met een temperatuur van 50 tot 120 graden - wordt met een productieput opgepompt. Na warmtewisseling wordt het afgekoelde water middels een injectie-put (vanuit het zelfde punt op het maaiveld) teruggevoerd; dit houdt de druk in het reservoir op peil. Het geheel van reservoir met twee putten wordt een doublet genoemd. De volume stroom bedraagt circa 100 tot 250 kubieke meter per uur. De capaciteit varieert ruwweg van 3 tot 14 MWt. In Duitsland, Denemarken en Frankrijk zijn er enige tientallen installaties, die aardwarmte produceren uit aardlagen, die met Nederland vergelijkbaar zijn.

Energetische resultaten

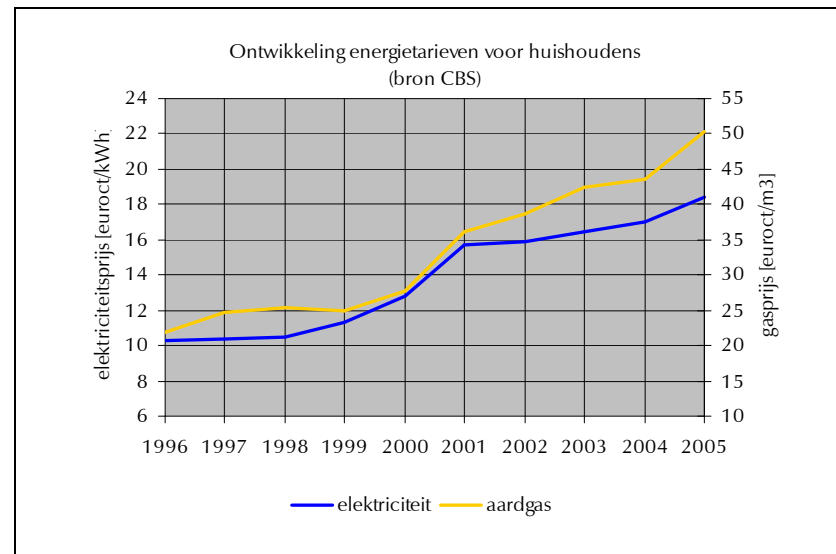
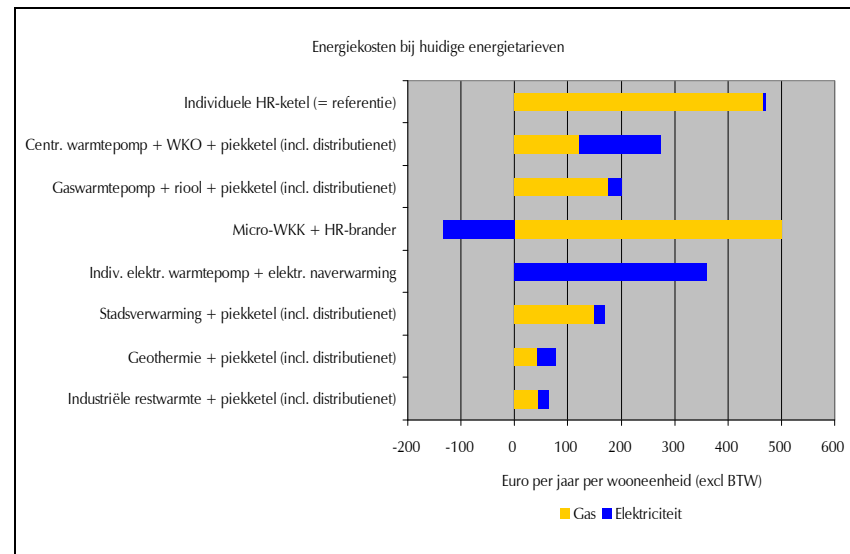


