



Vlaanderen
is energie

Inventaris warmte-krachtkoppeling Vlaanderen

1990-2016

Colofon

Inventaris warmte-krachtkoppeling Vlaanderen 1990-2016

Verantwoordelijke uitgever: Luc Peeters, Administrateur-generaal, Vlaams Energieagentschap, Koning Albert II-laan 20 bus 17, 1000 Brussel

Redactie en layout: Pieter Vingerhoets, VITO

Medewerkers: Pieter Vingerhoets, Kaat Jespers, Thomas Neven, Nele Renders, Wouter Wetzels, VITO

Stuurgroepleden:

Vlaams Energieagentschap: Nadine Dufait, Paul Zeebroek

Departement Omgeving, Afdeling Energie, Klimaat en Groene economie: Bart Naessens, Julien Matheys

VMM: Miet D'heer

VMM, MIRA: Johan Brouwers

Studiedienst Vlaamse Regering: Dirk Smets

OVAM: Luk Umans

Departement LV, afdeling Monitoring en Studie: Sonia Ienders

Depotnummer: D/2017/3241/314

Uitgave: november 2017

SAMENVATTING INVENTARIS WARMTE-KRACHTKOPPELING

Steekkaart WKK in Vlaanderen – 2016

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste cijfers over warmte-krachtinstallaties (WKK-installaties) in Vlaanderen in 2016.

Steekkaart WKK in Vlaanderen	Motoren en micro-WKK	Gasturbines	STEG's	Stoomturbines		Totaal 2016	Evolutie t.o.v. 2015	Totaal 2015
				Net-gekoppeld	Directe aandrijving			
Vermogen elektrisch [MW]	637	450	805	196	157	2.245	-0,8%	2.264
<i>waarvan certificaatgerechtigd</i>	613	410	602	155	54	1.834	-3,1%	1.892
Vermogen thermisch [MW]	808	674	583	818	928	3.811	-1,0%	3.849
Totale productie kracht [PJ]	10,9	10,4	15,7	4,2	4,1	45,3	+2,1%	44,4
Totale productie kracht [GWh]	3.025	2.895	4.349	1.165	1.151	12.585	+2,1%	12.330
<i>waarvan elektriciteit [GWh]</i>	3.024	2.880	4.349	1.165	0	11.417	+3,0%	11.086
% WKK elektriciteit t.o.v. bruto binnenlands elektriciteitsverbruik (*)	5,4%	5,2%	7,8%	2,1%	0,0%	20,5%	+0,2%	20,3%
Totale productie warmte [PJ]	14,5	16,9	11,5	14,7	24,2	81,8	-1,1%	82,6
Totale productie warmte [GWh]	4.023	4.697	3.185	4.095	6.709	22.710	-1,1%	22.958
Rendement elektrisch [%]	40,6%	31,4%	43,2%	17,7%	11,9%	29,3%	+0,9%	28,4%
Rendement thermisch [%]	54,1%	50,9%	31,7%	62,3%	69,3%	52,8%	+0,0%	52,8%
Rendement totaal [%]	94,7%	82,2%	74,9%	80,0%	81,2%	82,1%	+0,9%	81,1%
Gemiddelde vollasttijd [h/a]	4.766	6.439	5.403	5.943	7.343	5.615	+3,0%	5.452
Warmte-krachtbesparing [PJ] (**)	13,0	6,4	3,9	7,0	8,2	38,6	+3,0%	37,4
Warmte-krachtbesparing [GWh]	3.603	1.787	1.095	1.952	2.271	10.709	+3,0%	10.393
Rel. prim. Energiebesp. [%]	33,2%	16,2%	13,1%	27,0%	20,5%	22,1%	+0,9%	21,2%

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

(**) De warmte-krachtbesparing (WKB) is berekend op basis van Europese referentierendementen (zie Bijlage A) en op basis van de hoeveelheid elektriciteit uit WKK volgens de Europese rapporteringsinstructies conform richtlijn 2012/27/EU [1].

Markante feiten WKK in Vlaanderen – 2016

Algemeen kunnen we voor het gegevensjaar 2016 spreken van een relatieve status quo op gebied van warmtekrachtkoppeling in vergelijking met het voorgaande jaar. Het totaal geïnstalleerd vermogen is nagenoeg gelijk gebleven. Toch is de warmte-krachtbesparing licht toegenomen door een iets hogere vollasttijd en een iets hoger rendement van de operationele installaties in 2016. De meest markante feiten over WKK in Vlaanderen in 2016 zijn de volgende:

- Er waren 683 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 563 WKK-toepassingen (sites waar WKK's staan opgesteld).
- In 2016 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch/mechanisch) in Vlaanderen 2.245 MW_{e+m}. Het operationeel WKK-vermogen is licht gedaald, in 2015 was het vermogen 2.264 MW_{e+m}.
- Het opgesteld micro-WKK-vermogen is licht toegenomen van 1,63 MW_e in 2015 tot 1,78 MW_e in 2016. Het aantal opgestelde micro-WKK's is gestegen van 166 naar 178.
- In 2016 waren 11 WKK's op basis van één of meer brandstofcellen in gebruik met een gezamenlijk vermogen van 22 kW_e. Deze brandstofcellen werken op basis van waterstof, dat wordt aangemaakt uit aardgas.
- De totale WKK-input was in 2016 154,8 PJ. Hier werd voornamelijk stoom mee gemaakt (50%), met daarnaast elektriciteit (32%), warm water (14%), en mechanische kracht (3%). Aardgas is met een aandeel van 62% de belangrijkste brandstofsoort voor WKK-installaties in Vlaanderen.
- Gasturbines en STEG's waren in 2016 verantwoordelijk voor 45% van het totale brandstofverbruik, stoomturbines voor 38% en motoren voor 17%.
- De totale nuttige output van WKK-installaties is ongeveer gelijk gebleven: van 127,0 PJ in 2015 naar 127,1 PJ in 2016.
- De productie van hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is met 0,1 PJ gedaald ten opzichte van 2015. Voor hernieuwbare WKK-warmte bedroeg de daling 0,3 PJ. Het aandeel van hernieuwbare ten opzichte van totale WKK-elektriciteit/kracht was 8,9% in 2016. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 6,0%.
- De totale warmte-krachtbesparing was 38,6 PJ in 2016. Dat is een stijging van 1,2 PJ tegenover 2015.
- De relatieve primaire energiebesparing was 22,1% in 2016; een stijging van 0,9% ten opzichte van 2015.

INHOUD

SAMENVATTING INVENTARIS WARMTE-KRACHTKOPPELING	III
INHOUD	V
LIJST VAN TABELLEN	VI
LIJST VAN FIGUREN	VII
LIJST VAN AFKORTINGEN.....	VIII
1 INLEIDING.....	9
2 ANALYSE VAN HET WKK-VERMOGEN.....	10
2.1 Operationeel WKK-vermogen	10
2.2 Opgesteld WKK-vermogen	11
2.3 Evolutie van het operationeel vermogen	13
2.4 Operationeel vermogen per technologie	15
2.5 Operationeel vermogen per sector	16
2.6 Operationeel vermogen per brandstofsoort.....	17
2.7 Operationeel vermogen met totaalrendement boven de drempelwaarde	19
2.8 Operationeel certificaatgerechtigd vermogen	21
3 ANALYSE VAN DE DOOR WKK GEPRODUCEERDE NUTTIGE ENERGIE	23
3.1 Door WKK geproduceerde nuttige energie	23
3.2 Door WKK geproduceerde nuttige energie per technologie	26
3.3 Door WKK geproduceerde hernieuwbare energie	28
4 ANALYSE VAN DE RELATIEVE PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN DE WARMTE-KRACHTBESPARING.....	29
4.1 Bepaling van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing.....	29
4.2 Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing	30
4.3 Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing per technologie.....	31
5 BESLUIT	33
6 REFERENTIES	34
BIJLAGE A: GEHARMONISEERDE RENDEMENTS-REFERENTIEWAARDEN EN CORRECTIEFACTOREN	35
BIJLAGE B: BEREKENING VAN DE PRIMAIRE ENERGIEBESPARING	39

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Overzicht van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen in 2016	10
Tabel 2: Overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2016.....	11
Tabel 3: Evolutie van het opgesteld vermogen van micro-WKK-installaties (2008-2016).....	12
Tabel 4: Evolutie van het aantal sites waar WKK's staan opgesteld (excl. micro-WKK, 2007-2016)	14
Tabel 5: Evolutie van de input van WKK's per technologie (2008-2016).....	18
Tabel 6: Evolutie van het aandeel operationeel WKK-vermogen met totaal rendement boven de drempelwaarde, per technologie in Vlaanderen (2009-2016)	20
Tabel 7: Vermogen van door het VEA erkende WKK-installaties die in aanmerking komen voor Vlaamse WKK-certificaten (2016).....	21
Tabel 8: Aantal uitgereikte warmte-krachtcertificaten die aanvaardbaar zijn voor de certificatenverplichting (2006-2016). (Bron: VREG.be update 6 oktober 2017).	22
Tabel 9: Evolutie van de input en output van nuttige energie van WKK (incl. micro-WKK, 2005-2016)	23
Tabel 10: Evolutie van de input en output van nuttige energie van micro-WKK (2012-2016)	24
Tabel 11: Overzicht van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie (2016)	26
Tabel 12: Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte (2006-2016).....	28
Tabel 13: Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte van micro-WKK (2012-2016)	28
Tabel 14: Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2016).....	31
Tabel 15: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2016)	32
Tabel 16: Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit [6]	35
Tabel 17: Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van warmte [6]	36
Tabel 18: Correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden [6]	37
Tabel 19: Gemiddelde jaarlijkse temperatuur (2007-2016). Bron: Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), www.meteo.be	37
Tabel 20: Correctiefactoren voor vermeden netverliezen voor de toepassing van geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit [6]	38

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen (1990, 1995, 2000-2016)	13
Figuur 2: Evolutie van het operationeel elektrisch en mechanisch WKK-vermogen in Vlaanderen (1990, 1995, 2000-2016).....	15
Figuur 3: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per sector in Vlaanderen (incl. micro-WKK) (2005-2016).....	16
Figuur 4: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per brandstofsoort in Vlaanderen (incl. micro-WKK) (1990, 1995, 2000, 2004-2016)	17
Figuur 5: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen met totaal rendement boven de drempelwaarde, per technologie in Vlaanderen (2009-2016)	19
Figuur 6: Overzicht van de output van de Vlaamse WKK-installaties (incl. micro-WKK, 2016).....	25
Figuur 7: Evolutie van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie en het aantal equivalente vollasturen (excl. micro-WKK, 2005-2016)	27
Figuur 8: Warmte-krachtbesparing en relatieve primaire energiebesparing van WKK in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2016)	30
Figuur 9: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2016)	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

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 referentietask 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 1990-2016. Deze cijfers worden verder aangewend voor het rapporteren van energiedata aan de Europese Commissie, zoals bepaald in Annex B van de Regulering Nr. 1099/2008 over energiestatistieken [2].

