

Eindrapport

Inventaris warmte-krachtkoppeling Vlaanderen 1990-2015

Wouter Wetzels, Kristien Aernouts, Kaat Jespers

Referentietask i.o.v. Vlaamse Regering
2016/SEB/R/162

September 2016



VITO NV

Boeretang 200 – 2400 MOL – BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 – Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be – www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 435-4508191-02 KBC (Brussel)
BE32 4354 5081 9102 (IBAN) KREDBEBB (BIC)

SAMENVATTING INVENTARIS WARMTE-KRACHTKOPPELING

Steekkaart WKK in Vlaanderen – 2015

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste cijfers over warmte-krachtinstallaties (WKK-installaties) in Vlaanderen in 2015.

	Motoren en micro-WKK	Gas-turbines	STEGs	Stoomturbines		TOTAAL 2015	Totaal 2014
				Net-gekoppeld	Directe aandrijving		
Vermogen elektrisch [MW]	597	493	805	213	157	2.264	2.223
<i>waarvan certificaatgerechtigd</i>	564	368	751	155	54	1.892	1.875
Vermogen thermisch [MW]	753	735	583	850	928	3.849	3.803
Totale productie elektr./kracht [PJ]	10,2	10,1	15,5	4,2	4,4	44,4	40,7
Totale productie elektr./kracht [GWh]	2.843	2.796	4.307	1.156	1227	12.330	11.318
<i>waarvan elektriciteit [GWh]</i>	2.842	2.781	4.307	1.156	0	11.086	10.099
% WKK-elektriciteit t.o.v. Bruto Binnenlands Elektriciteitsverbruik (*)	5%	5%	8%	2%	0%	20,3%	18,5%
Totale productie warmte [PJ]	13,6	16,9	12,5	13,8	25,8	82,6	84,5
Totale productie warmte [GWh]	3.781	4.684	3.470	3.846	7.177	22.958	23.474
Rendement elektrisch [%]	40%	30%	42%	17%	12%	28%	27%
Rendement thermisch [%]	53%	51%	34%	57%	70%	53%	56%
Rendement totaal [%]	93%	81%	76%	74%	82%	81%	83%
Gemiddelde vollasttijd [h/a]	4.776	5.675	5.351	5.440	7.828	5.452	5.096
Warmte-krachtbesparing [PJ] (**)	13	6,1	7,3	4,6	8,5	39,0	39,9
Warmte-krachtbesparing [GWh] (**)	3.480	1.695	2.019	1.288	2.356	10.837	11.080
Relatieve Primaire Energiebesparing [%] (**)	34,3%	15,8%	22,0%	17,9%	18,8%	21,8%	22,0%

(*) Berekend als: eindverbruik (excl. zelfproductie) + bruto zelfproductie + eigenverbruik in de transformatiesector + netverliezen

(**) De warmte-krachtbesparing (WKB) is berekend op basis van Europese referentierendementen en op basis van de hoeveelheid elektriciteit uit WKK volgens bijlage II van het Energiebesluit.

Markante feiten WKK in Vlaanderen – 2015

De meest markante feiten over WKK in Vlaanderen in 2015 zijn de volgende:

- In 2015 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch/mechanisch) in Vlaanderen 2.264 MW_{e+m}. Het operationeel WKK-vermogen is in 2015 licht gestegen. In 2014 was het vermogen 2.223 MW_{e+m}.
- Er waren 622 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 497 WKK-toepassingen (sites waar WKK's staan opgesteld).
- In 2015 waren 11 WKK's op basis van één of meer brandstofcellen (met waterstof als brandstof) in gebruik met een gezamenlijk vermogen van 22 kW_e.

- Het vermogen van motoren > 50 kW_e is gegroeid van 560 MW_e in 2014 naar 596 MW_e in 2015. Deze toename vindt hoofdzakelijk plaats in de landbouw. Het aantal operationele sites met motoren (excl. micromotoren) is toegenomen van 316 naar 336.
- Het aantal operationele toepassingen van gasturbines, STEGs en stoomturbines is onveranderd gebleven ten opzichte van 2014.
- Het opgesteld micro-WKK vermogen is licht toegenomen van 1,24 MW_e in 2014 tot 1,38 MW_e in 2015. Het aantal opgestelde micro-WKK's is gestegen van 138 naar 156.
- De totale nuttige output van WKK-installaties is licht gestegen van 125,3 PJ in 2014 naar 127,0 PJ in 2015.
- In 2015 was de stoomproductie 65,7 PJ. De hoeveelheid geproduceerde warmte in de vorm van warm water en warme lucht was 17,0 PJ. Elektriciteit was met 39,9 PJ goed voor 31% van de nuttige output. De productie van kracht was 4,5 PJ.
- De totale WKK-input was in 2015 156,5 PJ. Gasturbines en STEGs waren in 2015 verantwoordelijk voor 45% van het totale brandstofverbruik, stoomturbines voor 39% en motoren voor 16%. Aardgas is met een aandeel van 62% de belangrijkste brandstofsoort voor WKK-installaties in Vlaanderen.
- De productie van hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is in de periode 2006-2015 gestegen van 0,5 PJ tot 4,1 PJ. In dezelfde periode is de hoeveelheid hernieuwbare WKK-warmte gestegen van 1,5 tot 5,2 PJ. Het aandeel van hernieuwbare WKK elektriciteit/kracht was in 2015 9,3%. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 6,3%.
- In de periode 2007-2015 is de totale warmte-krachtbesparing toegenomen van 25 PJ naar 39 PJ. In 2015 was de Relatieve Primaire Energiebesparing 22%.

INHOUD

HOOFDSTUK 1.	Inleiding	7
HOOFDSTUK 2.	Analyse van het WKK-vermogen	9
2.1.	<i>Operationeel WKK-vermogen</i>	9
2.2.	<i>Opgesteld WKK-vermogen</i>	9
2.3.	<i>Evolutie van het operationeel vermogen</i>	11
2.4.	<i>Operationeel vermogen per technologie</i>	12
2.4.1.	<i>Evolutie van WKK-installaties met verbrandingsmotor</i>	12
2.4.2.	<i>Evolutie van WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines</i>	14
2.5.	<i>Operationeel vermogen per sector</i>	15
2.6.	<i>Operationeel vermogen per brandstofsoort</i>	16
2.7.	<i>Operationeel vermogen met totaalrendement boven de drempelwaarde</i>	19
2.8.	<i>Operationeel certificaatgerechtigd vermogen</i>	20
HOOFDSTUK 3.	Analyse van de door WKK geproduceerde nuttige energie	23
3.1.	<i>Door WKK geproduceerde nuttige energie</i>	23
3.2.	<i>Door WKK geproduceerde nuttige energie per technologie</i>	25
3.3.	<i>Door WKK geproduceerde hernieuwbare energie</i>	28
HOOFDSTUK 4.	Analyse van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing	29
4.1.	<i>Bepaling van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing</i>	29
4.2.	<i>Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing</i>	29
4.3.	<i>Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing per technologie</i>	30
HOOFDSTUK 5.	Besluit	33
BIJLAGE A.	Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden en correctiefactoren	36

LIJST VAN TABELLEN

<i>Tabel 1</i>	<i>Overzicht van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen in 2015</i>	9
<i>Tabel 2</i>	<i>Overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2015</i>	10
<i>Tabel 3</i>	<i>Evolutie van het opgesteld vermogen van micro-WKK installaties (2008-2015)</i>	10
<i>Tabel 4</i>	<i>Evolutie van het aantal sites waar WKK's staan opgesteld (excl. micro-WKK, 2007-2015)</i>	11
<i>Tabel 5</i>	<i>Evolutie van de input van WKK's per technologie (2007-2015)</i>	18
<i>Tabel 6</i>	<i>Evolutie van het aandeel operationeel WKK-vermogen met totaal rendement boven de drempelwaarde, per technologie in Vlaanderen (2009-2015)</i>	20
<i>Tabel 7:</i>	<i>Vermogen van door het VEA erkende WKK-installaties die in aanmerking komen voor Vlaamse WKK-certificaten (2015)</i>	21
<i>Tabel 8:</i>	<i>Aantal uitgereikte warmte-kranchcertificaten die aanvaardbaar zijn voor de certificatenverplichting (2006-2015). Bron: VREG, 06/07/2016.</i>	21
<i>Tabel 9:</i>	<i>Evolutie van de input en output van nuttige energie van WKK (incl. micro-WKK, 2005-2015)</i>	23
<i>Tabel 10:</i>	<i>Evolutie van de input en output van nuttige energie van micro-WKK (2012-2015)</i>	24
<i>Tabel 11:</i>	<i>Overzicht van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie (2015)</i>	25
<i>Tabel 12:</i>	<i>Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte (2006-2015)</i>	28
<i>Tabel 13</i>	<i>Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte van micro-WKK (2012-2015)</i>	28
<i>Tabel 14:</i>	<i>Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2015)</i>	30
<i>Tabel 15</i>	<i>Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2015)</i>	31
<i>Tabel 16:</i>	<i>Gemiddelde jaarlijkse temperatuur (2007-2015). Bron: Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), www.meteo.be</i>	37

LIJST VAN FIGUREN

<i>Figuur 1: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen (1990, 1995, 2000-2015)</i>	11
<i>Figuur 2: Evolutie van het operationeel elektrisch en mechanisch WKK-vermogen in Vlaanderen (1990, 1995, 2000-2015)</i>	12
<i>Figuur 3: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen van verbrandingsmotoren en micro-WKK volgens installatiejaar (1990, 1995, 2000-2015)</i>	13
<i>Figuur 4: Evolutie van het aantal operationele WKK-toepassingen van verbrandingsmotoren en micro-WKK volgens geïnstalleerd vermogen per toepassing (1990, 1995, 2001, 2005, 2009-2015)</i>	13
<i>Figuur 5: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch vermogen van de WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines (1990, 1995, 2000-2015)</i>	14
<i>Figuur 6: Evolutie van het operationeel thermisch vermogen van WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines (1990, 1995, 2000-2015)</i>	15
<i>Figuur 7: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per sector in Vlaanderen (incl. micro-WKK) (2005-2015)</i>	15
<i>Figuur 8: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per brandstofsoort in Vlaanderen (incl. micro WKK) (1990, 1995, 2000, 2004-2015)</i>	16
<i>Figuur 9: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen met totaal rendement boven de drempelwaarde, per technologie in Vlaanderen (2009-2015)</i>	19
<i>Figuur 10: Overzicht van de output van de Vlaamse WKK-installaties (incl. micro-WKK, 2015)</i>	25
<i>Figuur 11: Evolutie van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie en het aantal equivalente vollasturen (excl. micro-WKK, 2005-2015)</i>	27
<i>Figuur 12: Warmte-krachtbesparing en relatieve primaire energiebesparing van WKK in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2015)</i>	30
<i>Figuur 13: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2015)</i>	31

LIJST VAN AFKORTINGEN

kW	Kilowatt
MW	Megawatt
PJ	Petajoule
STEG	(Elektriciteitscentrale met) Stoom- en Gasturbine
VREG	Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt
TJ	Terajoule
VEA	Vlaams Energieagentschap
WKB	Warmte-krachtbesparing
WKK	Warmte-krachtkoppeling

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

Warmte-krachtkoppeling (WKK) is een manier om tegelijkertijd warmte en elektriciteit op te wekken in één proces, voornamelijk door middel van een turbine of motor. Hierdoor kan brandstof worden bespaard ten opzichte van aparte opwekking van warmte in ketels en elektriciteit in centrales. In Vlaanderen won WKK in het midden van de jaren negentig van de vorige eeuw aan belangstelling.