- De individuele HR-ketel fungeert als referentie. De besparingen zijn bepaald ten opzichte van de HR-ketel.
- De primaire energie heeft alleen betrekking op de energie voor verwarming. Koken en huishoudelijk elektriciteitsverbruik zijn buiten beschouwing gelaten.
- Primaire energie bestaat uit aardgas (voor ketels e.d.) en de brandstof die nodig is om elektriciteit op te wekken.
- Hoe hoger het rendement voor elektriciteitsopwekking, hoe minder brandstof voor elektriciteit nodig is.
- Energiesystemen die voornamelijk met elektriciteit worden aangedreven hebben profijt van een hoger opwekkingsrendement. Het opwekkingsrendement vertoont een gestage groei en de energetische prestatie van deze energiesystemen zullen dus 'automatisch' meegroeien.
- Voor gas aangedreven systemen zou 'vergroening' van het gas hetzelfde effect geven. Dit is geen autonoom proces en hangt sterk af van technologische mogelijkheden en (politieke) besluitvorming.

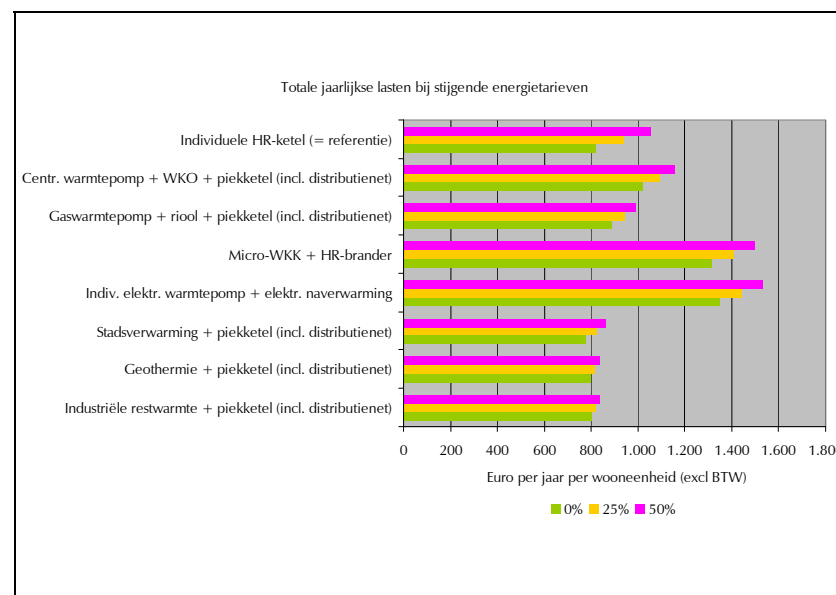
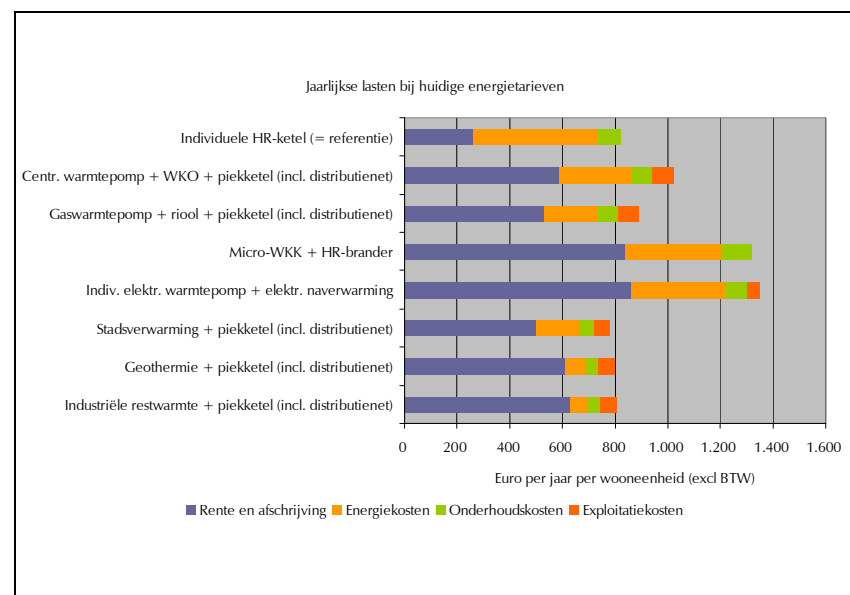