Ten opzichte van het vorige rapport (oktober 2016) is er een wijziging in de wijze waarop de relatieve primaire energiebesparing (RPE) en de warmte-krachtbesparing (WKB) worden berekend. De nieuwe rapporteringsmethode, beschreven in [1], berekent de RPE op basis van efficiënties van de installatie eerder dan de gebruikte brandstof. Dit heeft numeriek slechts kleine wijzigingen tot gevolg. In dit rapport worden de warmte-krachtbesparing en de relatieve primaire energiebesparing voor alle jaren consistent op de nieuwe wijze doorerekend, waardoor de resultaten voor 2006-2015 licht kunnen afwijken van de cijfers in het vorige WKK-inventaris rapport.

2 ANALYSE VAN HET WKK-VERMOGEN

Dit hoofdstuk analyseert het opgesteld vermogen aan warmte-krachtinstallaties in Vlaanderen. Het maakt eerst een totaalbeeld van de situatie in 2016 en de evolutie vanaf 1990. Vervolgens gaat dit hoofdstuk meer in detail door het vermogen op te splitsen per technologie, sector en brandstofsoort. Tot slot geeft dit hoofdstuk aan welk aandeel van het vermogen als kwalitatief bestempeld mag worden, zowel volgens de Europese als Vlaamse regelgeving.

2.1 Operationeel WKK-vermogen

In 2016 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch/mechanisch) in Vlaanderen 2.245 MW_{e+m}. Het operationeel thermisch vermogen was 3.811 MW_{th}. Er waren 683 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 563 WKK-toepassingen (sites waar WKK's staan opgesteld).

Het operationeel vermogen omvat de WKK-installaties die gedurende het jaar 2016 ingezet zijn en waarvan operationele gegevens beschikbaar zijn. Ook als het WKK-vermogen slechts een deel van het jaar in bedrijf was, wordt het als operationeel vermogen beschouwd.

Het vermogen van WKK-installaties met een interne verbrandingsmotor is gestegen, ook in het segment van de micro-WKK. Micro-WKK's zijn installaties met een elektrisch vermogen kleiner dan of gelijk aan 50 kW_e. Het gaat hierbij onder andere om kleinschalige boerderijvergisters (pocketvergisters), Stirling motoren (externe verbrandingsmotoren), brandstofcellen en zuigermotoren op aardgas, diesel of biobrandstof.

Operationeel WKK-vermogen per technologie (2016)	Elektrisch vermogen [MW _{e+m}]	Thermisch vermogen [MW _{th}]	Aantal installaties	Aantal WKK-toepassingen
Micromotoren	1,6	3,9	134	134
Motoren (excl. micromotoren)	636	804	481	373
Gasturbines	450	674	16	16
STEG's	805	583	13	6,0
Stoomturbines; netgekoppeld	196	818	23	18
Stoomturbines; directe aandrijving	157	928	16	16
Totaal	2.245	3.811	683	563

Tabel 1: Overzicht van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen in 2016

2.2 Opgesteld WKK-vermogen

Tabel 2 geeft een overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2016. Tot het opgesteld vermogen behoren ook installaties die in 2016 (tijdelijk) zijn stopgezet of die reeds beschikten over een VEA-dossier, maar nog geen toegekende certificaten ontvingen.

Het opgesteld elektrisch/mechanisch WKK-vermogen was 2.279 MW_{e+m} en het opgesteld thermisch vermogen was 3.915 MW_{th}. Er waren 748 WKK-installaties opgesteld, verdeeld over 627 WKK-toepassingen.

Op 31 december 2016 waren er 501 motoren (excl. micromotoren) en 178 micro-WKK's opgesteld. Daarvan waren er 481 motoren (excl. micromotoren) en 134 micro-WKK's operationeel gedurende het jaar 2016.

Opgesteld WKK-vermogen per technologie (2016)	Elektrisch vermogen [MW _{e+m}]	Thermisch vermogen [MW _{th}]	Aantal installaties	Aantal WKK-toepassingen
Micromotoren	2	5	178	178
Motoren (excl. micromotoren)	660	837	501	392
Gasturbines	450	674	16	16
STEG's	805	583	13	6,0
Stoomturbines; netgekoppeld	205	888	24	19
Stoomturbines; directe aandrijving	157	928	16	16
Totaal	2.279	3.915	748	627

Tabel 2: Overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2016

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 1,60 MW_e in 2015 tot 1,75 MW_e in 2016 (zie Tabel 3). Het aantal opgestelde micro-WKK's is gestegen van 166 naar 178¹.

¹ In het voorbije jaar werden nog enkele micro-WKK-installaties gecertificeerd die reeds in 2014 (3) en 2015 (10) opgesteld stonden. Daarom is het aantal installaties afwijkend van het gerapporteerde aantal in het vorige WKK-inventarisrapport.

In 2015 waren er elf WKK-installaties in Vlaanderen op basis van brandstofceltechnologie. Het gezamenlijk vermogen van deze innovatieve WKK-technologie bedroeg 22 kW_e. Hoewel hun aantal niet verwaarloosbaar is, is hun aandeel in het totaal elektrisch vermogen zeer gering.

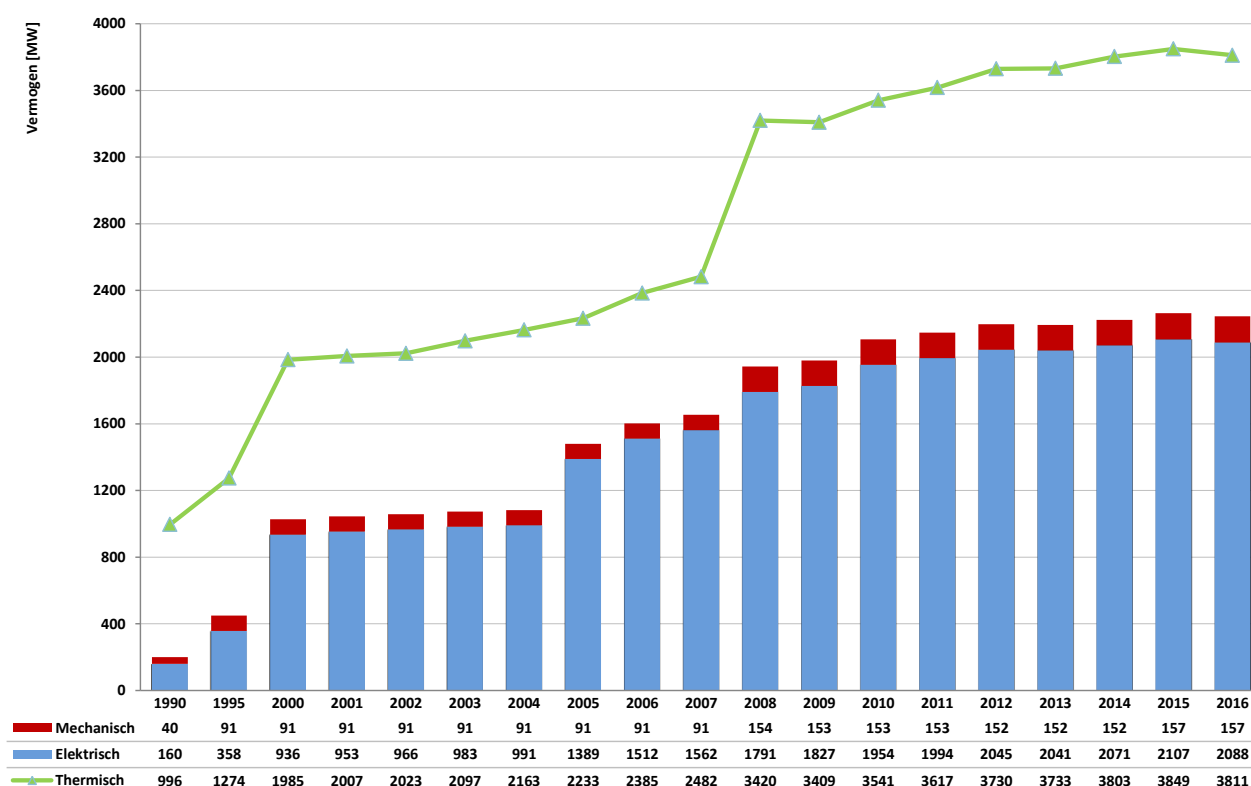
Opgesteld micro-WKK-vermogen		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Elektrisch vermogen [MWe+m]	Micromotoren (excl. Stirling motoren)	0,10	0,19	0,22	0,43	0,91	1,07	1,27	1,60	1,75
	Stirling motoren	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
	Som	0,10	0,19	0,22	0,45	0,95	1,11	1,31	1,63	1,78
Thermisch vermogen [MWth]	Micromotoren (excl. Stirling motoren)	0,15	0,29	0,34	0,75	2,27	2,82	3,31	4,06	4,30
	Stirling motoren	0,00	0,00	0,04	0,20	0,35	0,28	0,25	0,25	0,25
	Som	0,15	0,29	0,39	0,95	2,61	3,10	3,56	4,31	4,55
Aantal installaties	Micromotoren (excl. Stirling motoren)	16	20	23	35	78	94	112	137	149
	Stirling motoren	0	0	5	23	40	33	29	29	29
	Som	16	20	28	58	118	127	141	166	178
Aantal WKK-toepassingen	Micromotoren (excl. Stirling motoren)	16	20	23	35	78	94	112	137	149
	Stirling motoren	0	0	5	23	40	33	29	29	29
	Som	16	20	28	58	118	127	141	166	178