In het kader van een referentietraak in opdracht van de Vlaamse Regering inventariseert VITO het WKK-vermogen in Vlaanderen. Jaarlijks wordt een inventaris gepubliceerd die een analyse bevat van het WKK-vermogen, de door WKK geproduceerde nuttige energie en de primaire energiebesparing door WKK. Deze inventaris geeft een overzicht van de ontwikkelingen in de periode 1990-2015.

Ten opzichte van het vorige rapport (oktober 2015) zijn er een aantal wijzigingen:

- De sectorindeling van enkele installaties is aangepast.
- De definitie van een 'dual fuel' installatie is gewijzigd.
- De sectie over het operationeel vermogen per beheersvorm is verwijderd.

HOOFDSTUK 2. ANALYSE VAN HET WKK-VERMOGEN

2.1. OPERATIONEEL WKK-VERMOGEN

In 2015 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch/mechanisch) in Vlaanderen 2.264 MW_{e+m}. Het operationeel thermisch vermogen was 3.849 MW_{th}. Er waren 622 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 497 WKK-toepassingen (sites waar WKK's staan opgesteld).

Het operationeel vermogen omvat de WKK-installaties die gedurende het jaar 2015 ingezet zijn en waarvan operationele gegevens beschikbaar zijn. Ook als WKK-vermogen slechts een deel van het jaar in bedrijf was wordt het als operationeel vermogen beschouwd.

Operationeel vermogen 2015	Elektrisch/mechanisch vermogen [MW _{e+m}]	Thermisch vermogen [MW _{th}]	Aantal installaties	Aantal WKK-toepassingen
Micro-WKK	1,1	3,0	104	104
Motoren (excl. micromotoren)	596	750	449	336
Gasturbines	493	735	17	17
STEGs	805	583	13	6
Stoomturbines; netgekoppeld	213	850	23	18
Stoomturbines; directe aandrijving	157	928	16	16
Totaal	2.264	3.849	622	497

Tabel 1 Overzicht van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen in 2015

2.2. OPGESTELD WKK-VERMOGEN

Tabel 2 geeft een overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2015. Tot het opgesteld vermogen behoren ook installaties die in 2015 (tijdelijk) zijn stopgezet of die reeds beschikten over een VEA dossier, maar nog geen toegekende certificaten ontvingen.

Het opgesteld elektrisch/mechanisch WKK-vermogen was 2.244 MW en het opgesteld thermisch vermogen was 3.787 MW_{th}. Er waren 697 WKK-installaties opgesteld, verdeeld over 576 WKK-toepassingen.

Op 31 december 2015 waren er 473 opgestelde motoren (excl. micromotoren) en 156 opgestelde micro-WKK's. Er waren 449 motoren (excl. micromotoren) en 104 micro-WKK's operationeel in 2015.

Opgesteld vermogen 2015	Elektrisch vermogen [MW _{e+m}]	Thermisch vermogen [MW _{th}]	Aantal installaties	Aantal WKK-toepassingen
Micro-WKK	1,4	3,8	156	156
Motoren (excl. micromotoren)	632	798	473	364
Gasturbines	450	674	16	16
STEGs	805	583	13	6
Stoomturbines; netgekoppeld	199	800	23	18
Stoomturbines; directe aandrijving	157	928	16	16
Totaal	2.244	3.787	697	576

Tabel 2 Overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2015

Installaties met een elektrisch vermogen kleiner dan of gelijk aan 50 kW_e worden gerekend tot de micro-WKK installaties. Het gaat hierbij onder andere om kleinschalige boerderijvergisters (pocketvergisters), Stirling motoren (externe verbrandingsmotoren), brandstofcellen en zuigermotoren op aardgas, diesel of biobrandstof.

Het opgesteld micro-WKK vermogen is licht toegenomen van 1,24 MW_e in 2014 tot 1,38 MW_e in 2015 (zie Tabel 3). Het aantal opgestelde micro-WKK's is gestegen van 138 naar 156.

In 2015 waren elf WKK's op basis van één of meer brandstofcellen (met waterstof als brandstof) in gebruik met een gezamenlijk vermogen van 22 kW_e. Hoewel hun aantal niet verwaarloosbaar is, is hun aandeel in het totaal elektrisch vermogen zeer gering. Een significante stijging is te verwachten voor 2016. Stirling WKK's worden sinds 2010 toegepast, met name door huishoudens. Vanwege technische problemen is een deel van de Stirling motoren al snel na installatie weer uit gebruik genomen.

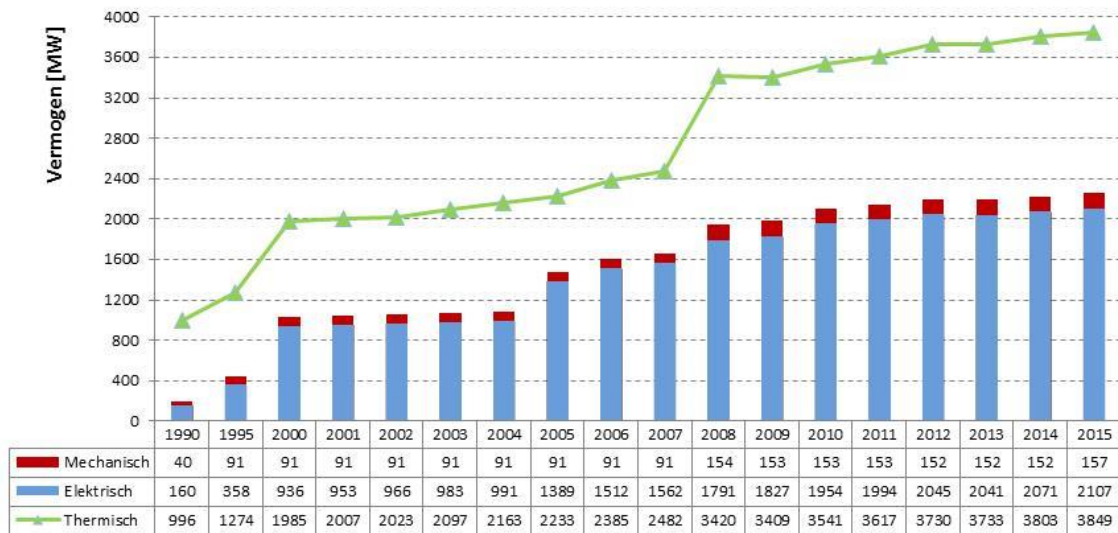
Opgestelde micro-WKK 2015		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Elektrisch vermogen [MW _{e+m}]	Micro-WKK (excl. Stirling motoren)	0,10	0,19	0,22	0,43	0,91	1,07	1,20	1,34
	Stirling motoren	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03
	Totaal	0,10	0,19	0,22	0,45	0,95	1,11	1,24	1,38
Thermisch vermogen [MW _{th}]	Micro-WKK (excl. Stirling motoren)	0,15	0,29	0,34	0,75	2,27	2,82	3,17	3,51
	Stirling motoren	0,00	0,00	0,04	0,20	0,35	0,28	0,25	0,25
	Totaal	0,15	0,29	0,39	0,95	2,61	3,10	3,42	3,76
Aantal installaties	Micro-WKK (excl. Stirling motoren)	16	20	23	35	78	94	109	127
	Stirling motoren	0	0	5	23	40	33	29	29
	Totaal	16	20	28	58	118	127	138	156
Aantal WKK-toepassingen	Micro-WKK (excl. Stirling motoren)	16	20	23	35	78	94	109	127
	Stirling motoren	0	0	5	23	40	33	29	29
	Totaal	16	20	28	58	118	127	138	156

Tabel 3 Evolutie van het opgesteld vermogen van micro-WKK installaties (2008-2015)

2.3. EVOLUTIE VAN HET OPERATIONEEL VERMOGEN

Figuur 1 laat de ontwikkeling zien van het operationeel WKK-vermogen in de periode 1990-2015. Tot en met 2007 is het WKK-vermogen geleidelijk gegroeid. In 2008 is het vermogen aanzienlijk toegenomen. In de periode daarna steeg het WKK-vermogen weer geleidelijk verder.

Het operationeel WKK-vermogen is in 2015 licht gestegen naar 2.264 MW_{e+m}. In 2014 was het vermogen 2.223 MW_{e+m}. Het WKK-vermogen kan worden onderverdeeld in 2.107 MW_e elektrisch vermogen en 157 MW_m mechanisch vermogen van stoomturbines met directe aandrijving. Daarnaast produceren ook enkele andere WKK-installaties mechanische energie.



Figuur 1: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen (1990, 1995, 2000-2015)

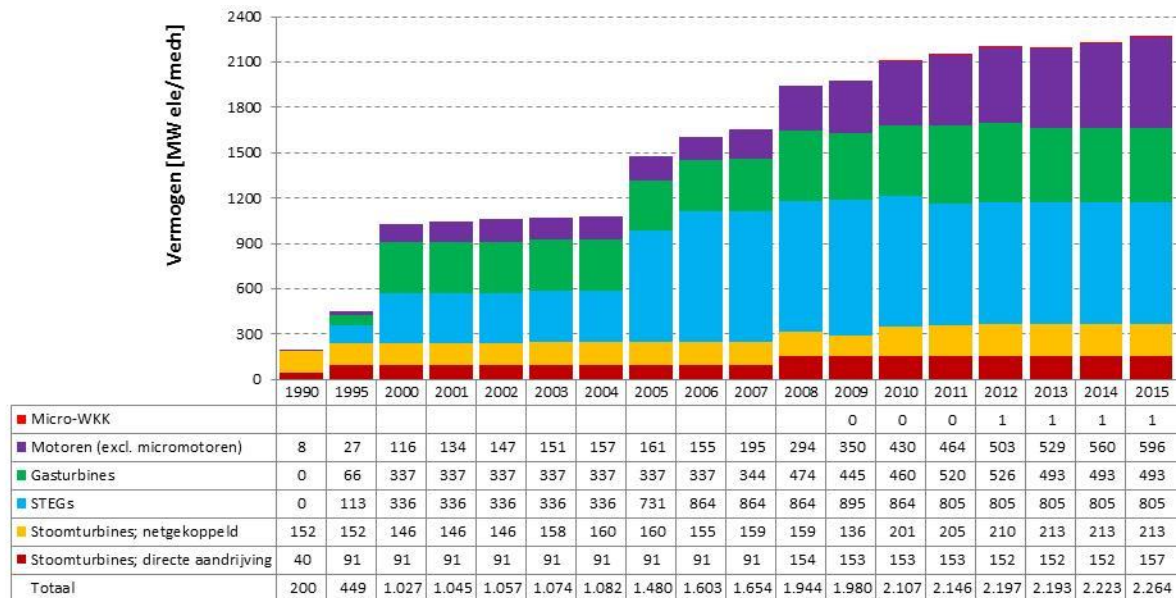
Tabel 4 toont de ontwikkeling van het aantal WKK-toepassingen (sites waar operationele WKK's staan opgesteld), exclusief micro-WKK installaties. Het aantal WKK-toepassingen is toegenomen van 373 in 2014 naar 393 in 2015. Het aantal operationele sites met motoren (excl. micromotoren) is toegenomen van 316 naar 336. Het aantal operationele toepassingen van gasturbines, STEGs en stoomturbines is onveranderd gebleven.