- De CO₂-emissie is bepaald op basis van het gasverbruik en het elektriciteitsverbruik.
- Een beter opwekkingsrendement voor elektriciteit draagt bij aan reductie van CO₂-emissie, met name voor de energiesystemen met elektriciteit als aandrijfenergie.
- De micro-WKK unit wekt elektriciteit op met een bescheiden rendement (12,2%) en produceert tevens warmte voor de woning. Bij een hoger landelijk opwekkingsrendement, neemt de 'concurrentiekracht' van de micro-WKK af en daalt de reductie in CO₂-emissie. Overigens verandert dit beeld als het rendement van de micro-WKK ook stijgt dankzij technologische ontwikkelingen. Dit verloop is nu nog onzeker.

Economische aspecten



- In de energiekosten is rekening gehouden met de schaalgrootte van het systeem. Voor elk energiesysteem is een typerende schaalgrootte aangehouden uitgedrukt in aantal wooneenheden.
- Voor energiesystemen die grotere aantallen woningen bedienen zijn de energiekosten voor het centrale energiesysteem berekend op basis van de vigerende tarieven. Vervolgens zijn de energiekosten gedeeld door het aantal woningen.
- Zoals uit de rechtergrafiek blijkt is in de achterliggende 10 jaar de prijs voor elektriciteit met 80% gestegen en de prijs voor aardgas met 130%.



- In de jaarlijkse lasten zijn de volgende componenten verdisconteerd:
 - rente en afschrijving (gehanteerde discontovoet op 4,5%).
 - energiekosten
 - onderhoudskosten
 - exploitatiekosten
- Exploitatiekosten gelden alleen voor gemeenschappelijke systemen die door een exploitant worden beheerd. In de kosten zitten onder meer: administratieve kosten, facturering, incassokosten, managementkosten.
- Uit het rechterdiagram blijkt dat energiezuinige systemen vrijwel ongevoelig zijn voor stijgingen in de tarieven. Energie efficiency beperkt de financiële risico's van tariefstijgingen.