Tabel 3: Evolutie van het opgesteld vermogen van micro-WKK-installaties (2008-2016)

2.3 Evolutie van het operationeel vermogen

Figuur 1 laat de ontwikkeling zien van het operationeel WKK-vermogen in de periode 1990-2016. Tot en met 2007 is het WKK-vermogen geleidelijk gegroeid. In 2008 is het vermogen aanzienlijk toegenomen, voornamelijk door het in dienst nemen van twee grote WKK-installaties. Vanaf 2012 is het totaal opgesteld WKK-vermogen beginnen stabiliseren, een lichte stijging niet na gesproken.

Het operationeel WKK-vermogen is in 2016 licht gedaald naar 2.245 MW_{e+m}. In 2015 was het vermogen 2.264 MW_{e+m}. Het WKK-vermogen kan worden onderverdeeld in 2.088 MW_e elektrisch vermogen en 157 MW_m mechanisch vermogen van stoomturbines met directe aandrijving. Daarnaast produceren ook enkele andere WKK-installaties mechanische energie, maar daarover zijn geen cijfers beschikbaar.



Figuur 1: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen (1990, 1995, 2000-2016)

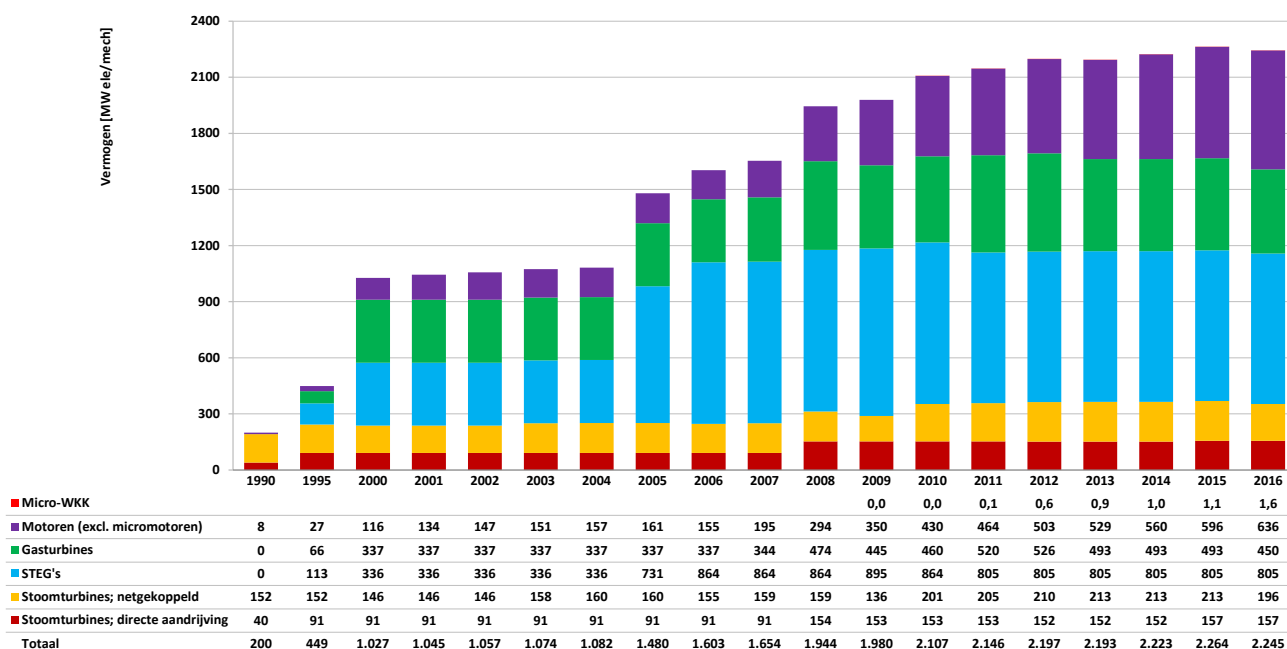
Tabel 4 toont de ontwikkeling van het aantal WKK-toepassingen (sites waar operationele WKK's staan opgesteld), exclusief micro-WKK-installaties. Het aantal WKK-toepassingen is toegenomen van 393 in 2015 naar 429 in 2016, wat vooral te wijten is aan een toegenomen aantal motoren. Het aantal operationele toepassingen van STEG's en stoomturbines is onveranderd gebleven.

Aantal sites met WKK	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Verskil 2016 t.o.v. 2015	
Motoren (excl. micromotoren)	159	204	232	254	281	298	294	316	336	373	37	11,0%
Gasturbines	10	11	12	13	17	17	17	17	17	16	-1	-5,9%
STEG's	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	0	0,0%
Stoomturbines; netgekoppeld	20	20	18	18	18	18	18	18	18	18	0	0,0%
Stoomturbines; directe aandrijving	11	16	16	16	16	16	16	16	16	16	0	0,0%
Totaal	207	258	285	308	338	355	351	373	393	429	36	9,2%

Tabel 4: Evolutie van het aantal sites waar WKK's staan opgesteld (excl. micro-WKK, 2007-2016)

2.4 Operationeel vermogen per technologie

Figuur 2 laat de ontwikkeling van het operationeel elektrisch en mechanisch vermogen per technologie zien. Het vermogen van motoren > 50 kW_e is gegroeid van 596 MW_e in 2015 naar 636 MW_e in 2016. Bij de gasturbines werd een daling in vermogen van 43 MW_e vastgesteld door de sluiting van een installatie. Het vermogen van de overige WKK-types is ongewijzigd gebleven.

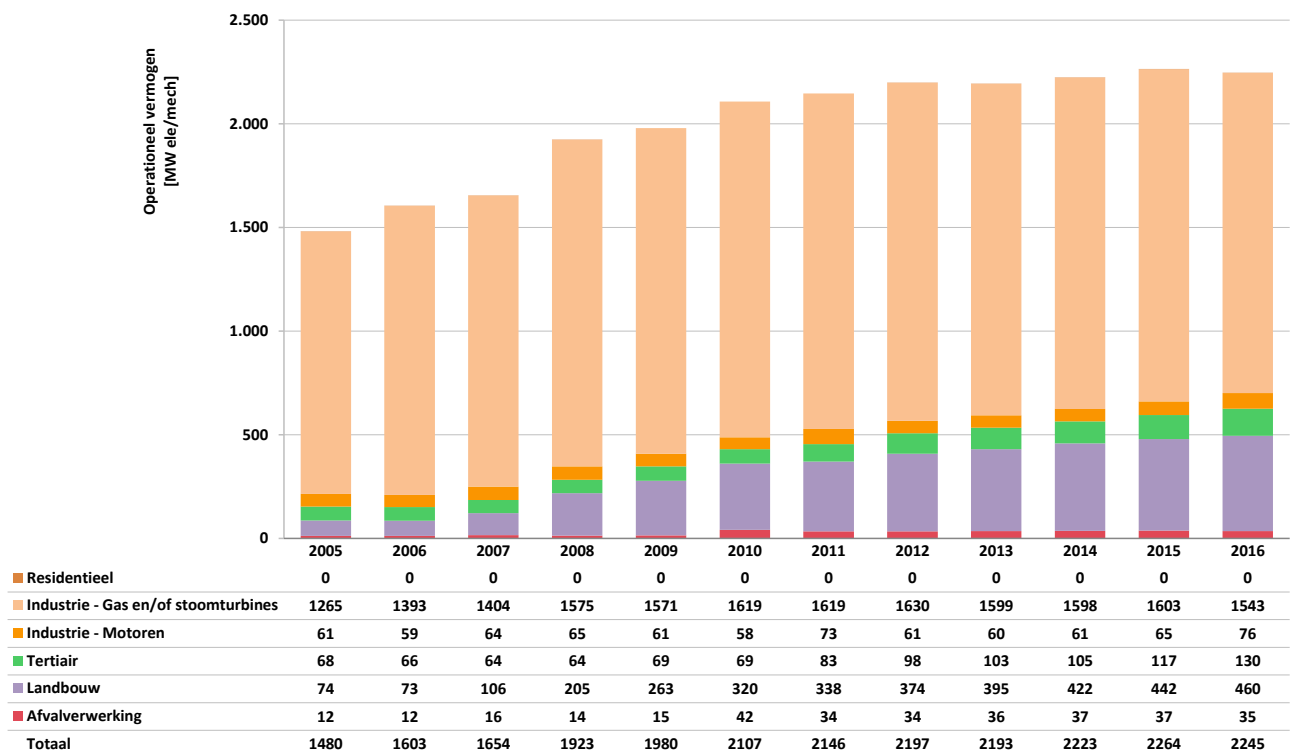


Figuur 2: Evolutie van het operationeel elektrisch en mechanisch WKK-vermogen in Vlaanderen (1990, 1995, 2000-2016)

2.5 Operationeel vermogen per sector

Het operationeel vermogen van WKK-installaties opgesplitst per sector wordt weergegeven in

Figuur 3. We veronderstellen daarbij dat de installatie sinds zijn indienstneming niet van sector veranderde.