Aantal operationele WKK-toepassingen	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Verschil 2015 t.o.v. 2014	
Motoren (excl. micromotoren)	159	204	232	254	281	298	294	316	336	20	6,3%
Gasturbines	10	11	12	13	17	17	17	17	17	0	0,0%
STEGs	7	7	7	7	6	6	6	6	6	0	0,0%
Stoomturbines; netgekoppeld	20	20	18	18	18	18	18	18	18	0	0,0%
Stoomturbines; directe aandrijving	11	16	16	16	16	16	16	16	16	0	0,0%
Totaal	207	258	285	308	338	355	351	373	393	20	5,4%

Tabel 4 Evolutie van het aantal sites waar WKK's staan opgesteld (excl. micro-WKK, 2007-2015)

2.4. OPERATIONEEL VERMOGEN PER TECHNOLOGIE

Figuur 2 laat de ontwikkeling van het operationeel vermogen per technologie zien. Het vermogen van motoren > 50 kW_e is gegroeid van 560 MW_e in 2014 naar 596 MW_e in 2015. Deze toename vindt hoofdzakelijk plaats in de landbouw. Het vermogen van de stoomturbines met directe aandrijving is toegenomen van 152 MW tot 157 MW doordat de vermogens van drie stoomturbines zijn herzien en een stoomturbine uit dienst is genomen. Het vermogen van de overige WKK-types is ongewijzigd gebleven.



Figuur 2: Evolutie van het operationeel elektrisch en mechanisch WKK-vermogen in Vlaanderen (1990, 1995, 2000-2015)

2.4.1. EVOLUTIE VAN WKK-INSTALLATIES MET VERBRANDINGSMOTOR

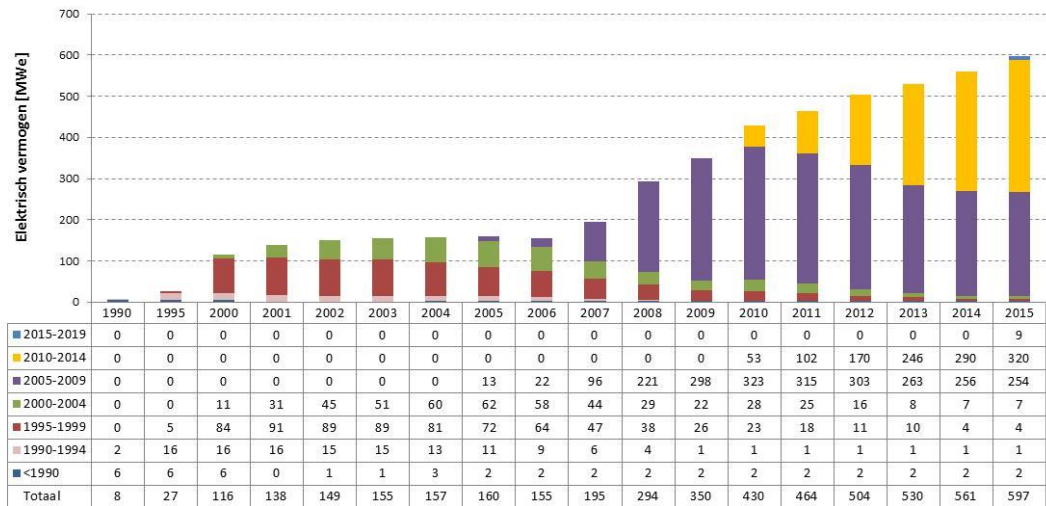
In Figuur 3 is het operationeel vermogen van WKK's met verbrandingsmotoren en micro-WKK's opgesplitst naar het startjaar van de WKK. Dit geeft inzicht in de ouderdom van het park.

De eerste helft van de jaren '90 wordt gekenmerkt door voorzichtige groei van WKK's met interne verbrandingsmotoren. Deze groei versnelt vanaf 1996. In de periode 2002-2004 is het totale vermogen maar licht gestegen en vond er maar beperkt vervanging plaats. Vanaf 2005 worden meer WKK-toepassingen stilgelegd, terwijl er andere, nieuwe opgestart worden. Vanaf 2007 neemt de uitbreiding en de vernieuwing van dit type WKK duidelijk een vlucht. In 2015 is het totaal vermogen van motoren 597 MW_e. Hiervan is 45% (268 MW_e) geïnstalleerd voor 2010.

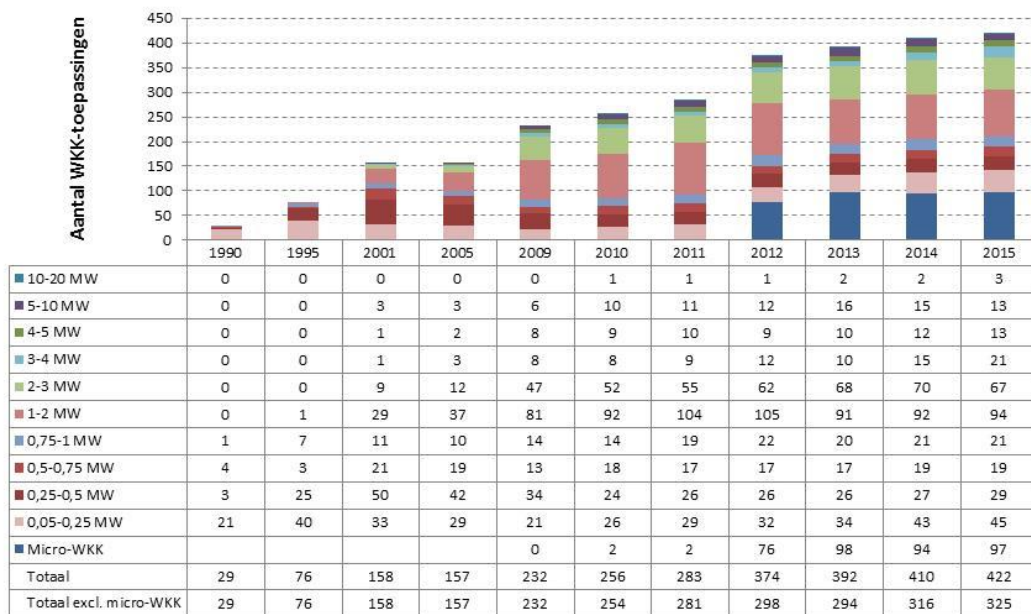
Figuur 4 toont het aantal operationele WKK-toepassingen (met mogelijk meer dan één WKK-motor) naar geïnstalleerd vermogen. Begin jaren '90 werden vooral kleinere WKK-installaties in bedrijf genomen. Vanaf 1995 manifesteerde de groei zich in projecten met een steeds groter vermogen. Tussen 2001 en 2005 zien we dat het aantal toepassingen met een opgesteld elektrisch vermogen groter dan 1 MW toeneemt. Deze trend heeft zich in de jaren daarna voortgezet.

Bij de micro-WKK installaties komt het relatief vaak voor dat er geen operationele gegevens beschikbaar zijn, zodat de betreffende installaties niet worden meegerekend bij het operationeel

vermogen. De ontwikkeling van het opgestelde micro-WKK vermogen is behandeld in paragraaf 2.2.



Figuur 3: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen van verbrandingsmotoren en micro-WKK volgens installatiejaar (1990, 1995, 2000-2015)

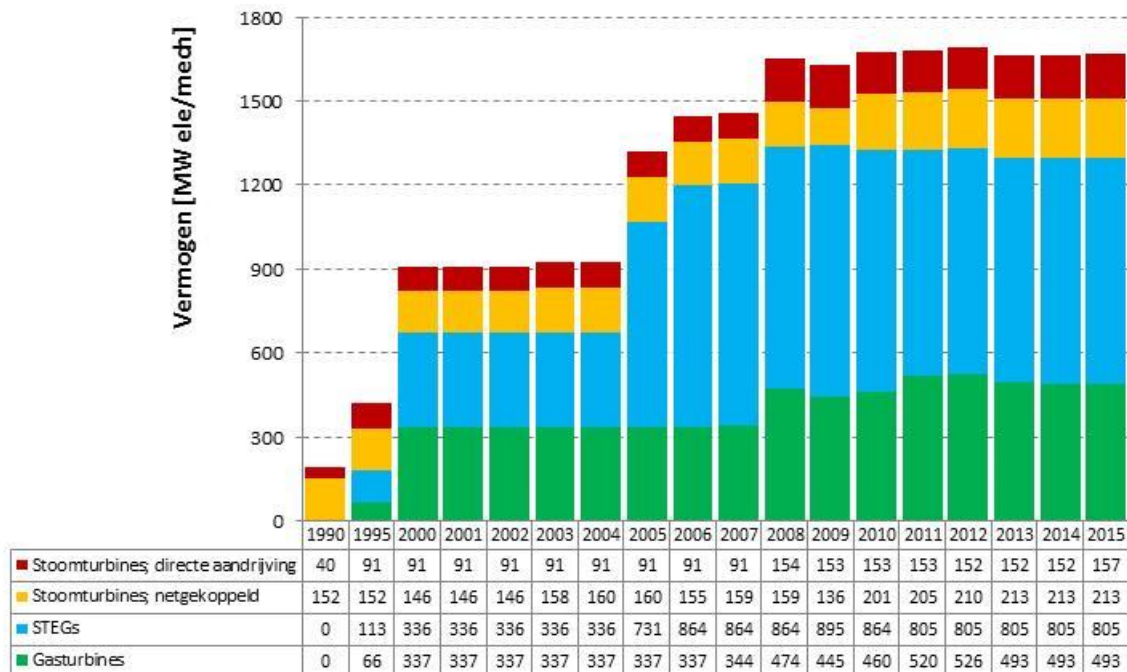


Figuur 4: Evolutie van het aantal operationele WKK-toepassingen van verbrandingsmotoren en micro-WKK volgens geïnstalleerd vermogen per toepassing (1990, 1995, 2001, 2005, 2009-2015)¹

¹ De getallen geven het vermogensbereik uitgedrukt in MW_e, groter of gelijk aan de onderwaarde en kleiner dan de bovenwaarde. Micro-WKK is gedefinieerd als de WKK met vermogen ≤ 50 kW_e.

