

## Kentallen techniek &amp; economie

sector	categorie	sub	brandstof	warmte	turn key	vermogen	draaiuren E	draaiuren W	E-rend	W-rend
					investering					
					€/kWe	kWe	uren/jr	uren/jr	%	%
agriculture	gas engine	gas engine	natural gas	heating	600	2 000	4 000	4 000	43%	47%
	biogas CHP	gas engine	biogas	heating	3 000	1 000	8 000	6 000	42%	35%
	biomass CHP	steam cycle	wood chips	heating	4 400	1 500	7 500	6 000	20%	80%
industry	gas engine	gas engine	natural gas	hot water	600	1 000	6 000	6 000	42%	48%
	gas turbine	gas turbine	natural gas	steam	850	45 000	8 000	6 000	38%	42%
	STAG	gas turbine & steam cycle	natural gas	steam	1 050	100 000	8 000	6 000	43%	37%
small city heat	gas engine	gas engine	natural gas	central heating	600	2 000	4 500	4 500	43%	47%
	biomass CHP	steam cycle	wood chips	central heating	4 400	1 500	7 500	6 000	20%	65%
	biogas CHP	gas engine	biogas	central heating	3 000	1 000	8 000	6 000	42%	35%
households	mCHP - stirling	Stirling engine/ gas turbine	natural gas	central heating	9 500	1,0	3 000	3 000	17%	88%
	mCHP - Fuel cell	fuel cell	natural gas	tap water/ CH	17 500	1,0	8 700	8 700	50%	35%
large city heat	STAG - city heat	gas turbine & steam cycle	natural gas	central heating	1 050	120 000	6 000	4 500	43%	42%
	Coal CHP	steam cycle	coal	central heating	1 400	600 000	8 000	4 500	40%	15%
	Waste	steam cycle	waste	central heating	2 700	60 000	8 000	4 500	27%	15%

## Toelichting bij de parameters

**Turn key investering** – De investeringsbedragen omvatten een turnkey project voor het WKK-eiland en standaard aansluitingen voor gas en elektriciteit. Overige infrastructuur zoals warmteleidingen zijn niet inbegrepen. Er is overal uitgegaan van de totale investeringskosten voor de WKK. Deze bedragen zijn totaalbedragen, waarvan de referentiekosten niet zijn afgetrokken.

**Vermogen** – Het nominaal elektrisch vermogen

**Draaiuren E** – Het aantal vollasturen voor elektriciteitsproductie op het nominaal elektrisch vermogen

**Draaiuren W** – Het aantal vollasturen voor warmteproductie op het nominaal thermisch vermogen

**E-rend** – Het gemiddeld elektrisch rendement over het jaar

**W-rend** – Het gemiddeld thermisch rendement over het jaar

## MEMO



### Toelichting per categorie

#### Agriculture

Hiervoor is de warmtevraag van een typisch tuinbouw bepalend. Grootschalige WKK-technieken, zoals een STEG of gasturbine zijn niet aan de orde. De warmte komt vrij in de vorm van warm water.

- *Gas engine*: Dit is een WKK van een typische tomatenteler met ca. 4 ha kas. De WKK draait enkel tijdens de plateau-uren om te profiteren van de hoge energieprijzen. Daarmee komt het aantal draaiuren op ca. 4000. Overdag wordt warmte opgeslagen in een dagbuffer, zodat de kas ook 's nachts warm gehouden kan worden. In 2012 bedroeg het opgestelde vermogen aan gasmotoren in de glastuinbouw meer dan 3000 MWe.
- *Biogas CHP*: Dit is een vergistingsinstallatie op bijvoorbeeld maïs bij een agrarisch bedrijf. Het biogas uit de vergister bij de boer wordt via een biogasleiding getransporteerd naar een tuinder in de omgeving waar een biogasmotor staat. De biogasmotor draait 8000 uur per jaar: de biogasproductie is in dit geval leidend. Gedurende een groot deel van het jaar – ca. 6000 uur - kan de warmte van de biogasmotor nuttig worden ingezet voor kasverwarming.
- *Biomass CHP*: Een WKK in deze categorie wordt gevoed met houtsnippers. Dit is een relatief goedkope brandstof die uit de regio wordt aangevoerd. De stoomcyclus heeft met 20% een beperkt elektrisch rendement. Het thermisch rendement is echter wel zeer hoog, mede omdat de warmte op lage temperatuur kan worden benut in de kas. Deze installatie kent relatief veel onderhoud. Het aantal draaiuren komt daarmee op ca. 7500 uur voor elektriciteit en 6000 uur voor warmte. Een voorbeeld van deze WKK staat in het Friese Berlikum bij een paprikateler.

#### Industry

De schaalgrootte van een industriële plant en het temperatuurniveau zijn bepalend voor de WKK-categorie: in de voedingsindustrie is vaak warmwater nodig, in de chemische industrie vooral stoom.