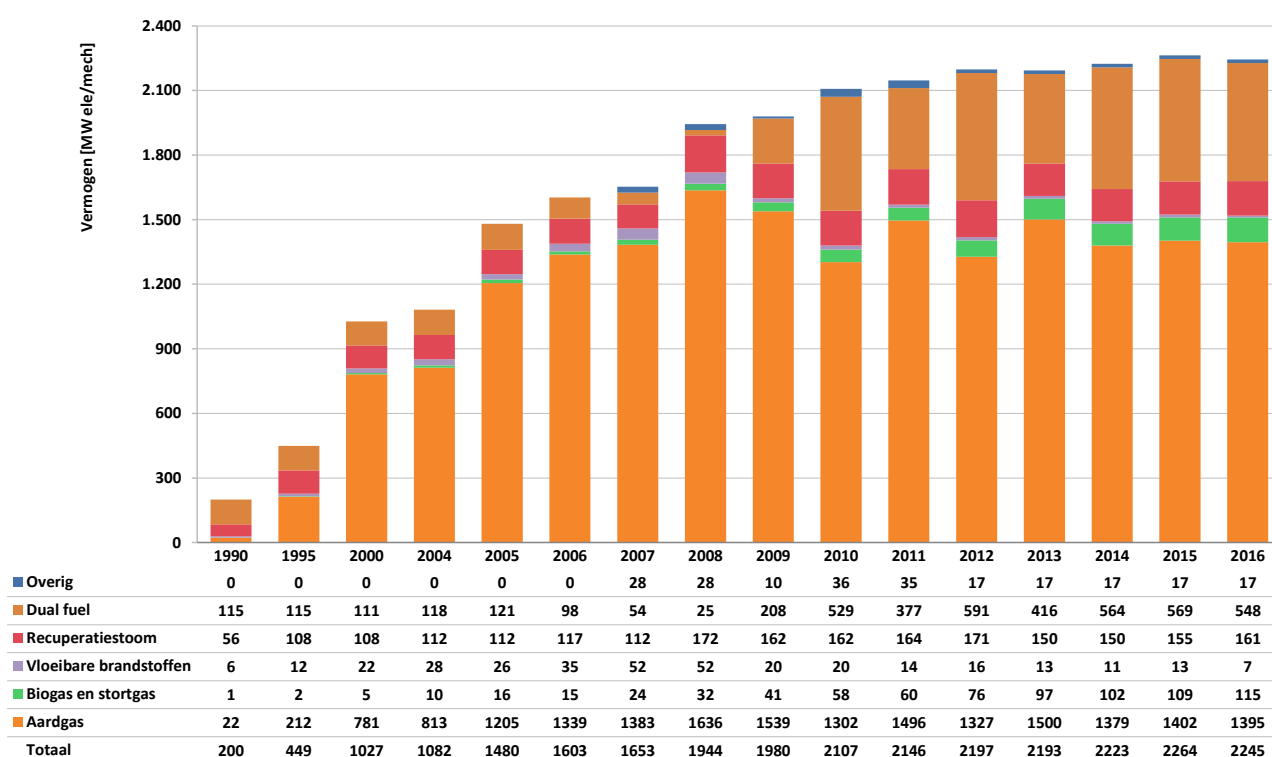
Figuur 3: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per sector in Vlaanderen (incl. micro-WKK) (2005-2016)

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 2016 is het vermogen opgelopen tot 460 MW_e. Het operationeel vermogen van WKK-installaties dat warmte levert aan de tertiaire sector bedroeg in 2016 130 MW, waaronder een STEG-installatie van 54 MW_e. Het operationeel vermogen in de afvalverwerkende sector is 35 MW.

2.6 Operationeel vermogen per brandstofsoort

In Figuur 4 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 4: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per brandstofsoort in Vlaanderen (incl. micro-WKK) (1990, 1995, 2000, 2004-2016)

Installaties met een gezamenlijk elektrisch/mechanisch vermogen van 548 MW werkten in 2016 op meer dan één brandstofsoort (dual fuel). Het vermogen van de technologieën die uitsluitend werken op aardgas was in 2016 1.395 MW. Het vermogen van installaties op biogas en stortgas was 115 MW. Het vermogen van operationele WKK-installaties op recuperatiestoom (stoomturbines) was in 2016 161 MW.

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 [2].

In plaats van het vermogen toe te wijzen aan een brandstofsoort, kan ook de input zelf worden bekeken. De totale WKK-input was in 2016 154,8 PJ. Gasturbines en STEG's waren in 2016 verantwoordelijk voor 45% van de totale input, stoomturbines voor 38% en motoren voor 17%. Aardgas is met een aandeel van 62% de belangrijkste brandstofsoort voor WKK-installaties in Vlaanderen.

Brandstofinput per technologie	2008		2009		2010		2011		2012	
	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]
Motoren	9.485	7%	13.579	10%	19.252	12%	19.626	13%	22.081	13%
Aardgas	8.266	6%	11.086	8%	14.389	9%	15.378	10%	16.996	10%
Biogas en stortgas	864	1%	1.946	1%	3.025	2%	2.744	2%	3.713	2%
Overig	355	0%	546	0%	1.839	1%	1.504	1%	1.372	1%
Gasturbines en STEG's	67.917	53%	80.688	57%	82.559	51%	79.625	51%	84.942	50%
Aardgas	67.917	53%	80.101	57%	79.840	49%	77.396	50%	81.266	48%
Overig	0	0%	587	0%	2.719	2%	2.229	1%	3.676	2%
Stoomturbines	51.072	40%	46.483	33%	59.951	37%	56.912	36%	63.002	37%
Aardgas	10.290	8%	9.914	7%	13.476	8%	12.071	8%	13.417	8%
Recuperatiestoom	33.294	26%	30.387	22%	37.251	23%	35.516	23%	40.042	24%
Overig	7.489	6%	6.182	4%	9.225	6%	9.325	6%	9.543	6%
Totaal	128.475	100%	140.750	100%	161.762	100%	156.163	100%	170.025	100%

Brandstofinput per technologie	2013		2014		2015		2016	
	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]
Motoren	22.927	15%	22.446	15%	25.522	16%	26.794	17%
Aardgas	17.166	11%	16.345	11%	18.630	12%	20.283	13%
Biogas en stortgas	4.982	3%	5.554	4%	6.233	4%	6.287	4%
Overig	779	0%	546	0%	659	0%	224	0%
Gasturbines en STEG's	72.606	46%	65.674	44%	69.874	45%	69.468	45%
Aardgas	70.324	45%	62.949	42%	67.463	43%	66.835	43%
Overig	2.282	1%	2.725	2%	2.410	2%	2.633	2%
Stoomturbines	60.745	39%	62.689	42%	61.149	39%	58.513	38%
Aardgas	13.182	8%	12.890	9%	10.667	7%	9.584	6%
Recuperatiestoom	35.764	23%	37.824	25%	38.633	25%	37.807	24%
Overig	11.798	8%	11.975	8%	11.848	8%	11.122	7%
Totaal	156.278	100%	150.808	100%	156.545	100%	154.774	100%

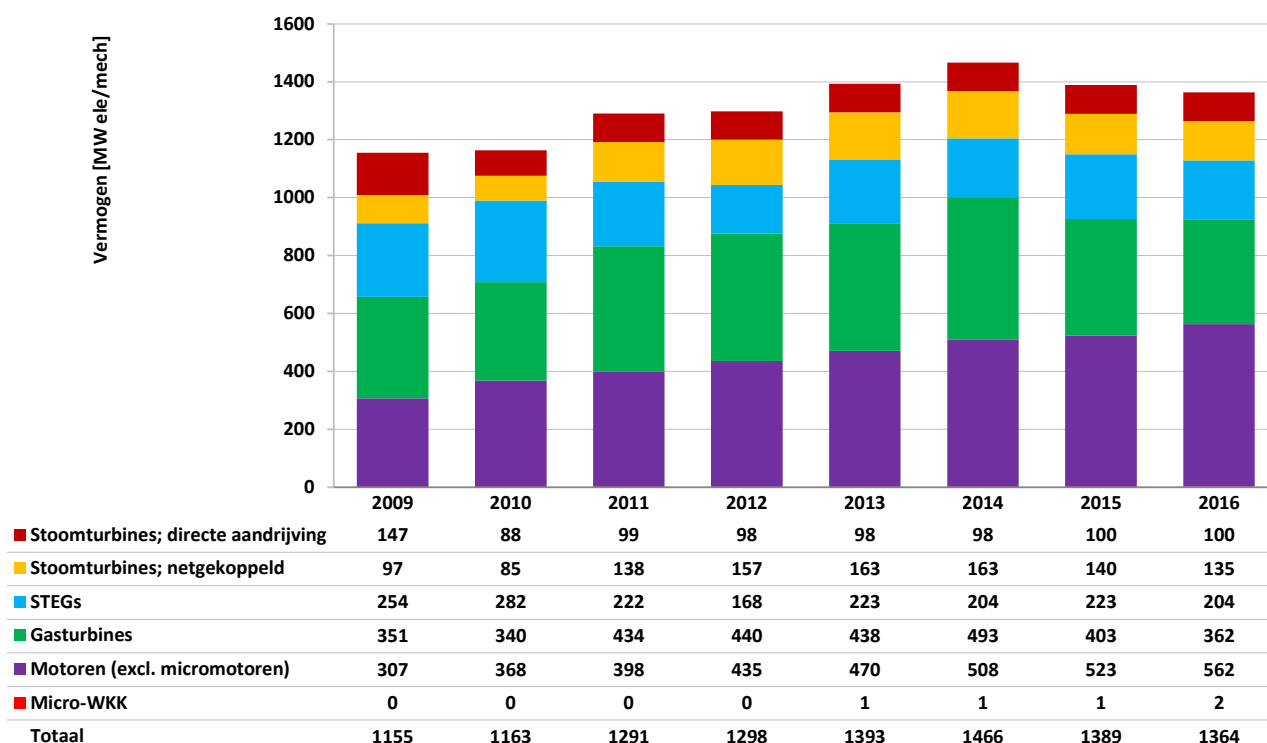
Tabel 5: Evolutie van de input van WKK's per technologie (2008-2016)

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 STEG's en aftapcondensatiestoomturbines en 75% voor alle andere technologieën.³ Dit is een graadmeter voor de kwaliteit van het WKK-park.