2.4.2. EVOLUTIE VAN WKK-INSTALLATIES MET GASTURBINES, STEGS EN STOOMTURBINES

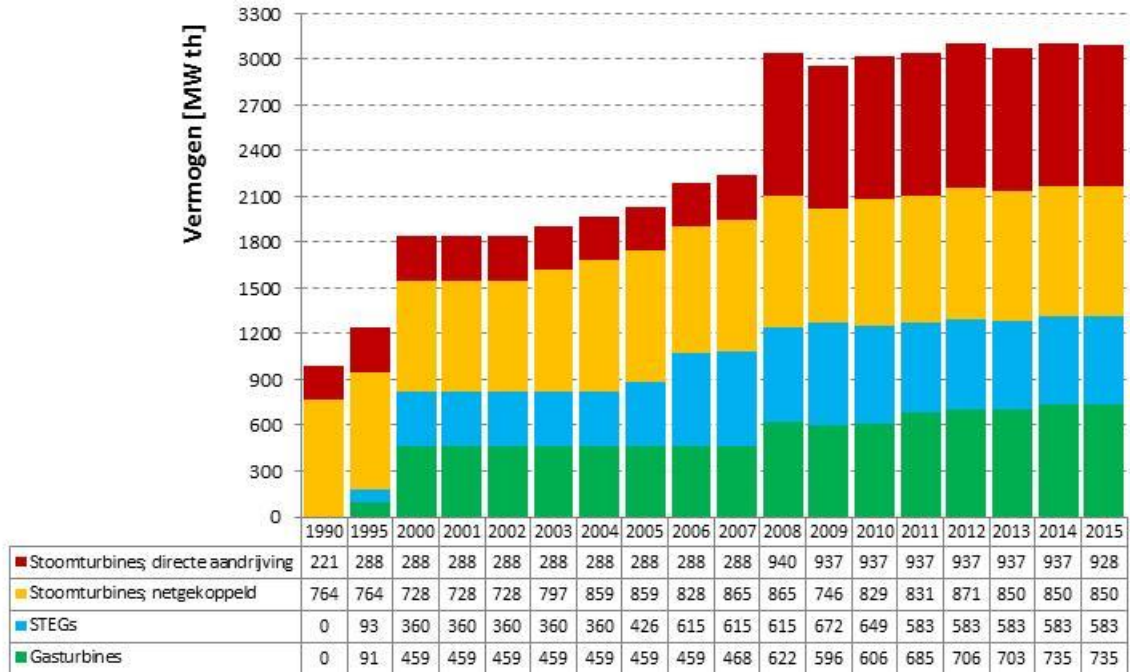
Figuur 5 toont de ontwikkeling van de WKK's met gasturbine, STEG of stoomturbine van 1990 tot en met 2015. In 2015 was het (elektrisch/mechanisch) vermogen van STEGs 805 MW, het vermogen van gasturbines 493 MW, het vermogen van netgekoppelde stoomturbines 213 MW en het vermogen van stoomturbines met directe aandrijving 157 MW.



Figuur 5: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch vermogen van de WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines (1990, 1995, 2000-2015)

De eerste projecten met gasturbines en STEGs dateren van 1993. Van dan af tot en met 2000 neemt het aantal projecten aanzienlijk toe; het opgesteld vermogen in 2000 (911 MW_e) is meer dan verdubbeld ten opzichte van 1993 (367 MW_e). De groei stagneert bijna volledig tussen 2000 en 2004. Met de indienstname van een installatie van 395 MW_e in 2005 neemt het WKK-vermogen met turbines weer toe. De groei zet zich verder in 2006 en in 2008. Sindsdien is het totaal turbinevermogen tamelijk stabiel gebleven.

Figuur 6 toont de evolutie van het thermisch vermogen van WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines.



Figuur 6: Evolutie van het operationeel thermisch vermogen van WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines (1990, 1995, 2000-2015)

2.5. OPERATIONEEL VERMOGEN PER SECTOR

Het operationeel vermogen van WKK-installaties opgesplitst per sector wordt weergegeven in Figuur 7. We veronderstellen daarbij dat de installatie sinds zijn indienstneming niet van sector veranderde.



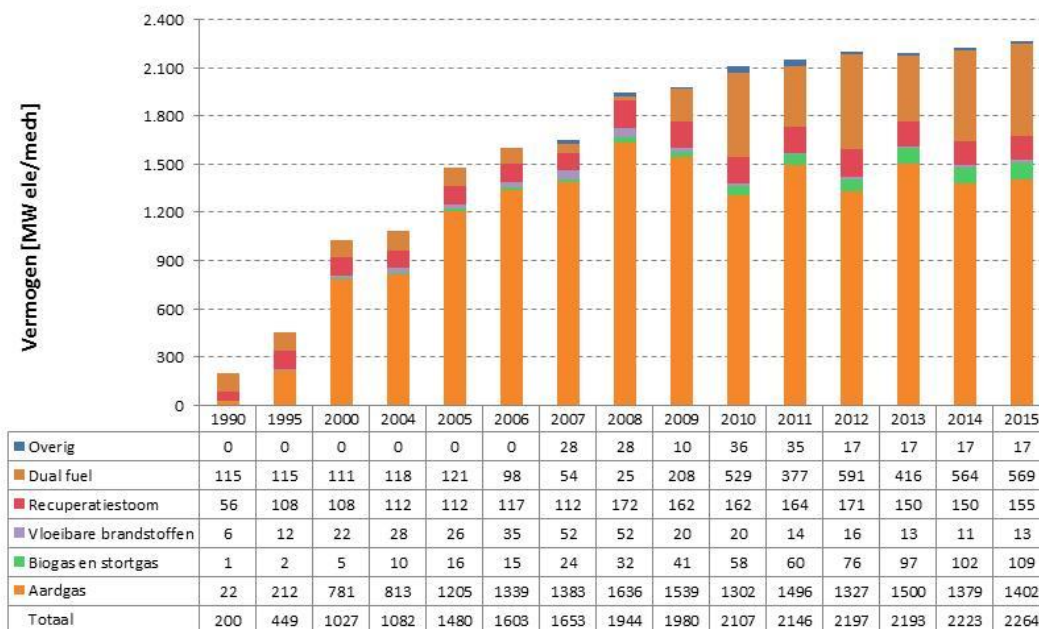
Figuur 7: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per sector in Vlaanderen (incl. micro-WKK) (2005-2015)

Het operationeel vermogen in de landbouwsector vertoont een doorlopend stijgende trend door het toenemend gebruik van WKK's met interne verbrandingsmotor. In 2005 was het operationeel vermogen in deze sector nog 74 MW_e. In 2015 is het vermogen opgelopen tot 442 MW_e. Het operationeel vermogen van WKK-installaties dat warmte levert aan de tertiaire sector bedraagt in 2015 117 MW, waaronder een STEG-installatie van 54 MW_e. Het operationeel vermogen in de afvalverwerkende sector is 37 MW.

2.6. OPERATIONEEL VERMOGEN PER BRANDSTOFSOORT

In Figuur 8 is het operationeel vermogen opgesplitst volgens de volgende brandstofsoorten:

- Aardgas;
- Biogas en stortgas;
- Vloeibare brandstoffen: fossiel (zware en lichte stookolie) en hernieuwbaar (koolzaadolie en palmolie);
- Recuperatiestoom;
- Dual fuel²;
- Overig.



Figuur 8: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per brandstofsoort in Vlaanderen (incl. micro WKK) (1990, 1995, 2000, 2004-2015)

Installaties met een gezamenlijk vermogen van 569 MW werkten in 2015 op meer dan één brandstofsoort (dual fuel). Het vermogen van de technologieën die uitsluitend werken op aardgas was in 2014 1.402 MW. Het vermogen van installaties op biogas en stortgas was 109 MW. Het

² In de jaren 1990-2007 zijn 'dual fuel' installaties gedefinieerd als installaties die op meer dan één soort brandstof werken. Vanaf 2008 zijn 'dual fuel' installaties gedefinieerd als installaties waarvoor geen enkele brandstofsoort meer dan 95% van de totale brandstofinzet vertegenwoordigt.

vermogen van operationele WKK-installaties op recuperatiestoom (stoomturbines) was in 2015 155 MW.

In plaats van het vermogen toe te wijzen aan een brandstofsoort, kan ook de input zelf worden bekeken. De totale WKK-input was in 2015 156,5 PJ. Gasturbines en STEGs waren in 2015 verantwoordelijk voor 45% van de totale input, stoomturbines voor 39% en motoren voor 16%. Aardgas is met een aandeel van 62% de belangrijkste brandstofsoort voor WKK-installaties in Vlaanderen.

Tabel 5 Evolutie van de input van WKK's per technologie (2007-2015)

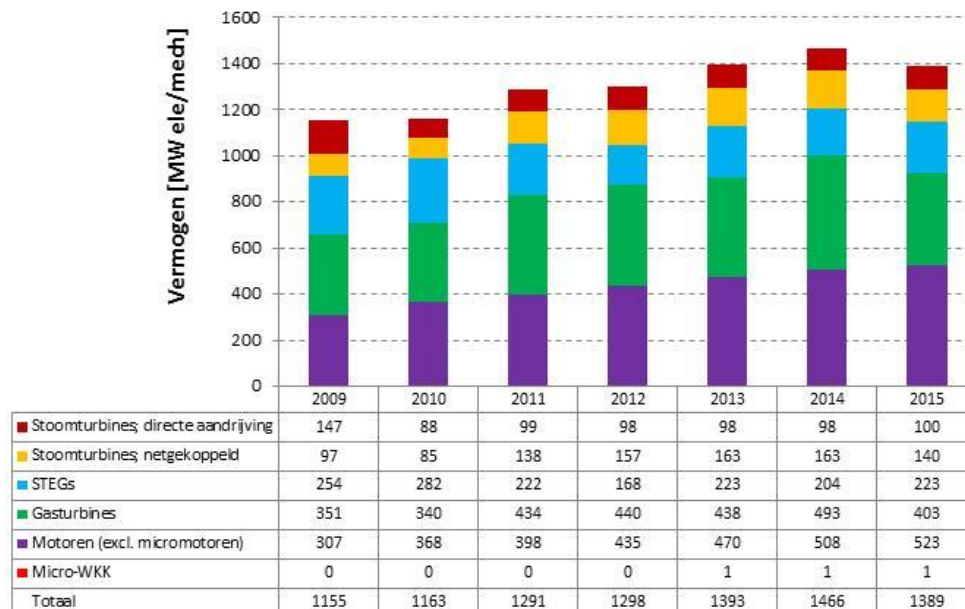
	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]
Motoren en micro-WKK	5.608	4,8%	9.485	7,4%	13.579	9,6%	19.252	11,9%	19.626	12,6%	22.081	13,0%	22.927	14,7%	22.446	14,9%	25.522	16,3%
Aardgas	4.456	3,8%	8.266	6,4%	11.086	7,9%	14.389	8,9%	15.378	9,8%	16.996	10,0%	17.166	11,0%	16.345	10,8%	18.630	11,9%
Biogas en stortgas	725	0,6%	864	0,7%	1.946	1,4%	3.025	1,9%	2.744	1,8%	3.713	2,2%	4.982	3,2%	5.554	3,7%	6.233	4,0%
Overig	427	0,4%	355	0,3%	546	0,4%	1.839	1,1%	1.504	1,0%	1.372	0,8%	779	0,5%	546	0,4%	659	0,4%
Gasturbines en STEGs	65.894	56,0%	67.917	52,9%	80.688	57,3%	82.559	51,0%	79.625	51,0%	84.942	50,0%	72.606	46,5%	65.674	43,5%	69.874	44,6%
Aardgas	65.854	56,0%	67.917	52,9%	80.101	56,9%	79.840	49,4%	77.396	49,6%	81.266	47,8%	70.324	45,0%	62.949	41,7%	67.463	43,1%
Overig	40	0,0%	0	0,0%	587	0,4%	2.719	1,7%	2.229	1,4%	3.676	2,2%	2.282	1,5%	2.725	1,8%	2.410	1,5%
Stoomturbines	46.162	39,2%	51.072	39,8%	46.483	33,0%	59.951	37,1%	56.912	36,4%	63.002	37,1%	60.745	38,9%	62.689	41,6%	61.149	39,1%
Aardgas	10.135	8,6%	10.290	8,0%	9.914	7,0%	13.476	8,3%	12.071	7,7%	13.417	7,9%	13.182	8,4%	12.890	8,5%	10.667	6,8%
Recuperatiestoom	27.800	23,6%	33.294	25,9%	30.387	21,6%	37.251	23,0%	35.516	22,7%	40.042	23,6%	35.764	22,9%	37.824	25,1%	38.633	24,7%
Overig	8.227	7,0%	7.489	5,8%	6.182	4,4%	9.225	5,7%	9.325	6,0%	9.543	5,6%	11.798	7,5%	11.975	7,9%	11.848	7,6%
Totaal	117.664	100%	128.475	100%	140.750	100%	161.762	100%	156.163	100%	170.025	100%	156.278	100%	150.808	100%	156.545	100%

2.7. OPERATIONEEL VERMOGEN MET TOTAALRENDEMENT BOVEN DE DREMPELWAARDE

De volgende figuur geeft per technologie aan welk vermogen op jaarbasis een totaal rendement (de productie van elektriciteit, mechanische energie en warmte samen ten opzichte van de brandstofinput) haalt van minstens 80% voor STEGs en aftapcondensatiestoomturbines en 75% voor alle andere technologieën.³ Dit is een graadmeter voor de kwaliteit van het WKK-park.