Overige aspecten

Optie	Beschikbaarheid in Den Haag Zuid West	Indicatie voor EPC-waarde voor tussenwoning	Risico's (te ondervangen door)	Effect op luchtkwaliteit	Comfortaspecten				Flexibiliteit bouwplanning
					Tap-water	Koken	Koeling	Ruimtebeslag	
Industriële restwarmte + piekketels (incl. distributienet)	Niet beschikbaar. Misschien over 10 a 20 jaar. Kosten vermoedelijk aanzienlijk hoger dan in Rotterdam vanwege grote afstand.	0,40	Wegvallen van restwarmtebron door bedrijfsmatige veranderingen bij bron (aansluiting van meerdere bronnen, goede contracten); lagere CO2 reductie door bijstook (controle op herkomst warmte)	Positief effect (zowel lokaal als nationaal)		Elektrisch	Nee	Woning: afleveret in meterkast (kleiner dan CV ketel) Centraal: ketelhuis	VolloopsENARIO van groot belang, mogelijk meerkosten ivm voorlopen distributienet en tijdelijke opwekking
Geothermie + piekketels (incl. distributienet)	Beschikbaar op 60 à 80 °C	0,41	Geologisch risico: te laag vermogen uit bron door tegenvallende eigenschappen reservoir (gedegen vooronderzoek, risicofonds overheid) ; technisch risico: vermindering vermogen door achteruitgang putdebiet en/of temperatuur (goed ontwerp, realisatie en beheer)	Positief effect (zowel lokaal als nationaal)		Elektrisch	Nee	Woning: afleveret in meterkast (kleiner dan CV ketel) Centraal: ketelhuis	VolloopsENARIO van groot belang, mogelijk meerkosten ivm voorlopen distributienet en tijdelijke opwekking
Stadsverwarming + piekketels (incl. distributienet)	Beschikbaar, maar bestaande pieklevering capaciteit onvoldoende	0,49	Lagere CO ₂ emissiereductie door vergroting aandeel bijstook en/of piekketels (controle op herkomst warmte)	Minder lokaal positief effect door WKK in woonwijk (nationaal wel positief effect)		Elektrisch	Nee	Woning: afleveret in meterkast (kleiner dan CV ketel) Centraal: ketelhuis	VolloopsENARIO van groot belang, mogelijk meerkosten i.v.m. voorlopen distributienet en tijdelijke opwekking
Individuele elektrische warmtepomp gekoppeld aan een collectieve bron met energieopslag	Beschikbaar	0,60	Hoger energieverbruik door slecht functioneren totale systeem (goed inregelen, monitoren en beheren). Hoog elektraverbruik door omschakeling naar elektrisch verwarmen bij storing (omschakeling uitzetten).	Lokaal positief effect (nationaal ook, maar minder)	Buffervat nodig	Elektrisch	Ja	Woning: warmtepomp met ingebouwd buffervat: Centraal: ruimte voor KWO.	Redelijk flexibel, door schaalgrootte vanaf vijftig woningen
Micro-WK + HR-brander	Nog niet op commerciële schaal beschikbaar	0,66	Kinderziektes (praktijkproeven uitvoeren)	Verslechtering lokale luchtkwaliteit (meer emissie in woonwijk, nationaal wel verbetering)	Buffervat nodig	Gas	Nee	Woning: WK-unit + buffervat	Volledig flexibel, per woning aan te brengen
Gasmotorwarmtepomp + riool + piekketel (incl. distributienet)	Beschikbaar, maar capaciteit onvoldoende voor heel Den Haag Zuid-West	0,64	Warmtewisseling met riool en gasmotor warmtepomp zijn relatief nieuw: risico op kinderziekten en daardoor groter aandeel primaire energie (goede monitoring en beheer)	Lokaal en nationaal positief effect		Elektrisch	Nee	Woning: afleveret in meterkast (kleiner dan CV ketel) Centraal: ketelhuis	VolloopsENARIO van groot belang, mogelijk meerkosten i.v.m. voorlopen distributienet en tijdelijke opwekking
Centr. warmtepomp + WKO + piekketel (incl. distributienet)	Beschikbaar	0,74	Hoger energieverbruik door slecht functioneren totale systeem (goed inregelen, monitoren en beheren)	Lokaal positief effect (nationaal effect hangt af van E-rendement centrales)		Elektrisch	Ja	Woning: afleveret in meterkast (kleiner dan CV ketel) Centraal: ketelhuis	Redelijk flexibel, door schaalgrootte vanaf vijftig woningen
Individuele HR ketel (=referentie)	Beschikbaar	0,80		Referentie		Gas	Nee	Woning: CV ketel	Volledig flexibel, per woning aan te brengen

Bijlage 1 Uitgangspunten en rekenresultaten energie

Uitgangspunten elektriciteit	Opwekkingsrendement centrale	Distributieverlies elektriciteit	Uitstoot bij elektriciteitsopwekking in kg CO ₂ per GJ brandstof
Elektriciteitsnet (gemiddeld opwekkingsrendement in 2006)	43,1%	3,9%	70,9
Elektriciteitsnet (beste opwekkingsrendement in 2006)	57,0%	3,9%	56,0