In totaal heeft in 2016 61% van het operationeel vermogen een totaalrendement dat hoger is dan de drempelwaarde. 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%;
- 81% van het gasturbinevermogen heeft een totaal rendement hoger dan 75%;
- 25% van het STEG-vermogen heeft een totaal rendement hoger dan 80%;
- 69% 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 5: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen met totaalrendement boven de drempelwaarde, per technologie in Vlaanderen (2009-2016)

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 [3].

Aandeel operationeel vermogen met totaal rendement boven drempelwaarde	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Micromotoren	-	100%	100%	77%	99%	98%	96%	96%
Motoren (excl. micromotoren)	88%	86%	86%	86%	89%	91%	88%	88%
Gasturbines	79%	74%	83%	84%	89%	100%	82%	81%
STEG's	28%	33%	28%	21%	28%	25%	28%	25%
Stoomturbines; netgekoppeld	71%	42%	67%	74%	77%	77%	66%	69%
Stoomturbines; directe aandrijving	96%	58%	65%	65%	65%	65%	64%	64%
Totaal	58%	55%	60%	59%	64%	66%	61%	61%

Tabel 6: Evolutie van het aandeel operationeel WKK-vermogen met totaal rendement boven de drempelwaarde, per technologie in Vlaanderen (2009-2016)

2.8 Operationeel certificaatgerechtigd vermogen

De Vlaamse regering wil primaire energiebesparing door kwalitatieve warmte-krachinstallaties 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 [3] stelt als eis voor kwalitatieve WKK dat:

- WKK-installaties met een elektrisch vermogen van 1 MW of lager een netto 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 tenminste 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 [4], 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.

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 per technologie. Ook installaties die in de loop van 2016 ontmanteld werden maar dat jaar nog certificaten ontvingen zijn meegeteld. Het totale gecertificeerde vermogen was in 2016 1.834 MW.

WKK-installaties erkend door VEA (2016)	Elektrisch vermogen [Mwe+m]
Micromotoren	1
Motoren (excl. micromotoren)	612
Gasturbines	410
STEG's	602
Stoomturbines; netgekoppeld	155
Stoomturbines; directe aandrijving	54
Som	1834

Tabel 7: Vermogen van door het VEA erkende WKK-installaties die in aanmerking komen voor Vlaamse WKK-certificaten (2016)

Tabel 8 toont het aantal uitgereikte warmte-krachtcertificaten per productiejaar. Nadat het aantal jaarlijks uitgereikte certificaten jaar op jaar is gestegen tot en met gegevensjaar 2013, daalde het aantal uitgereikte certificaten in 2014 naar 5,6 miljoen. In 2015 werden er terug meer certificaten uitgereikt, namelijk 6,0 miljoen. In 2016 werden 5,6 miljoen certificaten uitgereikt.

Aantal uitgereikte WKK-certificaten	#
t.e.m. 2010	11.996.676
2011	5.210.256
2012	5.651.203
2013	5.827.510
2014	5.631.837
2015	5.957.424
2016	5.616.436

Tabel 8: Aantal uitgereikte warmte-kranchcertificaten die aanvaardbaar zijn voor de certificatenverplichting (2006-2016). (Bron: VREG.be update 6 oktober 2017).

3 ANALYSE VAN DE DOOR WKK GEPRODUCEERDE NUTTIGE ENERGIE

Dit hoofdstuk laat zien hoeveel warmte, kracht en elektriciteit 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's over de periode 2005-2016. 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 2012-2016.

In 2016 produceerden alle WKK-installaties gezamenlijk 127,1 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).

Evolutie energie in- en output (PJ)	2005		2006		2007		2008		2009		2010	
Totaal in	109,4		113,5		117,7		128,5		140,7		161,8	
Warm water/warmte lucht	2,3	3%	3,3	4%	3,7	4%	5,4	5%	9,7	8%	12,4	9%
Stoom	56,2	65%	53,9	60%	55,4	59%	61,1	59%	64,8	55%	72,0	55%
Elektriciteit	25,2	29%	30,4	34%	32,3	34%	34,2	33%	39,2	33%	43,7	33%
Kracht	3,3	4%	2,8	3%	2,8	3%	3,6	3%	3,8	3%	3,9	3%
Totaal uit	87,0	100%	90,4	100%	94,2	100%	104,2	100%	117,5	100%	132,0	100%
Verlies	22,4	20%	23,0	20%	23,5	20%	24,3	19%	23,2	16%	29,8	18%

Evolutie energie in- en output (PJ)	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Totaal in	156,2		170,0		156,3		150,8		156,5		154,8	
Warm water/warmte lucht	13,9	11%	17,0	13%	16,4	13%	16,0	13%	17,0	13%	17,9	14%
Stoom	65,2	52%	68,1	51%	67,5	53%	68,5	55%	65,7	52%	63,8	50%
Elektriciteit	41,9	33%	45,2	34%	40,1	31%	36,4	29%	39,9	31%	41,1	32%
Kracht	4,3	3%	4,4	3%	4,2	3%	4,4	4%	4,5	4%	4,2	3%
Totaal uit	125,2	100%	134,7	100%	128,1	100%	125,3	100%	127,0	100%	127,1	100%
Verlies	30,9	20%	35,3	21%	28,2	18%	25,6	17%	29,5	19%	27,7	18%

Tabel 9: Evolutie van de input en output van nuttige energie van WKK (incl. micro-WKK, 2005-2016)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.

Evolutie energie in- en output (PJ), enkel micro-WKK	2012		2013		2014		2015		2016	
Totaal in	20,7		51,8		56,3		64,9		85,3	
Warm water/warmte lucht	10,5	72%	34,9	75%	37,9	75%	42,8	74%	56,9	72%
Stoom	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Elektriciteit	4,0	28%	11,5	25%	12,9	25%	15,3	26%	22,5	28%
Kracht	0,0	0%	0,1	0%	0,1	0%	0,1	0%	0,1	0%
Totaal uit	14,5	100%	46,5	100%	50,8	100%	58,2	100%	79,5	100%
Verlies	6,1	30%	5,4	10%	5,5	10%	6,7	10%	5,9	7%

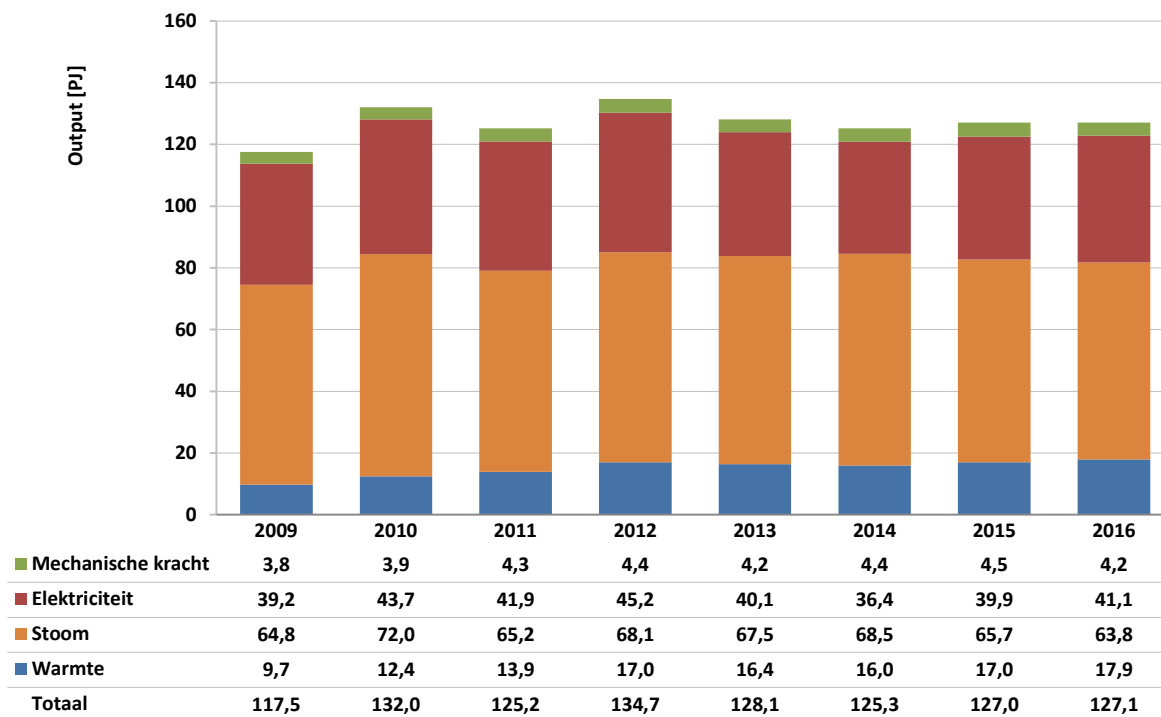
Tabel 10: Evolutie van de input en output van nuttige energie van micro-WKK (2012-2016) ⁵

Uit deze gegevens voor 2016 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De totale nuttige output van WKK-installaties is ongeveer constant gebleven van 127,0 PJ in 2015 naar 127,1 PJ in 2016.
- De helft van de nuttige energie wordt geleverd in de vorm van stoom. In 2016 was de stoomproductie 63,8 PJ, een daling van 3% t.o.v. 2015.
- In 2016 was de hoeveelheid geproduceerde warmte in de vorm van warm water en warme lucht 17,9 PJ, een stijging van 5% t.o.v. 2015.
- In 2016 was elektriciteit met 41,1 PJ goed voor 32% van de nuttige output. De productie van kracht was 4,2 PJ.
- De energieverliezen bedroegen in 2016 18%. Dit betekent dat het gemiddelde totaalrendement van de WKK-installaties 82% was.
- De output van micro-WKK-installaties is toegenomen van 14,5 TJ in 2012 tot 79,5 TJ in 2016. Ongeveer 72% van de output van micro-WKK's betreft warmte en ongeveer 28% betreft elektriciteit.