In totaal heeft in 2015 61% van het operationeel vermogen een totaalrendement dat hoger is dan de drempelwaarde. In 2014 was dit aandeel nog 66%. Tussen de verschillende technologieën zijn aanzienlijke verschillen merkbaar:

- 88% van het vermogen van motoren (excl. micromotoren) heeft een totaal rendement hoger dan 75%. Bij de micro-WKK is dit aandeel 96%;
- 82% van het gasturbinevermogen heeft een totaal rendement hoger dan 75%;
- 28% van het STEG-vermogen heeft een totaal rendement hoger dan 80%;
- 66% van het netgekoppelde stoomturbinevermogen heeft een totaal rendement boven de drempelwaarde;
- 64% van het stoomturbinevermogen met directe aandrijving heeft een totaal rendement boven de drempelwaarde.



Figuur 9: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen met totaal rendement boven de drempelwaarde, per technologie in Vlaanderen (2009-2015)

³ Deze percentages werden onveranderd overgenomen in de Richtlijn 2012/27/EU betreffende energie-efficiëntie tot wijziging van Richtlijnen 2009/125/EG en 2010/30/EU en houdende intrekking van de Richtlijnen 2004/8/EG en 2006/32/EG.

Aandeel hoogrenderend vermogen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Micro-WKK	-	100%	100%	77%	99%	98%	96%
Motoren (excl. micromotoren)	88%	86%	86%	86%	89%	91%	88%
Gasturbines	79%	74%	83%	84%	89%	100%	82%
STEGs	28%	33%	28%	21%	28%	25%	28%
Stoomturbines; netgekoppeld	71%	42%	67%	74%	77%	77%	66%
Stoomturbines; directe aandrijving	96%	58%	65%	65%	65%	65%	64%
Totaal	58%	55%	60%	59%	64%	66%	61%

Tabel 6 Evolutie van het aandeel operationeel WKK-vermogen met totaal rendement boven de drempelwaarde, per technologie in Vlaanderen (2009-2015)

2.8. OPERATIONEEL CERTIFICAATGERECHTIGD VERMOGEN

De Vlaamse regering wil primaire energiebesparing door kwalitatieve warmte-krachtinstallaties bevorderen. Eigenaars van kwalitatieve WKK-installaties kunnen in aanmerking komen voor warmte-krachtcertificaten. Elektriciteitsleveranciers moeten een bepaald aantal warmte-krachtcertificaten inleveren.

Richtlijn 2012/27/EU [1] stelt als eis voor kwalitatieve WKK dat:

- WKK-installaties met een elektrisch vermogen van 1 MW of lager een relatieve besparing van primaire energie opleveren (ten opzichte van gescheiden productie) en;
- WKK-installaties met een elektrisch vermogen van meer dan 1 MW een relatieve besparing van primaire energie van ten minste 10% opleveren (ten opzichte van gescheiden productie).

Daarbovenop stelt bijlage II van deze richtlijn nog als eis dat warmte-krachtkoppelingseenheden met een groter elektrisch vermogen dan 25 MW een totaal rendement moeten hebben dat hoger is dan 70%.

Het Besluit van de Vlaamse Regering van 19 november 2010 [2], kortweg het Energiebesluit genoemd, neemt de kwaliteitseisen van de Richtlijn over in Art. 6.2.3 en in Bijlage I. In Art. 6.2.12 wordt nog de eis toegevoegd dat de installatie voor het eerst in dienst genomen of ingrijpend gewijzigd werd na 1 januari 2002, dit ter uitvoering van het Art. 7.1.2., §4 van het Energiedecreet van 8 mei 2009.

De berekeningen van de relatieve primaire energiebesparing steunen op een vergelijking tussen de elektrische (of mechanische) en thermische rendementen van de WKK-installatie en van een referentie-installatie. Deze laatste variëren naar gelang het constructiejaar, de technologie, de gebruikte brandstof, de warmtetoepassing, de klimatologische omstandigheden, het netaansluitingsniveau en de fractie van de elektriciteit die aan het openbare net wordt geleverd, zoals in onder andere de Richtlijn 2012/27/EU [1] en de Gedelegeerde verordening (EU) 2015/2402 [3] is beschreven.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van het vermogen van door het VEA erkende productie-installaties dat in aanmerking komt voor de toekenning van aanvaardbare warmte-

krachtcertificaten en hun geïnstalleerd vermogen per technologie. Het totale gecertificeerde vermogen was in 2015 1.892 MW.

2015	Gecertificeerd vermogen [MW _e]
Micro-WKK	1
Motoren (excl. micromotoren)	563
Gasturbines	368
STEGs	751
Stoomturbines; netgekoppeld	155
Stoomturbines; directe aandrijving	54
Som	1.892

Tabel 7: Vermogen van door het VEA erkende WKK-installaties die in aanmerking komen voor Vlaamse WKK-certificaten (2015)

Tabel 8 toont het aantal uitgereikte warmte-krachtcertificaten per productiejaar. Nadat het aantal uitgereikte certificaten tot en met 2013 is gestegen, was het aantal uitgereikte certificaten in 2014 (5,6 miljoen) lager dan in 2013 (5,8 miljoen). In 2015 werden 5,8 miljoen certificaten uitgereikt.

	Aantal uitgereikte aanvaardbare warmte-krachtcertificaten
2006	459.582
2007	1.134.177
2008	2.149.405
2009	3.336.088
2010	4.656.555
2011	5.210.256
2012	5.651.203
2013	5.830.162
2014	5.603.325
2015	5.839.740

Tabel 8: Aantal uitgereikte warmte-krachtcertificaten die aanvaardbaar zijn voor de certificatenverplichting (2006-2015). Bron: VREG, 06/07/2016.

HOOFDSTUK 3. ANALYSE VAN DE DOOR WKK GEPRODUCEERDE NUTTIGE ENERGIE

Dit hoofdstuk laat zien hoeveel warmte en kracht de WKK-installaties genereren. Ook wordt nagegaan hoeveel WKK-elektriciteit en WKK-warmte als hernieuwbaar bestempeld mag worden.

3.1. DOOR WKK GEPRODUCEERDE NUTTIGE ENERGIE

Tabel 9 bevat de evolutie van de output van nuttige energie per soort van Vlaamse WKK over de periode 2005-2015. Over de voorafgaande jaren zijn onvoldoende betrouwbare gegevens beschikbaar om eenzelfde analyse uit te voeren. Voor de micro-WKK's werd een aparte deel-tabel toegevoegd met gegevens voor de jaren 2012-2015.

In 2015 produceerden alle WKK-installaties gezamenlijk 127,0 PJ nuttige energie. De hoeveelheid nuttige energie wordt opgesplitst in warmte (warm water en warme lucht), stoom, elektriciteit en kracht (zijnde de directe aandrijving van machines).

[PJ]	2005		2006		2007		2008		2009	
Totaal in	109,4		113,5		117,7		128,5		140,7	
Warm water/ warme lucht	2,3	2,6%	3,3	3,7%	3,7	3,9%	5,4	5,2%	9,7	8,3%
Stoom	56,2	64,6%	53,9	59,6%	55,4	58,8%	61,1	58,6%	64,8	55,1%
Elektriciteit	25,2	29,0%	30,4	33,6%	32,3	34,3%	34,2	32,8%	39,2	33,4%
Kracht	3,3	3,8%	2,8	3,1%	2,8	2,9%	3,6	3,4%	3,8	3,2%
Totaal uit	87,0 100%		90,4 100%		94,2 100%		104,2 100%		117,5 100%	
Verlies	22,4	20,5%	23,0	20,3%	23,5	20,0%	24,3	18,9%	23,2	16,5%

[PJ]	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
Totaal in	161,8		156,2		170,0		156,3		150,8		156,5	
Warm water/ warme lucht	12,4	9,4%	13,9	11,1%	17,0	12,6%	16,4	12,8%	16,0	12,8%	17,0	13,4%
Stoom	72,0	54,6%	65,2	52,0%	68,1	50,5%	67,5	52,7%	68,5	54,7%	65,7	51,7%
Elektriciteit	43,7	33,1%	41,9	33,4%	45,2	33,6%	40,1	31,3%	36,4	29,0%	39,9	31,4%
Kracht	3,9	3,0%	4,3	3,4%	4,4	3,3%	4,2	3,2%	4,4	3,5%	4,5	3,5%
Totaal uit	132,0 100%		125,2 100%		134,7 100%		128,1 100%		125,3 100%		127,0 100%	
Verlies	29,8	18,4%	30,9	20%	35,3	21%	28,2	18%	25,6	17%	29,5	19%

Tabel 9: Evolutie van de input en output van nuttige energie van WKK (incl. micro-WKK, 2005-2015)⁴

⁴ De aandelen van warmte, stoom, elektriciteit en kracht zijn ten opzichte van de totale nuttige output. De verhouding van het verlies is berekend ten opzichte van de input.