Uitgangspunten warmtevraag [GJ/jaar]	Ruimteverwarming	Tapwater	Totaal
	14	8	22

Uitgangspunten voor de energiesystemen	Opwekkingsrendement				Bijdragen warmtelevering		Pompenergie per woning		Warmteverlies in transport- en distributienet
	elektriciteit	ruimteverwarming	tapwaterbereiding	piekketel	energiezuinig systeem	piekketel / naverwarmer	t.b.v. energiesysteem	t.b.v. distributienet warmte	
	%	%, COP, PER	%, COP, PER	%	%	%	kWh _e	kWh _e	
Industriële restwarmte + piekketel (incl. distributienet)	-	-	-	85,0%	85%	15%	-	350	8
Geothermie + piekketel (incl. distributienet)	-	30,0	30,0	85,0%	85%	15%	-	200	6
Stadsverwarming + piekketel (incl. distributienet)	-	4,0	4,0	85,0%	85%	15%	-	200	8
Indiv. elektr. warmtepomp + elektr. naverwarming	-	4,5	2,5	-	98%	2%	110	150	-
Micro-WKK + HR-brander	12,2%	84,8%	63,6%	95,0%	87%	13%	60	-	-
Gaswarmtepomp + riool + piekketel (incl. distributienet)	-	2,0	2,0	85,0%	85%	15%	127	200	8
Centr. warmtepomp + WKO + piekketel (incl. distributienet)	-	3,7	3,7	85,0%	70%	30%	116	200	6
Individuele HR-ketel (= referentie)	-	95,0%	70,0%	-	100%	0%	30	-	-

Energie effecten per wooneenheid	Energieverbruik		Gemiddeld opwekkingsrendement 2006				Beste opwekkingsrendement anno 2006			
	Elektriciteit	Gas	Primaire energie	CO ₂ -emissie	Besparing op primaire energie	Reductie CO ₂ emissie	Primaire energie	CO ₂ -emissie	Besparing op primaire energie	Reductie CO ₂ emissie
	kWh _e /jaar	m ³ /jaar	m ³ a.e./jaar	kg/jaar	%	%	m ³ a.e./jaar	kg/jaar	%	%
Warmte voor ruimteverwarming en tapwater geen huishoudelijk elektriciteitsgebruik										
Industriële restwarmte + piekketel (incl. distributienet)	350	171	267	518	68%	65%	243	432	71%	71%
Geothermie + piekketel (incl. distributienet)	420	159	274	541	67%	64%	246	437	70%	70%
Stadsverwarming + piekketel (incl. distributienet)	200	371	426	782	49%	47%	413	733	50%	50%
Indiv. elektr. warmtepomp + elektr. naverwarming	2.082	0	571	1.282	32%	14%	432	765	48%	48%
Micro-WKK + HR-brander	-815	908	685	1.110	18%	25%	739	1.312	11%	11%
Gaswarmtepomp + riool + piekketel (incl. distributienet)	327	572	662	1.217	21%	18%	640	1.136	23%	23%
Centr. warmtepomp + WKO + piekketel (incl. distributienet)	1.800	307	801	1.653	4%	-11%	681	1.207	18%	18%
Individuele HR-ketel (= referentie)	30	827	835	1.486	0%	0%	833	1.479	0%	0%