De volgende figuur geeft een overzicht van de output van alle WKK-installaties in 2016.

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.



Figuur 6: Overzicht van de output van de Vlaamse WKK-installaties (incl. micro-WKK, 2016)

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 2016 produceerden. Ook zijn de gemiddelde opwekkingsrendementen en de gemiddelde jaarlijkse vollasttijd weergegeven.

Productie nuttige energie per technologie	Micromotoren	Motoren (excl. micromotoren)	Gasturbines	STEG's	Stoomturbines; netgekoppeld	Stoomturbines; directe aandrijving	Totaal
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

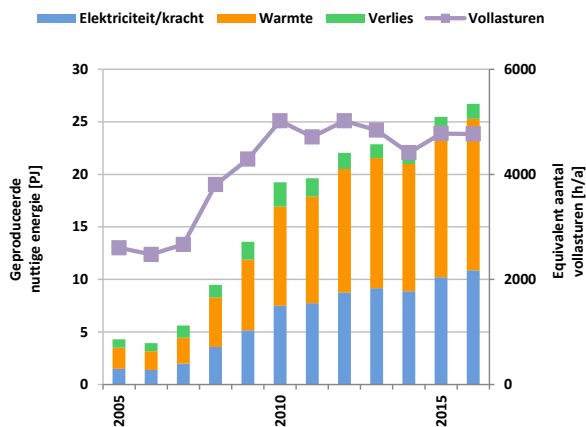
Tabel 11: Overzicht van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie (2016)

Uit deze tabel is het volgende af te leiden:

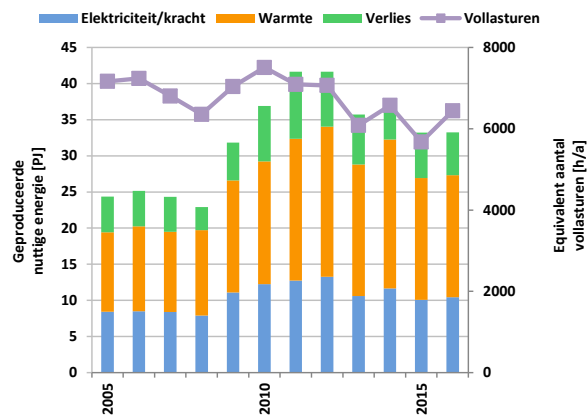
- De WKK-installaties met motoren (> 50 kW_e) hebben in 2016 een totaalrendement van 93% en een gemiddelde vollasttijd van 4.777 uur gerealiseerd. De micro-WKK's hebben gemiddeld een lager elektrisch rendement en een lager aantal vollasturen ten opzichte van de grotere motoren.
- Het totaalrendement van de gasturbines was in 2015 81%. De gemiddelde vollasttijd was 5.675 uur.
- De STEG's realiseerden een totaal rendement van 76%. De gemiddelde vollasttijd voor STEG's bedroeg in 2016 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 2016 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 2005-2016.

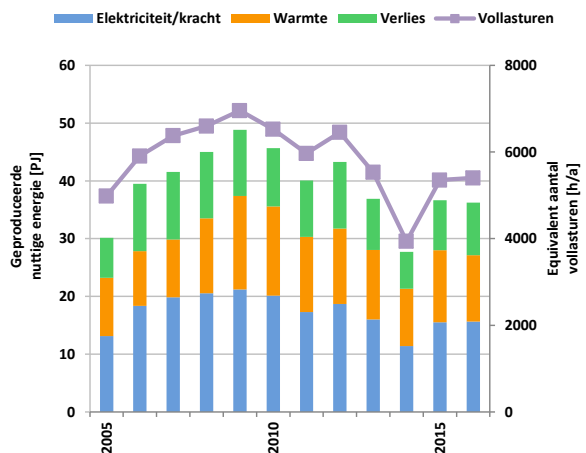
Motoren > 50 kWe



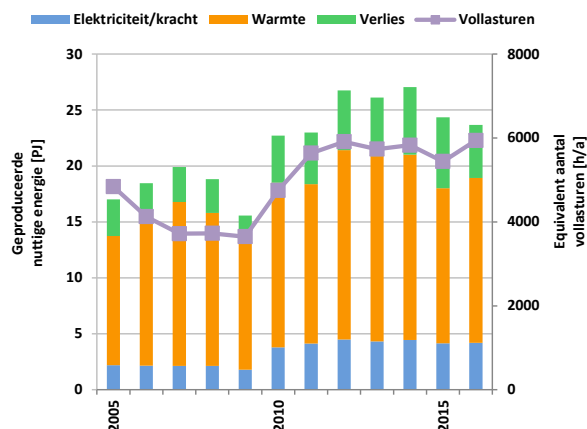
Gasturbines



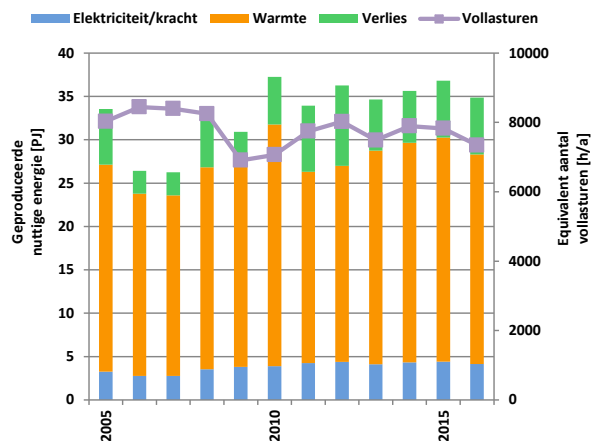
STEG



Stoomturbines netgekoppeld



Stoomturbines directe aandrijving



Figuur 7: Evolutie van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie en het aantal equivalente vollaasturen (excl. micro-WKK, 2005-2016)

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.

Aandeel hernieuwbare energie geproduceerd door WKK	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
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	45,3
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	81,8
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	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	4,9
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%	8,9%
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%	6,0%

Tabel 12: Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte (2006-2016)

Aandeel hernieuwbare energie geproduceerd door micro-WKK	2012	2013	2014	2015	2016
Totaal geproduceerde WKK-elektriciteit/kracht [TJ]	4,0	11,6	12,9	15,3	22,6
Totaal geproduceerde WKK-warmte [TJ]	10,5	34,9	37,9	42,8	56,9
Hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht [TJ]	1,0	7,4	7,7	7,4	8,8
Hernieuwbare WKK-warmte [TJ]	3,0	25,2	26,6	25,2	30,2
Aandeel hernieuwbaar in totaal WKK-elektriciteit/kracht	24,4%	63,6%	59,9%	48,3%	39,1%
Aandeel hernieuwbaar in totaal WKK-warmte	28,1%	72,1%	70,2%	58,8%	53,0%

Tabel 13: Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte van micro-WKK (2012-2016)

De productie van hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is in de periode 2006-2016 gestegen van 0,5 PJ tot 4,1 PJ. In dezelfde periode is de hoeveelheid hernieuwbare WKK-warmte gestegen van 1,5 tot 4,9 PJ. Het aandeel van hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht was in 2016 8,9%. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 6,0%.

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

Het gezamenlijk opwekken van elektriciteit en warmte in een WKK-installatie is doorgaans efficiënter dan gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte. De energie die dus bespaard wordt door gebruik te maken van WKK moet ook gerapporteerd worden overeenkomstig de Europese regelgeving [2]. In dit hoofdstuk berekenen we de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing voor de verschillende technologieën.

4.1 Bepaling van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing

Met warmte-krachtkoppelingsinstallaties kan primaire energie worden bespaard ten opzichte van gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte. De Richtlijn 2012/27/EU [3] en de Gedelegeerde verordening (EU) 2015/2402 [5] schrijven voor dat de relatieve primaire energiebesparing steunt 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. Voor deze correctiefactoren wordt verwezen naar bijlage A.

Voor de bepaling van de warmte-krachtbesparing worden in deze inventaris de “Europese” referentierendementen gebruikt, (meer info zie Bijlage A)⁶. Deze Europese referentierendementen werden gewijzigd door de Gedelegeerde verordening (EU) 2015/2402 van de Commissie van 12 oktober 2015 [5]. De wijzigingen in de referentierendementen worden niet met terugwerkende kracht doorgerekend voor voorgaande jaren, maar enkel voor het jaar 2016 aangepast, zoals werd aangegeven in de rapporteringsinstructies [6].

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.