- *Gas engine*: De WKK staat in bijvoorbeeld in de voedingsindustrie. Er wordt gedraaid in een drieploegendienst, zodat het aantal draaiuren uitkomt op 6000 per jaar.
- *Gas turbine*: Deze WKK staat op een middelgroot industrieel bedrijf en produceert elektriciteit uit de gasturbine en stoom uit de afgasketel. Soms staan er verschillende units naast elkaar en wordt er ook stoom geleverd aan naburige bedrijven. In de chemische industrie wordt veelal gewerkt in vijfploegendienst en het aantal draaiuren van de WKK is dan ook 8000 uur per jaar. De stoomlevering over het jaar kan fluctueren, bijvoorbeeld als gevolg van seizoensinvloeden, en daarom zijn er 6000 vollasturen warmte (stoomlevering).
- *STAG*: Deze installatie is een combinatie van een gasturbine met afgasketel en stoomturbine. Op de grotere industriële parken wordt centraal elektriciteit en stoom opgewekt en geleverd aan de bedrijven op het park. Deze installatie draait 8000 uur per jaar, waarvan 6000 vollasturen warmte (stoomlevering).

## MEMO



De keuze voor een gasmotor, een gasturbine of een STEG hangt sterk af van het energieverbruik van de gebruiker:

- a) Warm water of stoom. Bij een stoomvraag is een gasmotor praktisch geen optie
- b) Schaalgrootte. Onder de 10 MWe komen gasturbines maar sporadisch voor en onder de 20 MWe komen STEGs maar sporadisch voor.
- c) Warmte/kracht verhouding. De W/K verhouding van een gasturbine is hoger dan die van een STEG.

Extra categorieën zoals een stoomketel met stoomturbine, een kleine gasturbine van 10 MW of een kleine STEG van 50 MW zijn niet meegenomen omwille van de eenvoud in het model. Andere categorieën als een biogas of biomassa CHP zijn in principe wel mogelijk, maar zijn geen voordehandliggende categorieën vanwege de grote vermogensvraag in de industrie.

### Households

Voor de micro-wkk zijn er twee types gekozen:

- *MicroCHP stirling* – Het systeem dat nu op de markt is op basis van een stirlingmotor. Ook een systeem met gasturbines wordt nu gedemonstreerd. Deze systemen zijn geïntegreerde units met bijstook voor de warmtevraag. Voor engineering wordt een aanname gedaan dat de micro-wkk ook deels in Nederland worden afgebouwd. Kostprijs is introductieprij in NL, geen productprijs bij massafabricage.
- *MicroCHP fuel cell* – De eerste brandstofcellen zijn nu al te koop maar het is nog geen product dat voor de massa toepasbaar is. Daarvoor moet de productie omhoog en de kostprijs omlaag. Kostprijs is een aanname voor introductieprij in NL, geen productprijs bij massafabricage. Brandstofcellen hebben een veel hoger elektrisch rendement en zijn daarmee veel efficiënter.

Omwille van de eenvoud zijn niet meegenomen:

- Micro-wkk op basis van een gasmotor, deze is met name geschikt voor opstellingen buiten of in kelder, en dus niet voor NL markt.
- Micro-biowkk. Systemen bestaan wel maar worden nog niet in Nederland toegepast.

### Small city heat

Hieronder valt WKK voor wijkverwarming en de grotere gebruikers in de utiliteit, zoals ziekenhuizen. Warmte komt vrij in de vorm van warm water.

- *Gas engine*: Een gasmotor is erg geschikt voor een kleine warmtecentrale voor wijkverwarming. Tijdens de dure plateau-ren wordt elektriciteit verkocht en wordt de warmte gebufferd. Een gasmotor voor wijkverwarming draait zo'n 4500 uur/jaar tijdens stookseizoenen. Zo'n wijkcentrale met meerdere units is bijvoorbeeld gerealiseerd in de nieuwbouwwijk Amersfoort- Vathorst. Ook bij de grotere ziekenhuizen worden gasmotoren met dit vermogen gebruikt.

## MEMO



- *BiogasCHP*: In deze categorie wordt het biogas uit een vergister benut in een WKK voor wijkverwarming. Vaak staat de vergister op enkele kilometers van de woonwijk, bij een boer of op de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). De biogasmotor draait baseload 8000 uur/jr, waarvan zo'n 6000 uur met warmtebenutting. De warmteproductie wordt aangevuld door een extra ketel tijdens de piekuren in de warmtevraag.
- *Biomass CHP*: Een WKK in deze categorie wordt gevoed met houtsnippers. Dit is een relatief goedkope brandstof die uit de regio wordt aangevoerd. De stoomcyclus heeft met 20% een beperkt elektrisch rendement. De warmte uit de installatie wordt benut in een wijkverwarmingsnet. In de Eindhovense wijk Meerhoven is in 2011 een houtWKK opgestart.

### Large city heat

Hieronder valt WKK voor grootschalige stadsverwarming. Het warmtenet is niet meegenomen in de investering.