Bijlage 2 Resultaten kostenberekening

	typerende schaal- grootte	Energieverbruik		Energiekosten								Totale kosten per woning
		Gas	Elektriciteit	Gas				Elektriciteit				
		m ³ gas/jaar	kWh _e /jaar	Netbeheer	Levering	Energie- belasting	Kosten per woning	Netbeheer	Levering	Energie- belasting	Kosten per woning	
Industriële restwarmte + piekketel (incl. distributienet)	3.000	511.824	1.050.000	€ 5.956	€ 98.190	€ 32.561	€ 46	€ 22.305	€ 27.786	€ 6.959	€ 19	€ 65
Geothermie + piekketel (incl. distributienet)	3.000	477.716	1.259.689	€ 5.770	€ 92.574	€ 31.412	€ 43	€ 30.951	€ 58.198	€ 13.094	€ 34	€ 77
Stadsverwarming + piekketel (incl. distributienet)	3.000	1.114.196	600.000	€ 9.235	€ 392.301	€ 50.361	€ 151	€ 22.305	€ 27.786	€ 6.959	€ 19	€ 170
Indiv. elektr. warmtepomp + elektr. naverwarming	500	0	1.040.755	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 43.424	€ 60.707	€ 76.576	€ 361	€ 361
Micro-WKK + HR-brander	1	908	-815	€ 109	€ 252	€ 139	€ 500	-€ 31	-€ 45	-€ 58	€ 134	€ 366
Gaswarmtepomp + riool + piekketel (incl. distributienet)	3.000	1.716.570	981.664	€ 12.513	€ 457.472	€ 57.469	€ 176	€ 21.917	€ 45.353	€ 10.508	€ 26	€ 202
Centr. warmtepomp + WKO + piekketel (incl. distributienet)	300	92.175	539.889	€ 2.277	€ 22.744	€ 11.477	€ 122	€ 13.929	€ 24.943	€ 6.400	€ 151	€ 273
Individuele HR-ketel (= referentie)	1	827	30	€ 108	€ 232	€ 126	€ 466	€ 1	€ 1	€ 3	€ 5	€ 471

Discontovoet: 4,5%	typerende schaal- grootte	Investerings (verdeeld over levensduurcategorieën)				Jaarlijkse lasten bij huidige energieprijzen				Totale jaarlijkse lasten bij een stijging van de energieprijzen met:		
		15	25	40	totaal	Rente en afschrijving	Energie kosten	Onderhouds kosten	Exploitatie kosten	0% = huidig	25% stijging	50% stijging
	3.000	€ 3.800		€ 5.000	€ 8.800	€ 630	€ 65	€ 50	€ 60	€ 805	€ 821	€ 837
	3.000	€ 2.000	€ 2.200	€ 5.000	€ 9.200	€ 610	€ 77	€ 50	€ 60	€ 797	€ 817	€ 836
	3.000	€ 1.800	€ 900	€ 5.000	€ 7.700	€ 500	€ 170	€ 50	€ 60	€ 780	€ 822	€ 864
	500	€ 6.000	€ 4.500		€ 10.500	€ 860	€ 361	€ 80	€ 50	€ 1.351	€ 1.442	€ 1.532
	1	€ 9.000			€ 9.000	€ 840	€ 366	€ 110	€ 0	€ 1.316	€ 1.408	€ 1.499
	3.000	€ 2.800		€ 5.000	€ 7.800	€ 530	€ 202	€ 80	€ 80	€ 892	€ 942	€ 993
	300	€ 2.800	€ 800	€ 5.000	€ 8.600	€ 590	€ 273	€ 80	€ 80	€ 1.023	€ 1.091	€ 1.159
	1	€ 2.800			€ 2.800	€ 260	€ 471	€ 90	€ 0	€ 821	€ 939	€ 1.057

- In de energiekosten is rekening gehouden met de schaalgrootte van het systeem, zoals weergegeven in de eerste kolom.
- De energiekosten zijn berekend met het model EnerTar van DWA, waarin rekening wordt gehouden met de afzonderlijke componenten 'netbeheer', 'levering' en 'energiebelasting'.

- De investeringen zijn gegroepeerd op levensduur van de voorzieningen:
 - 15 jaar: ketels, meet®eltechniek, pompen, warmtepompen, warmtelevenset in de woning
 - 25 jaar: geothermische bronnen, warmte/koudeopslag
 - 40 jaar: leidingnetten.

- Rente en afschrijving op basis van het discontopercentage linksboven in de tabel en de levensduur van de voorziening.
- Exploitatiekosten: de kosten die een exploitant van een gemeenschappelijk energiesysteem moet maken, zoals beheer van het systeem, registratie energieverbruiken, facturatie, incassokosten, communicatie met afnemers.