[TJ]	2012		2013		2014		2015	
Totaal in	20,7		51,8		56,3		64,9	
Warm water/warme lucht	10,5	72,3%	34,9	75,1%	37,9	74,6%	42,8	73,6%
Stoom	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
Elektriciteit	4,0	27,7%	11,5	24,7%	12,9	25,3%	15,3	26,2%
Kracht	0,0	0,0%	0,1	0,2%	0,1	0,1%	0,1	0,1%
Totaal uit	14,5		46,5		50,8		58,2	
Verlies	6,1	30%	5,4	10%	5,5	10%	6,7	10%

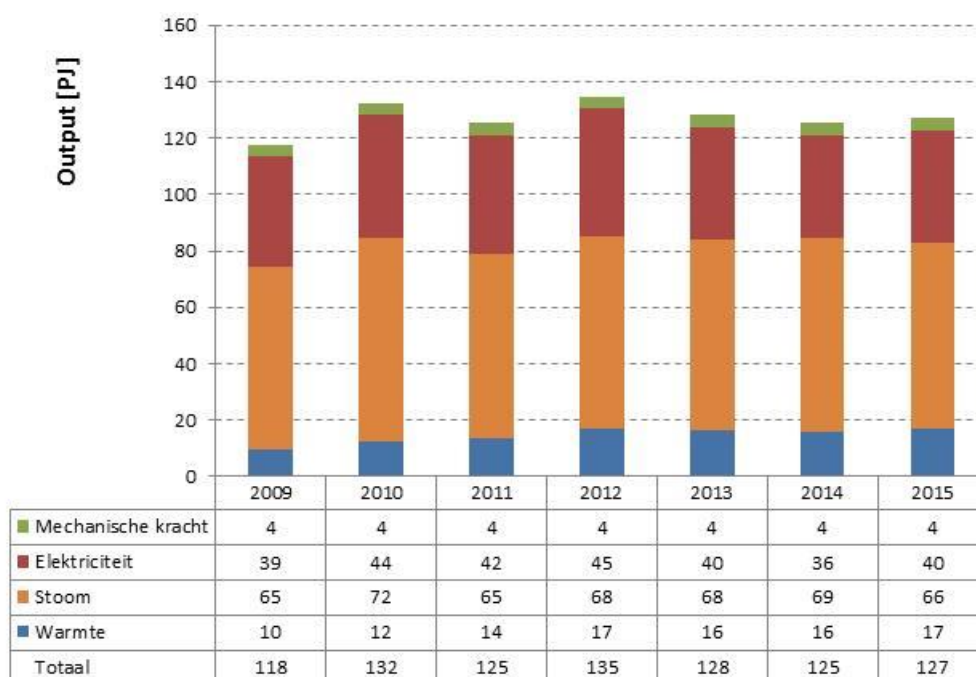
Tabel 10: Evolutie van de input en output van nuttige energie van micro-WKK (2012-2015)⁵

Uit deze gegevens voor 2015 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De totale nuttige output van WKK-installaties is licht gestegen van 125,3 PJ in 2014 naar 127,0 PJ in 2015.
- Meer dan de helft van de nuttige energie wordt geleverd in de vorm van stoom. In 2015 was de stoomproductie 65,7 PJ.
- In 2015 was de hoeveelheid geproduceerde warmte in de vorm van warm water en warme lucht 17,0 PJ.
- In 2015 was elektriciteit met 39,9 PJ goed voor 31% van de nuttige output. De productie van kracht was 4,5 PJ.
- De energieverliezen bedroegen in 2015 19%. Dit betekent dat het gemiddelde totaalrendement van de WKK-installaties 81% was.
- De output van micro-WKK installaties is toegenomen van 14,5 TJ in 2012 tot 58,2 TJ in 2015. Ongeveer 74% van de output van micro-WKK's betreft warmte en ongeveer 26% betreft elektriciteit.

⁵ De aandelen van warmte, stoom, elektriciteit en kracht zijn ten opzichte van de totale nuttige output. De verhouding van het verlies is berekend ten opzichte van de input.

De onderstaande figuur geeft een overzicht van de output van alle WKK-installaties in 2015.



Figuur 10: Overzicht van de output van de Vlaamse WKK-installaties (incl. micro-WKK, 2015)

3.2. DOOR WKK GEPRODUCEERDE NUTTIGE ENERGIE PER TECHNOLOGIE

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de hoeveelheid nuttige energie die de WKK-installaties in Vlaanderen in 2015 produceerden. Ook zijn de gemiddelde opwekkingsrendementen en de gemiddelde jaarlijkse vollasttijd weergegeven.

2015	Motoren en micro-WKK		Gas-turbines	STEG	Stoomturbines		Totaal
	≤ 50 kW _e	> 50 kW _e			Netge-koppeld	Directe aandrijving	
Input [PJ]	0,1	25,5	33,2	36,6	24,3	36,8	156,5
Productie elektriciteit/kracht [PJ]	0,0	10,2	10,1	15,5	4,2	4,4	44,4
Elektr./mech. efficiëntie [%]	24%	40%	30%	42%	17%	12%	28%
Productie warmte [PJ]	0,0	13,6	16,9	12,5	13,8	25,8	82,6
Thermische efficiëntie [%]	66%	53%	51%	34%	57%	70%	53%
Totale efficiëntie [%]	90%	93%	81%	76%	74%	82%	81%
Gemiddelde vollasttijd [h/a]	3.918	4.777	5.675	5.351	5.440	7.828	5.452

Tabel 11: Overzicht van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie (2015)

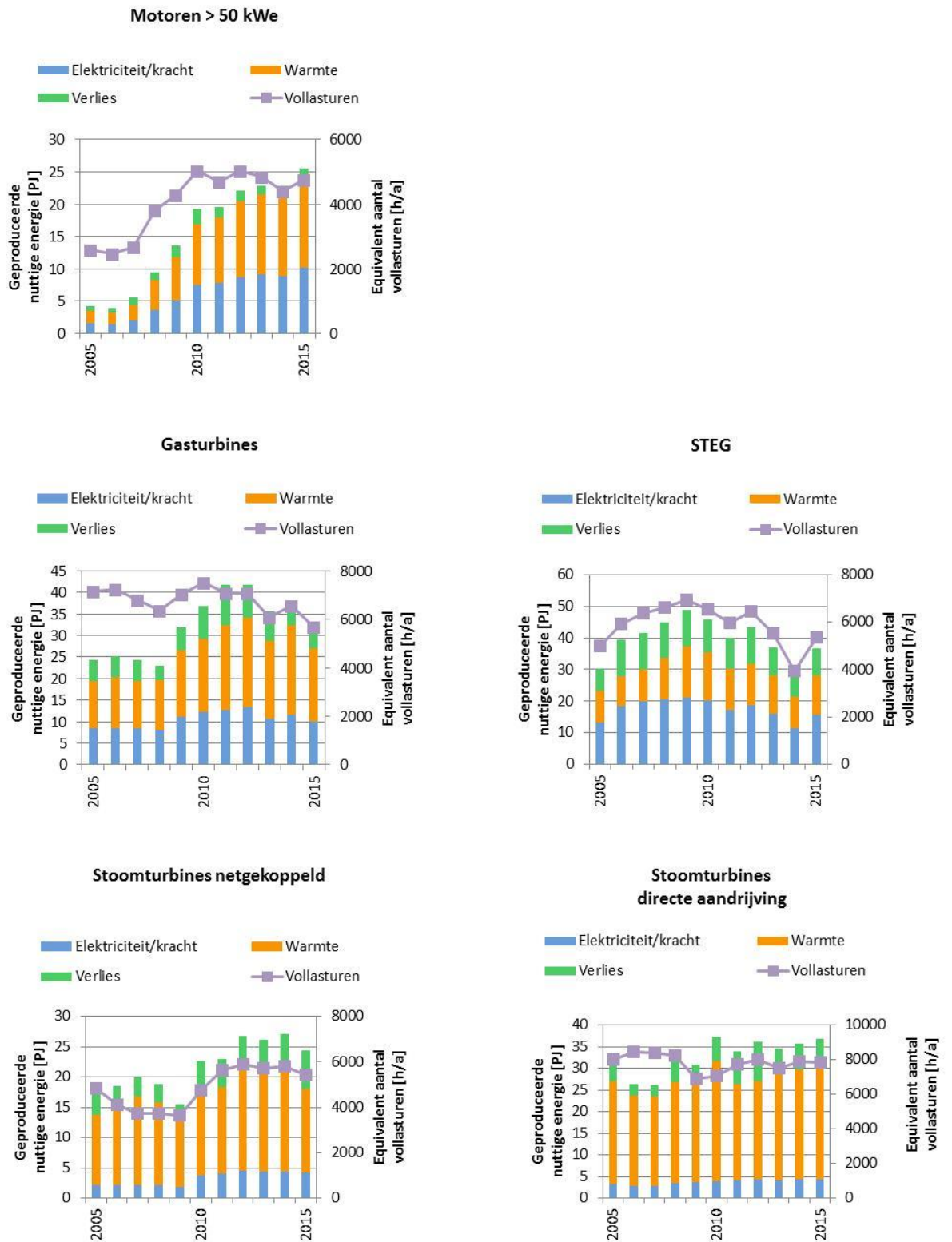
Uit deze tabel is het volgende af te leiden:

- De WKK-installaties met motoren (> 50 kW_e) hebben in 2015 een totaalrendement van 93% en een gemiddelde vollasttijd van 4.777 uur gerealiseerd. De micro-WKK's hebben

gemiddeld een lager elektrisch rendement en een lager aantal vollasturen ten opzichte van de grotere motoren.

- Het totaalrendement van de gasturbines was in 2015 81%. De gemiddelde vollasttijd was 5.675 uur.
- De STEGs realiseerden een totaal rendement van 76%. De gemiddelde vollasttijd voor STEGs bedroeg in 2015 5.351 uur.
- De stoomturbines hebben een relatief laag elektrisch rendement, maar deze installaties realiseren toch een gemiddeld totaalrendement van 74% (netgekoppelde stoomturbines) en 82% (stoomturbines met directe aandrijving). De gemiddelde vollasttijd van netgekoppelde stoomturbines bedroeg in 2015 5.440 uur. De gemiddelde vollasttijd van stoomturbines met directe aandrijving was 7.828 uur.

De volgende figuur geeft een overzicht van de ontwikkeling van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie (excl. micro-WKK) en het aantal equivalente vollasturen in de jaren 2005-2015.



Figuur 11: Evolutie van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie en het aantal equivalente vollasturen (excl. micro-WKK, 2005-2015)

3.3. DOOR WKK GEPRODUCEERDE HERNIEUWBARE ENERGIE

Een deel van de nuttige energie die WKK's produceren is hernieuwbaar. Het aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte wordt getoond in volgende tabellen.

WKK	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Totaal geproduceerde WKK elektriciteit/kracht [PJ]	33,2	35,1	37,7	43,0	47,6	46,2	49,6	44,2	40,7	44,4
Totaal geproduceerde WKK-warmte [PJ]	57,2	59,1	66,4	74,5	84,5	79,1	85,1	83,9	84,5	82,6
Hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht [PJ]	0,5	0,6	0,7	1,2	2,6	2,9	3,4	3,6	3,8	4,1
Hernieuwbare WKK-warmte [PJ]	1,5	1,8	1,9	2,2	3,6	3,3	4,7	4,6	4,9	5,2
Aandeel hernieuwbaar in totaal WKK-elektriciteit/kracht	1,5%	1,8%	1,8%	2,9%	5,5%	6,2%	6,8%	8,1%	9,4%	9,3%
Aandeel hernieuwbaar in totaal WKK-warmte	2,6%	3,1%	2,9%	3,0%	4,2%	4,1%	5,6%	5,4%	5,8%	6,3%

Tabel 12: Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte (2006-2015)

Micro-WKK	2012	2013	2014	2015
Totaal geproduceerde WKK-elektriciteit/kracht [TJ]	4,0	11,6	12,9	15,3
Totaal geproduceerde WKK-warmte [TJ]	10,5	34,9	37,9	42,8
Hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht [TJ]	1,0	7,4	7,7	7,4
Hernieuwbare WKK-warmte [TJ]	3,0	25,2	26,6	25,2
Aandeel hernieuwbaar in totaal WKK-elektriciteit/kracht	24,4%	63,6%	59,9%	48,3%
Aandeel hernieuwbaar in totaal WKK-warmte	28,1%	72,1%	70,2%	58,8%

Tabel 13 Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte van micro-WKK (2012-2015)

De productie van hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is in de periode 2006-2015 gestegen van 0,5 PJ tot 4,1 PJ. In dezelfde periode is de hoeveelheid hernieuwbare WKK-warmte gestegen van 1,5 tot 5,2 PJ. Het aandeel van hernieuwbare WKK elektriciteit/kracht was in 2015 9,3%. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 6,3%.