- *STAG-city heat*: Deze grote aardgasgestookte WKK is gebouwd voor een groot stadswarmtenet en bestaat uit een gasturbine met afgasketel en stoomturbine. De WKK zal deels ingezet worden voor warmteproductie aan het stadswarmtenet (4500 uren/jaar) en deels gestuurd worden door de elektriciteitsprijs (6000 uren/jaar e-productie). Een installatie van vergelijkbare grootte staat bijvoorbeeld in Rotterdam (RoCa).
- *Coal CHP*: De Amercentrale in Geertruidenberg voedt het warmtenet voor Tilburg en Breda. Warmtelevering in een dergelijke centrale gaat iets ten koste van de elektriciteitsproductie. Afgezet tegen de totale kosten van een kolencentrale zijn de extra investeringen in warmteuitkoppeling beperkt.
- *Waste CHP*: Op een aantal plaatsen in Nederland wordt de warmte uit Afvalverbrandingsinstallaties (AIV's) benut in een stadswarmtenet: bijvoorbeeld Amsterdam, Arnhem en Alkmaar. Ook hier geldt dat de extra kosten voor warmteuitkoppeling beperkt zijn ten opzichte van de totale investeringskosten voor de AVI.

## MEMO



## Kentallen Onderhoud &amp; beheerkosten

categorie	sector	sub	vermogen kWe	E productie MWh/jr	O&B vast €/kWe	O&B variabel €/MWh	O&B totaal k€/jr	Arbeid % %
agriculture	gas engine	gas engine	2 000	8 000	0,0	8,00	64	70%
	biogas CHP	gas engine	1 000	8 000	231,8	0,00	232	50%
	biomass CHP	steam cycle	1 500	11 250	350,0	6,00	593	50%
industry	gas engine	gas engine	1 000	6 000	0,0	8,00	48	70%
	gas turbine	gas turbine	45 000	360 000	0,0	3,50	1 260	50%
	STAG	gas turbine & steam cycle	100 000	800 000	0,0	3,50	2 800	30%
small city heat	gas engine	gas engine	2 000	9 000	0,0	8,00	72	70%
	biomass CHP	steam cycle	1 500	11 250	421,8	6,00	700	50%
	biogas CHP	gas engine	1 000	8 000	231,8	0,00	232	50%
households	mCHP - stirling	Stirling engine/ gas turbine	1,0	3,0	0,0	15,00	0,045	80%
	mCHP - Fuel cell	fuel cell	1,0	8,7	250,0	20,00	0,424	80%
large city heat	STAG - city heat	gas turbine & steam cycle	120 000	720 000	0,0	3,50	2 520	30%
	Coal CHP	steam cycle	600 000	4 800 000	0,0	8,00	38 400	30%
	Waste	steam cycle	60 000	480 000	0,0	10,00	4 800	30%

## MEMO



## Kentallen werkgelegenheid

categorie	sector	sub	Werkgelegenheid in aantal FTE				
			O&B per jaar	planning	engineering	installatie	ontmanteling
agriculture	gas engine	gas engine	0,9	0,5	0,9	1,5	0,4
	biogas CHP	gas engine	2,3	1,2	5,6	7,0	0,9
	biomass CHP	steam cycle	5,1	2,6	15,5	15,5	2,1
industry	gas engine	gas engine	0,7	0,2	0,8	0,8	0,2
	gas turbine	gas turbine	17,8	14,9	59,8	47,8	12,0
	STAG	gas turbine & steam cycle	33,1	41,0	131,3	131,3	32,8
small city heat	gas engine	gas engine	0,9	0,5	1,9	1,5	0,4
	biomass CHP	steam cycle	6,0	2,6	15,5	15,5	2,1
	biogas CHP	gas engine	2,3	1,2	5,6	7,0	0,9
households	mCHP - stirling	Stirling engine/ gas turbine	0,0	0,0	0,015	0,013	0,003
	mCHP - Fuel cell	fuel cell	0,0	0,0	0,027	0,011	0,005
large city heat	STAG - city heat	gas turbine & steam cycle	59,4	49,2	157,5	157,5	39,4
	Coal CHP	steam cycle	650,0	328,1	1968,8	1968,8	262,5
	Waste	steam cycle	95,0	63,3	253,1	202,5	50,6

## Toelichting bij de parameters

**Onderhoud** – Kosten voor onderhoud, normaal gesproken uitgevoerd door externe partijen. Het aandeel van de arbeid in de onderhoudskosten bevat de binnenlandse werkgelegenheid.

**Beheer** – De kosten voor beheer van de installatie

**Arbeidskosten als functie van de investering** – Het gedeelte van de investering dat terug te leiden is op binnenlandse werkgelegenheid. De productie is buiten beschouwing gelaten, aangezien dit normaal gesproken buiten Nederland gebeurt.

## MEMO



### Toelichting bij de bronnen

Bij het verzamelen van de kentallen is gebruik gemaakt van de eigen projectendatabase van Energy Matters. Deze getallen zijn vergeleken en aangevuld met de kentallen uit de volgende bronnen:

- ECN/ KEMA (2011) Basisbedragen in de SDE+ 2012 Eindadvies
- Jacobs (2008), Techno/ economische parameters MEP/ SDE 2008