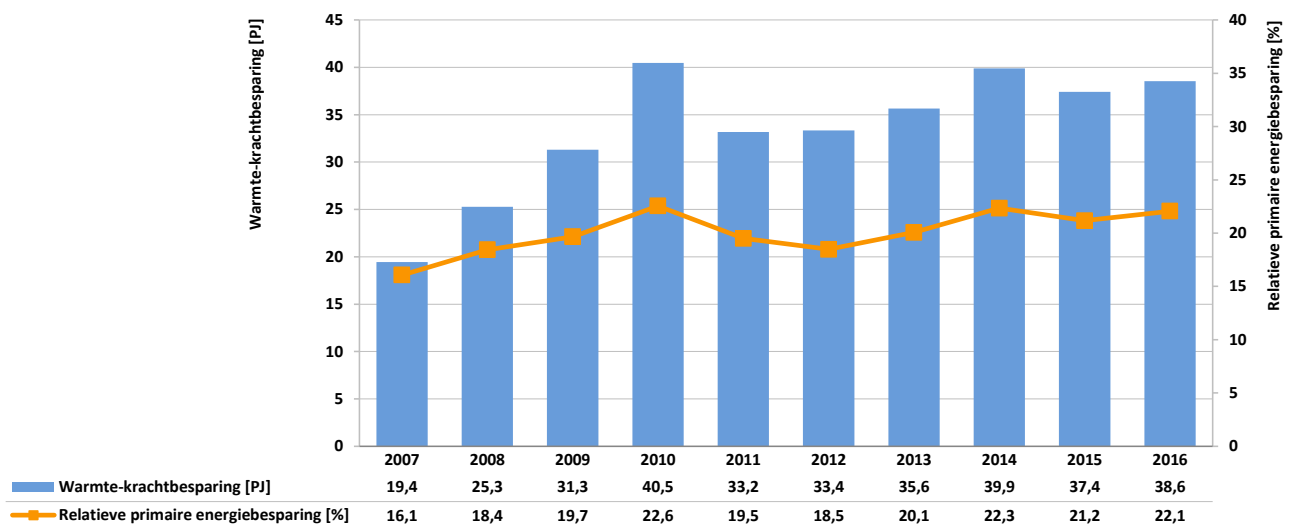
Er is in de rapporteringsinstructies een kleine wijziging in de berekeningswijze van de warmte-krachtbesparing, deze wordt nu berekend op basis van de uitgespaarde brandstof in plaats van op basis van de geproduceerde warmte/elektriciteit [1]. Dit werd consistent doorgerekend voor voorgaande jaren en geeft slechts een afwijking van enkele procent ten opzichte van vorige WKK-inventaris. Meer details zijn gegeven in Bijlage B.

De berekening van warmte-krachtbesparing conform de Europese referentierendementen mag niet verward worden met de berekening van de warmte-krachtbesparing conform de Vlaamse referentierendementen, die gebruikt wordt voor het toekennen van warmte-krachtcertificaten.

⁶ Voor de steunberekening rekent het VEA met andere, “Vlaamse” referentierendementen, zoals bepaald in het Ministerieel besluit van 26 mei 2016 [9].

4.2 Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing en de warmte-krachtbesparing

Figuur 8 toont de warmte-krachtbesparing en de relatieve primaire energiebesparing in de periode 2007-2016 van WKK in Vlaanderen. In de periode 2007-2016 is de warmte-krachtbesparing toegenomen van 19,4 PJ naar 38,6 PJ. In 2016 was de relatieve primaire energiebesparing 22,1%.



Figuur 8: Warmte-krachtbesparing en relatieve primaire energiebesparing van WKK in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2016)

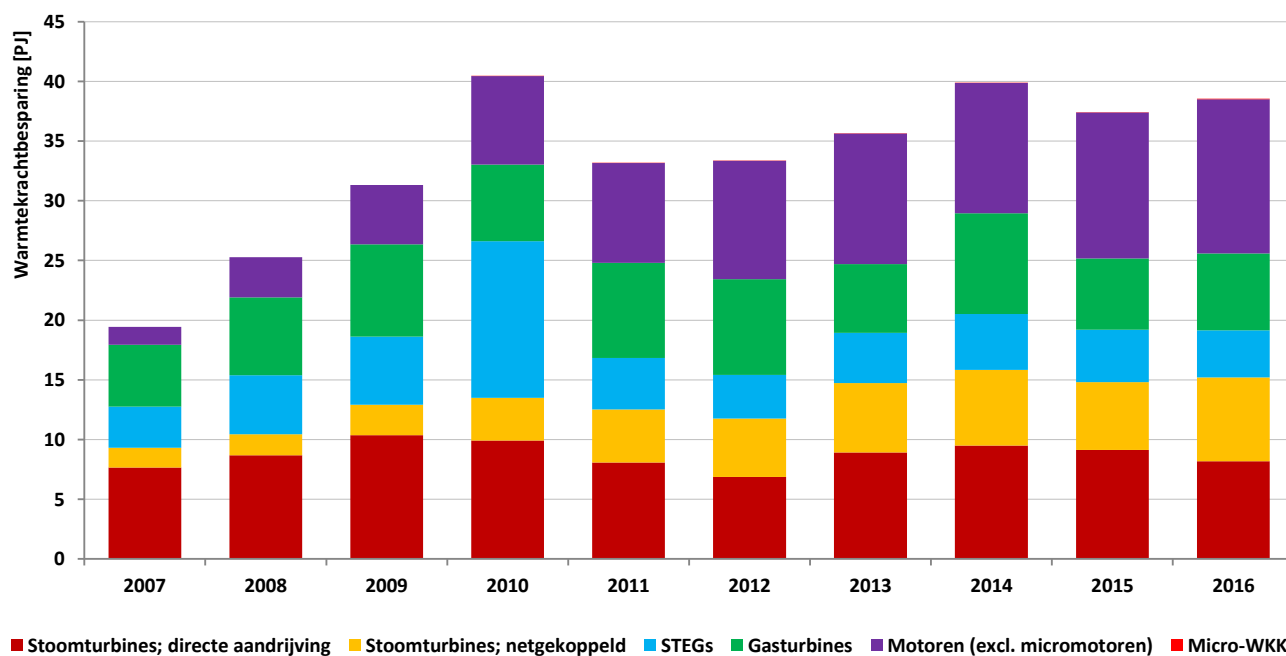
4.3 Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing en de warmtekrachtbesparing per technologie

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	2016
Micromotoren	-	-	-	29,1%	26,0%	12,0%	29,9%	30,3%	29,0%	31,5%
Motoren (excl. micromotoren)	22,6%	26,6%	27,2%	28,8%	30,9%	31,4%	32,7%	33,3%	33,0%	33,2%
Gasturbines	17,6%	22,2%	19,6%	14,9%	16,8%	16,2%	13,9%	18,2%	15,5%	16,2%
STEG's	11,6%	13,5%	13,2%	31,8%	11,8%	10,2%	12,3%	15,9%	12,9%	13,1%
Stoomturbines; netgekoppeld	7,8%	8,6%	14,5%	14,0%	18,6%	17,7%	20,7%	22,6%	23,1%	27,0%
Stoomturbines; directe aandrijving	22,6%	22,8%	25,4%	22,7%	23,0%	19,1%	22,0%	22,6%	21,3%	20,5%
Totaal	16,1%	18,4%	19,7%	22,6%	19,5%	18,5%	20,1%	22,3%	21,2%	22,1%

Tabel 14: Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2016)

Figuur 9 geeft ontwikkeling van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen.



Figuur 9: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2016)

Warmte-krachtbesparing [PJ]	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Micromotoren	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Motoren (excl. micromotoren)	1,5	3,4	5,0	7,4	8,4	9,9	10,9	10,9	12,2	12,9
Gasturbines	5,2	6,5	7,7	6,4	8,0	8,0	5,8	8,4	6,0	6,4
STEG's	3,5	4,9	5,7	13,1	4,3	3,7	4,2	4,7	4,4	3,9
Stoomturbines; netgekoppeld	1,7	1,8	2,6	3,6	4,4	4,9	5,8	6,4	5,7	7,0
Stoomturbines; directe aandrijving	7,6	8,7	10,4	9,9	8,1	6,9	8,9	9,5	9,1	8,2
Totaal	19,4	25,3	31,3	40,5	33,2	33,4	35,6	39,9	37,4	38,6

Tabel 15: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2016)

Uit deze resultaten komt het volgende naar voor:

- De warmte-krachtbesparing van de motoren (excl. micromotoren) is in de periode 2007-2016 toegenomen van 1,5 PJ tot 12,9 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 2016 was de warmte-krachtbesparing van de gasturbines 6,4 PJ.
- De warmte-krachtbesparing van de STEG's was in 2016 3,9 PJ.
- In 2016 was de warmte-krachtbesparing van stoomturbines met directe aandrijving 8,2 PJ en de warmte-krachtbesparing van netgekoppelde stoomturbines 7,0 PJ. De afname in warmte-krachtbesparing van stoomturbines met directe aandrijving is onder andere te wijten aan een verminderd aantal draaiuren van een van de grotere installaties, en een verhoogd aantal draaiuren voor een installatie met een negatieve warmte-krachtbesparing⁷. De toename in warmte-krachtbesparing bij netgekoppelde stoomturbines is voornamelijk te verklaren door indienstname van een grotere nieuwe installatie.

⁷ Voor oudere installaties kan de relatieve primaire energiebesparing negatief zijn, wanneer de gezamenlijke opwekking van elektriciteit en warmte niet efficiënter blijkt dan de afzonderlijke opwekking volgens de laatste referentierendementen.