HOOFDSTUK 4. ANALYSE VAN DE RELATIEVE PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN DE WARMTE-KRACHTBESPARING

4.1. BEPALING VAN DE RELATIEVE PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN DE WARMTE-KRACHTBESPARING

Met warmte-kranchkoppelingsinstallaties kan primaire energie worden bespaard ten opzichte van gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte. De resultaten voor de warmte-krachtbesparing in deze inventaris zijn berekend op basis van Europese referentierendementen.

Om te bepalen hoeveel primaire energie een warmte-kranchkoppelingsinstallatie bespaart, worden referentierendementen gebruikt. Op deze manier kan een vergelijking worden gemaakt met de best beschikbare technologie voor gescheiden productie van warmte en elektriciteit in het jaar waarin de WKK-eenheid is gebouwd.

Voor de bepaling van de warmte-krachtbesparing worden in deze inventaris de “Europese” referentierendementen gebruikt, zoals vastgelegd in het Ministerieel Besluit van 1 juni 2012 (“*Primaire energiebesparing op basis van Europese referentierendementen*”) (zie Bijlage A).⁶ Deze referentierendementen zijn van toepassing tot en met 31 december 2015. De Europese referentierendementen werden gewijzigd door de Gedelegeerde verordening (EU) 2015/2402 van de Commissie van 12 oktober 2015 [3].

De te gebruiken referentierendementen hangen af van de gebruikte brandstof, het warmtemedium en het constructiejaar van de installatie. Ook worden er correctiefactoren toegepast voor vermeden netverliezen en voor afwijkingen ten opzichte van de gemiddelde klimatologische omstandigheden.

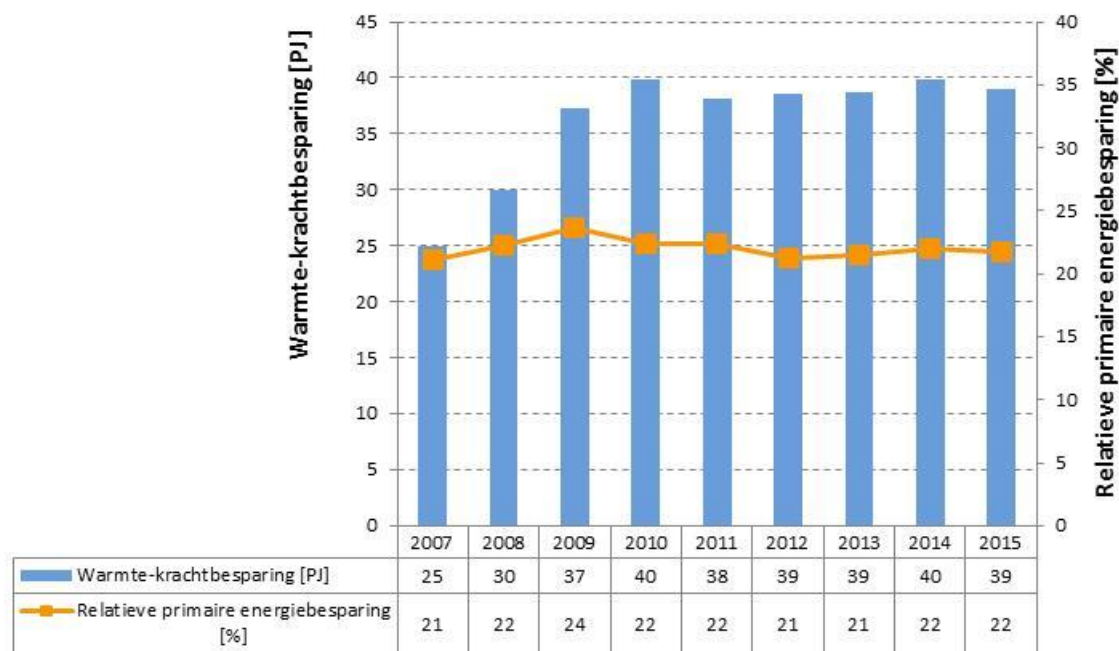
Bijlage A bevat de referentierendementen voor de opwekking van elektriciteit en warmte, de correctiefactoren voor vermeden netwerkverliezen en de correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden.

In deze WKK-inventaris worden de warmte-krachtbesparing en de relatieve primaire energiebesparing berekend conform de Europese richtlijn energie-efficiëntie [1] [4]. De berekening van de warmte-krachtbesparing op basis van de Europese referentierendementen is relevant voor de rapportering aan de Europese Commissie. Deze warmte-krachtbesparing mag niet verward worden met de berekening van de warmte-krachtbesparing conform de Vlaamse referentierendementen, die gebruikt wordt voor het toekennen van warmte-krachtcertificaten.

4.2. EVOLUTIE VAN DE RELATIEVE PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN DE WARMTE-KRACHTBESPARING

Figuur 12 toont de warmte-krachtbesparing en de relatieve primaire energiebesparing in de periode 2007-2015 van WKK in Vlaanderen. In de periode 2007-2015 is de warmte-krachtbesparing toegenomen van 25 PJ naar 39 PJ. In 2015 was de relatieve primaire energiebesparing 22%.

⁶ Voor de steunberekening rekent het VEA met andere, “Vlaamse” referentierendementen, zoals bepaald in het Ministerieel besluit van 26 mei 2016 [5].



Figuur 12: Warmte-krachtbesparing en relatieve primaire energiebesparing van WKK in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2015)

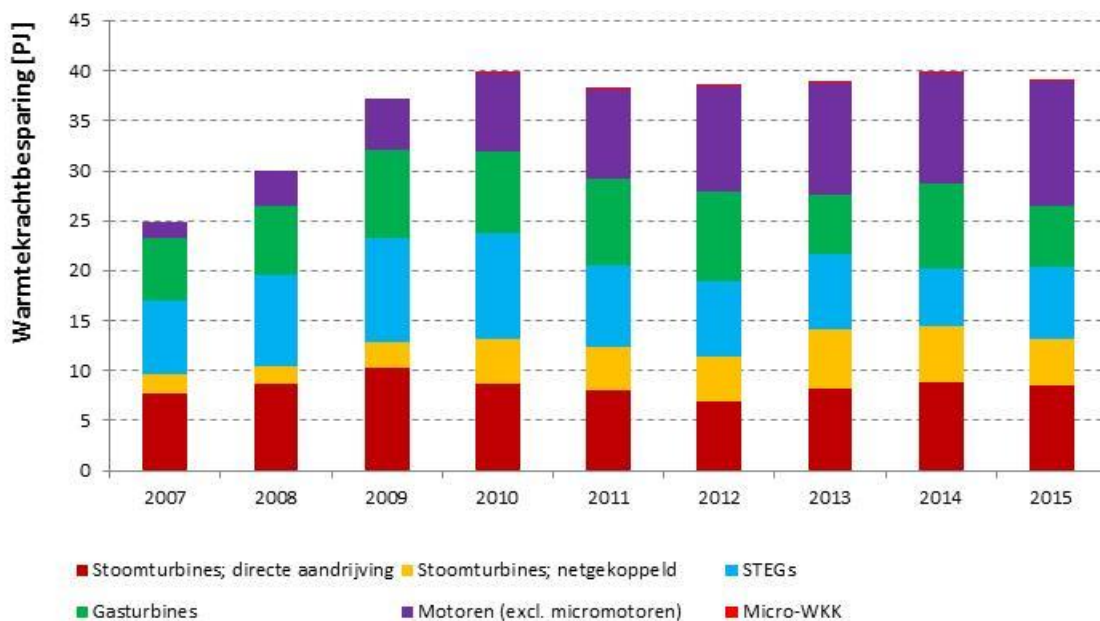
4.3. EVOLUTIE VAN DE RELATIEVE PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN DE WARMTE-KRACHTBESPARING PER TECHNOLOGIE

De globale relatieve primaire energiebesparing wordt in onderstaande tabel verder opgedeeld per technologie.

Relatieve primaire energiebesparing	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Micro-WKK	-	-	-	29,1%	26,0%	2,4%	29,9%	30,3%	29,0%
Motoren (excl. micromotoren)	24,4%	27,7%	28,7%	31,2%	33,1%	34,4%	34,0%	34,1%	34,3%
Gasturbines	22,7%	24,5%	23,0%	19,9%	18,8%	18,4%	14,1%	18,2%	15,8%
STEGs	26,6%	25,7%	24,6%	26,3%	22,6%	21,2%	22,4%	20,5%	22,0%
Stoomturbines; netgekoppeld	9,0%	9,0%	13,9%	17,6%	17,2%	16,0%	19,8%	19,3%	17,9%
Stoomturbines; directe aandrijving	22,6%	22,6%	25,2%	18,9%	22,1%	18,3%	19,4%	19,9%	18,8%
Globaal (over alle technologieën)	21,1%	22,2%	23,6%	22,4%	22,3%	21,3%	21,5%	22,0%	21,8%

Tabel 14: Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2015)

Figuur 13 geeft ontwikkeling van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen.



Figuur 13: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2015)

Warmte-krachtbesparing [PJ]	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Micro-WKK	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Motoren (excl. micromotoren)	1,6	3,5	5,2	8,0	8,9	10,7	11,2	11,1	12,5
Gasturbines	6,3	6,9	8,7	8,2	8,7	8,9	5,8	8,4	6,1
STEGs	7,5	9,1	10,5	10,6	8,2	7,6	7,6	5,8	7,3
Stoomturbines; netgekoppeld	2,0	1,9	2,5	4,4	4,3	4,6	5,9	5,7	4,6
Stoomturbines; directe aandrijving	7,6	8,6	10,3	8,7	8,1	6,9	8,2	8,8	8,5
Totaal	24,9	30,0	37,2	39,8	38,2	38,6	38,8	39,9	39,0

Tabel 15 Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2015)

Uit deze resultaten komt het volgende naar voren:

- De warmte-krachtbesparing van de motoren (excl. micromotoren) is in de periode 2007-2015 toegenomen van 1,6 PJ tot 12,5 PJ. Deze stijging hangt samen met de sterke toename van het WKK-vermogen met motoren, een hoger aantal vollasturen en de verbetering van het rendement van deze installaties.
- In 2015 was de warmte-krachtbesparing van de gasturbines 6,1 PJ. Enkele grote installaties realiseerden in 2015 een relatief laag aantal vollasturen.

- De warmte-krachtbesparing van de STEGs was in 2015 7,3 PJ. Het aantal vollasturen en de energieproductie van de STEGs waren in 2014 relatief laag.
- In 2015 was de warmte-krachtbesparing van stoomturbines met directe aandrijving 8,5 PJ en de warmte-krachtbesparing van netgekoppelde stoomturbines 4,6 PJ.

HOOFDSTUK 5. BESLUIT

De meest markante feiten over WKK in Vlaanderen in 2015 zijn de volgende:

- In 2015 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch/mechanisch) in Vlaanderen 2.264 MW_{e+m}. Het operationeel WKK-vermogen is in 2015 licht gestegen. In 2014 was het vermogen 2.223 MW_{e+m}.
- Er waren 622 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 497 WKK-toepassingen (sites waar WKK's staan opgesteld).
- In 2015 waren 11 WKK's op basis van één of meer brandstofcellen (met waterstof als brandstof) in gebruik met een gezamenlijk vermogen van 22 kW_e.
- Het vermogen van motoren > 50 kW_e is gegroeid van 560 MW_e in 2014 naar 596 MW_e in 2015. Deze toename vindt hoofdzakelijk plaats in de landbouw. Het aantal operationele sites met motoren (excl. micromotoren) is toegenomen van 316 naar 336.
- Het aantal operationele toepassingen van gasturbines, STEGs en stoomturbines is onveranderd gebleven ten opzichte van 2014.
- Het opgesteld micro-WKK vermogen is licht toegenomen van 1,24 MW_e in 2014 tot 1,38 MW_e in 2015. Het aantal opgestelde micro-WKK's is gestegen van 138 naar 156.
- De totale nuttige output van WKK-installaties is licht gestegen van 125,3 PJ in 2014 naar 127,0 PJ in 2015.
- In 2015 was de stoomproductie 65,7 PJ. De hoeveelheid geproduceerde warmte in de vorm van warm water en warme lucht was 17,0 PJ. Elektriciteit was met 39,9 PJ goed voor 31% van de nuttige output. De productie van kracht was 4,5 PJ.
- De totale WKK-input was in 2015 156,5 PJ. Gasturbines en STEGs waren in 2015 verantwoordelijk voor 45% van het totale brandstofverbruik, stoomturbines voor 39% en motoren voor 16%. Aardgas is met een aandeel van 62% de belangrijkste brandstofsoort voor WKK-installaties in Vlaanderen.
- De productie van hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is in de periode 2006-2015 gestegen van 0,5 PJ tot 4,1 PJ. In dezelfde periode is de hoeveelheid hernieuwbare WKK-warmte gestegen van 1,5 tot 5,2 PJ. Het aandeel van hernieuwbare WKK elektriciteit/kracht was in 2015 9,3%. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 6,3%.
- In de periode 2007-2015 is de totale warmte-krachtbesparing toegenomen van 25 PJ naar 39 PJ. In 2015 was de Relatieve Primaire Energiebesparing 22%.

LITERATUURLIJST

- [1] Richtlijn 2012/27/EU van het Europees Parlement en de Raad van 25 oktober 2012 betreffende energie-efficiëntie, tot wijziging van Richtlijnen 2009/125/EG en 2010/30/EU en houdende intrekking van de Richtlijnen 2004/8/EG en 2006/32/EG.
- [2] Besluit van de Vlaamse Regering houdende algemene bepalingen over het energiebeleid, 19 november 2010, kortweg het Energiebesluit.
- [3] Gedelegeerde verordening (EU) 2015/2402 van de Commissie van 12 oktober 2015 tot herziening van geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte overeenkomstig Richtlijn 2012/27/EU van het Europees Parlement en de Raad en tot intrekking van Uitvoeringsbesluit 2011/877/EU van de Commissie (zie link)
- [4] Beschikking van de Commissie van 19 november 2008 tot vaststelling van gedetailleerde richtsnoeren voor de tenuitvoerlegging en toepassing van bijlage II bij Richtlijn 2004/8/EG van het Europees Parlement en de Raad (2008/952/EG).
- [5] Ministerieel besluit van 26 mei 2016 inzake de vastlegging van referentierendementen voor de toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmte-krachtinstallaties ter vervanging van het Ministerieel besluit van 1 juni 2012 inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmte-krachtinstallaties.
- [6] Uitvoeringsbesluit 2011/877/EU van de Commissie van 19 december 2011 tot vaststelling van geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte in toepassing van Richtlijn 2004/8/EG van het Europees Parlement en de Raad en tot intrekking van beschikking 2007/74/EG van de Commissie.
- [7] Richtlijn 2004/8/EG van het Europees Parlement en de Raad van 11 februari 2004 inzake de bevordering van warmte-kranchkoppeling op basis van de vraag naar nuttige warmte binnen de interne energiemarkt en tot wijziging van de Richtlijn 92/42/EEG.

BIJLAGE A: GEHARMONISEERDE RENDEMENTSREFERENTIEWAARDEN EN CORRECTIEFACTOREN

Deze bijlage bevat de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte in toepassing van Richtlijn 2004/8/EG van het Europees parlement en de Raad en tot intrekking van beschikking 2007/74/EG van de Commissie (uitvoeringsbesluit van de Commissie 19 december 2011). Daarnaast worden de correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden en voor vermeden netwerkverliezen gegeven.

De referentierendementen in deze Appendix zijn van toepassing tot en met 31 december 2015. De Europese referentierendementen werden gewijzigd door de Gedelegeerde verordening (EU) 2015/2402 van de Commissie van 12 oktober 2015 [3]. Door de aangepaste Europese referentierendementen werd eveneens het Ministerieel Besluit van 1/6/2012 vervangen door het Ministerieel Besluit van 26 mei 2016 inzake de vastlegging van referentierendementen voor de toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmte-krachtinstallaties [5].

A.1) Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van warmte

In de onderstaande tabel zijn de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van warmte gebaseerd op de netto calorische waarde en standaard ISO-omstandigheden (omgevingstemperatuur van 15 °C, druk 1,013 bar, 60 % relatieve vochtigheid).

	Type brandstof	Stoom/heet water	Direct gebruik van uitlaatgassen (*)
Vast	Steenkool/cokes	88	80
	Bruinkool/bruinkoolbriketten	86	78
	Turf/turfbriketten	86	78
	Houtbrandstoffen	86	78
	Agrarische biomassa	80	72
	Biologisch afbreekbaar (stedelijk) afval	80	72
	Niet-hernieuwbaar (stedelijk en industrieel) afval	80	72
	Oliehoudende leesteen	86	78
Vloeibaar	Olie (gasolie + stookolie), lpg	89	81
	Biobrandstof	89	81
	Biologisch afbreekbaar afval	80	72
	Niet-hernieuwbaar afval	80	72
Gasvormig	Aardgas	90	82
	Raffinaderijgas/waterstof	89	81
	Biogas	70	62
	Cokesovengas, hoogovengas, andere afvalgasen, industriële overtollige hitte	80	72

(*) De waarden voor directe hitte moeten worden gebruikt als de temperatuur 250 °C of hoger is.

A.2) Correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden

Correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden en methode voor de afbakening van klimaatzones voor de toepassing van de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit (als bedoeld in artikel 3, lid 1)

a) Correctiefactoren in verband met de gemiddelde klimatologische omstandigheden

De correctiefactor voor de omgevingstemperatuur is gebaseerd op het verschil tussen de jaarlijkse gemiddelde temperatuur in een lidstaat en de standaard ISO-omstandigheden (15 °C).

De correctiefactor is als volgt:

- i) 0,1 % rendementsverlies voor elke graad boven 15 °C;
- ii) 0,1 % rendementswinst voor elke graad onder 15 °C.

Voorbeeld:

Wanneer de gemiddelde temperatuur in een lidstaat 10 °C bedraagt, moet de referentiewaarde voor een warmtekrachteenheid in die lidstaat met 0,5 % worden verhoogd.

b) Methode voor de afbakening van klimaatzones

De grenzen van elke klimaatzone worden gevormd door isothermen (in volledige graden Celsius) van de jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur die ten minste 4 °C van elkaar verschillen. Het temperatuurverschil tussen de jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur in aangrenzende klimaatzones bedraagt ten minste 4 °C.

Voorbeeld:

In een lidstaat bedraagt de jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur in plaats A 12 °C en in plaats B 6 °C. Het verschil is meer dan 5 °C. De lidstaat heeft nu de optie om twee klimaatzones in te voeren die gescheiden zijn door de isotherm van 9 °C, waardoor een klimaatzone wordt omschreven tussen de isothermen van 9 °C en 13 °C met een jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur van 11 °C en een tweede klimaatzone tussen de isothermen van 5 °C en 9 °C met een jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur van 7 °C.

De onderstaande tabel geeft de gemiddelde jaarlijkse temperatuur die is gebruikt voor het bepalen van de correctiefactor voor de omgevingstemperatuur (a). De methode voor afbakening van klimaatzones (b) is niet toegepast.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gemiddelde temperatuur (°C)	11,5	10,9	11,0	9,7	11,6	10,6	10,1	11,9	11,3

Tabel 16: Gemiddelde jaarlijkse temperatuur (2007-2015). Bron: Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), www.meteo.be

A.3) Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit

In de onderstaande tabel zijn de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit gebaseerd op de netto calorische waarde en standaard ISO-omstandigheden (omgevingstemperatuur van 15 °C, druk 1,013 bar, 60 % relatieve vochtigheid).

	Bouwjaar: Type brandstof:	2001 en eerder	2002	2003	2004	2005	2006- 2011	2012- 2015
Vast	Steenkool/cokes	42,7	43,1	43,5	43,8	44,0	44,2	44,2
	Bruinkool/bruinkoolbriketten	40,3	40,7	41,1	41,4	41,6	41,8	41,8
	Turf/turfbriketten	38,1	38,4	38,6	38,8	38,9	39,0	39,0
	Houtbrandstoffen	30,4	31,1	31,7	32,2	32,6	33,0	33,0
	Agrarische biomassa	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
	Biologisch afbreekbaar (stedelijk) afval	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
	Niet-hernieuwbaar (stedelijk en industrieel) afval	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
	Oliehoudende leisteen	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9	39,0	39,0
Vloeibaar	Olie (gasolie + stookolie), lpg	42,7	43,1	43,5	43,8	44,0	44,2	44,2
	Biobrandstoffen	42,7	43,1	43,5	43,8	44,0	44,2	44,2
	Biologisch afbreekbaar afval	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
	Niet-hernieuwbaar afval	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
Gasvormig	Aardgas	51,7	51,9	52,1	52,3	52,4	52,5	52,5
	Raffinadenijgas/waterstof	42,7	43,1	43,5	43,8	44,0	44,2	44,2
	Biogas	40,1	40,6	41,0	41,4	41,7	42,0	42,0
	Cokesovengas, hoogovengas, andere afvalgassen, industriële overtollige hitte	35	35	35	35	35	35	35

A.4) Correctiefactoren voor vermeden netwerkverliezen

Correctiefactoren voor vermeden netwerkverliezen voor de toepassing van de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit (als bedoeld in artikel 3, lid 2)

Spanning	Voor aan het netwerk geleverde elektriciteit	Voor ter plaatse gebruikte elektriciteit
> 200 kV	1	0,985
100-200 kV	0,985	0,965
50-100 kV	0,965	0,945
0,4-50 kV	0,945	0,925
< 0,4 kV	0,925	0,860