5 BESLUIT

Algemeen kunnen we voor het gegevensjaar 2016 spreken van een relatieve status quo op gebied van warmte-krachtkoppeling in vergelijking met het voorgaande jaar. Het totaal geïnstalleerd vermogen is nagenoeg gelijk gebleven. Toch is de warmte-krachtbesparing licht toegenomen door een iets hogere vollasttijd en een iets hoger rendement van de operationele installaties in 2016. De meest markante feiten over WKK in Vlaanderen in 2016 zijn de volgende:

- Er waren 683 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 563 WKK-toepassingen (sites waar WKK's staan opgesteld).
- In 2016 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch/mechanisch) in Vlaanderen 2.245 MW_{e+m}. Het operationeel WKK-vermogen is licht gedaald, in 2015 was het vermogen 2.264 MW_{e+m}.
- Het opgesteld micro-WKK-vermogen is licht toegenomen van 1,63 MW_e in 2015 tot 1,78 MW_e in 2016. Het aantal opgestelde micro-WKK's is gestegen van 166 naar 178.
- In 2016 waren 11 WKK's op basis van één of meer brandstofcellen in gebruik met een gezamenlijk vermogen van 22 kW_e. Deze brandstofcellen werken op basis van waterstof, dat wordt aangemaakt uit aardgas.
- De totale WKK-input was in 2016 154,8 PJ. Hier werd voornamelijk stoom mee gemaakt (50%), met daarnaast elektriciteit (32%), warm water (14%), en mechanische kracht (3%). Aardgas is met een aandeel van 62% de belangrijkste brandstofsoort voor WKK-installaties in Vlaanderen.
- Gasturbines en STEG's waren in 2016 verantwoordelijk voor 45% van het totale brandstofverbruik, stoomturbines voor 38% en motoren voor 17%.
- De totale nuttige output van WKK-installaties is ongeveer gelijk gebleven: van 127,0 PJ in 2015 naar 127,1 PJ in 2016.
- De productie van hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is met 0,1 PJ gedaald ten opzichte van 2015. Voor hernieuwbare WKK-warmte bedroeg de daling 0,3 PJ. Het aandeel van hernieuwbare ten opzichte van totale WKK-elektriciteit/kracht was 8,9% in 2016. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 6,0%.
- De totale warmte-krachtbesparing was 38,6 PJ in 2016. Dat is een stijging van 1,2 PJ tegenover 2015.
- De relatieve primaire energiebesparing was 22,1% in 2016; een stijging van 0,9% ten opzichte van 2015.

6 REFERENTIES

- [1] Eurostat, Final CHP reporting instructions Eurostat for the reference year 2016, http://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/42195/Final_CHP_reporting_instructions_reference_year_2016_onwards_30052017.pdf/f114b673-aef3-499b-bf38-f58998b40fe6, 2016.
- [2] EUR-Lex, Regulation (EC) NO 1099/2008 of the European Parliament and Council on energy statistics, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32008R1099>, 2008.
- [3] Europees parlement, 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, 2015.
- [4] Energiebesluit, Besluit van de Vlaamse Regering houdende algemene bepalingen over het energiebeleid, 19 november 2010, kortweg het Energiebesluit.
- [5] Europese Commissie, 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 EP, 2015.
- [6] Europese Commissie, Herziening van de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte overeenkomstig richtlijn 2012/27/EU van het Europees parlement, tot intrekking van het uitvoeringsbesluit 2011/877/EU van de Commissie, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2402&from=EN>, 2015.
- [7] Eurostat, Combined Heat and Power Generation reporting instructions, <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/methodology/annual>, 2017.
- [8] EC 2008, [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)..
- [9] 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 juni 2012 inzake referentierendement, 2016.

BIJLAGE A: GEHARMONISEERDE RENDEMENTS-REFERENTIEWAARDEN EN CORRECTIEFACTOREN

Deze bijlage bevat de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte. In 2016 werden de referentiewaarden geüpdatet, in overeenstemming met de 'Gedelegeerde verordening 2015/2402 van de Europese Commissie van 12 oktober 2015 [6].

De referentierendementen, bij een temperatuur van 15°C en een druk van 1,013 bar, zijn in onderstaande tabel weergegeven [6] voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte:

Categorie		Brandstoftype	Constructiejaar		
			Vóór 2012	2012-2015	Vanaf 2016
Vast	S1	Steenkool, met inbegrip van antraciet, bitumineuze kolen, subbitumineuze kolen, cokes, halfcokes, petroleumcokes	44,2	44,2	44,2
	S2	Bruinkool, bruinkoolbriketten, schalieolie	41,8	41,8	41,8
	S3	Turf, turfbriketten	39,0	39,0	39,0
	S4	Droge biomassa, waaronder hout, en andere vaste biomassa, waaronder houtpellets en -briketten, gedroogde houtsnippers, schoon en droog afvalhout, notendoppen en olijpitten en andere pitten	33,0	33,0	37,0
	S5	Andere vaste biomassa, waaronder alle hout dat niet onder S4 valt, en zwart en bruin residuloos	25,0	25,0	30,0
	S6	Stedelijk en industrieel afval (niet-hernieuwbaar) en hernieuwbaar/biologisch afbreekbaar afval	25,0	25,0	25,0
Vloeistoffen	L7	Zware stookolie, gasolie/dieselolie, andere oliehoudende producten	44,2	44,2	44,2
	L8	Vloeibare biomassa, met inbegrip van biomethanol, bio-ethanol, bio-butanol, biodiesel en andere vloeibare biomassa	44,2	44,2	44,2
	L9	Vloeibare afvalstoffen, met inbegrip van biologisch afbreekbaar afval en niet-hernieuwbaar afval (met inbegrip van talg, vetten en bierbostel)	25,0	25,0	29,0
Gasvormig	G10	Aardgas, LPG, LNG en biomethaan	52,5	52,5	53,0
	G11	Raffinaderijgassen, waterstof en synthesesgas	44,2	44,2	44,2
	G12	Biogas dat ontstaat bij vergisting, stortplaatsen en afvalwaterzuivering	42,0	42,0	42,0
	G13	Cokesovengas, hoogovengas, mijngas en andere teruggewonnen gasen (exclusief raffinaderijgas)	35,0	35,0	35,0
Andere	O14	Restwarmte (met inbegrip van uitlaatgassen van industriële processen op hoge temperatuur, producten uit exotherme chemische reacties)			30,0
	O15	Kernenergie			33,0
	O16	Thermische zonne-energie			30,0
	O17	Geothermie			19,5
	O18	Andere, niet eerder genoemde brandstoffen			30,0

Tabel 16: Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit [6]

Categorie		Type brandstof:	Constructiejaar					
			Vóór 2016			Vanaf 2016		
			Warm water	Stoom (*)	Direct gebruik van uitlaatgassen (**)	Warm water	Stoom (*)	Direct gebruik van uitlaatgassen (**)
Vast	S1	Steenkool met inbegrip van antraciet, bitumineuze kolen, subbitumineuze kolen, cokes, halfcokes, petroleumcokes	88	83	80	88	83	80
	S2	Bruinkool, bruinkoolbriketten, schalieolie	86	81	78	86	81	78
	S3	Turf, turfbriketten	86	81	78	86	81	78
	S4	Droge biomassa, waaronder hout, en andere vaste biomassa, waaronder houtpellets en -briketten, gedroogde houtsnippers, schoon en droog afvalhout, notendoppen en olijfpitten en andere pitten	86	81	78	86	81	78
	S5	Andere vaste biomassa, waaronder alle hout dat niet onder S4 valt, en zwart en bruin residuloog.	80	75	72	80	75	72
	S6	Stedelijk en industrieel afval (niet-hernieuwbaar) en hernieuwbaar/biologisch afbreekbaar afval	80	75	72	80	75	72
Vloeistoffen	L7	Zware stookolie, gasolie/dieselolie, andere oliehoudende producten	89	84	81	85	80	77
	L8	Vloeibare biomassa, met inbegrip van biomethanol, bio-ethanol, biobutanol, biodiesel en andere vloeibare biomassa	89	84	81	85	80	77
	L9	Vloeibare afvalstoffen, met inbegrip van biologisch afbreekbaar afval en niet-hernieuwbaar afval (met inbegrip van talg, vetten en bierbostel).	80	75	72	75	70	67
Gasvormig	G10	Aardgas, LPG, LNG en biomethaan	90	85	82	92	87	84
	G11	Raffinaderijgassen, waterstof en synthesegas	89	84	81	90	85	82
	G12	Biogas dat ontstaat bij vergisting, stortplaatsen en afvalwaterzuivering	70	65	62	80	75	72
	G13	Cokesovengas, hoogovengas, mijngas en andere teruggewonnen gassen (exclusief raffinaderijgas)	80	75	72	80	75	72

Tabel 17: Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van warmte [6]

Ook voor de klimatologische omstandigheden wordt een correctie toegepast. Deze correcties wijzigden niet ten opzichte van voorgaande jaren.

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.

Tabel 18: Correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden [6]

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	2016
Gemiddelde jaarlijkse temperatuur	11,5	10,9	11,0	9,7	11,6	10,6	10,1	11,9	11,3	10,7

Tabel 19: Gemiddelde jaarlijkse temperatuur (2007-2016). Bron: Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), www.meteo.be

De correctiefactoren en voor vermeden netwerkverliezen en de overeenkomstige spanningscategorieën werden wel bijgesteld, zoals hieronder aangegeven:

Aansluitspanningsniveau	Correctiefactor (geleverd aan het net)	Correctiefactor (ter plaatse gebruikt)
≥ 345 kV	1	0,976
≥ 200 — < 345 kV	0,972	0,963
≥ 100 — < 200 kV	0,963	0,951
≥ 50 — < 100 kV	0,952	0,936
≥ 12 — < 50 kV	0,935	0,914
$\geq 0,45$ — < 12 kV	0,918	0,891
$< 0,45$ kV	0,888	0,851

Tabel 20: Correctiefactoren voor vermeden netverliezen voor de toepassing van geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit [6]

BIJLAGE B: BEREKENING VAN DE PRIMAIRE ENERGIEBESPARING

De berekening van de warmte-krachtbesparing is volgens de nieuwe rapporterings-instructies licht gewijzigd ten opzichte van voorgaande jaren. Deze wordt berekend als volgt [1]:

$$WKB(TJ) = \frac{F_{CHP}}{1 - RPE(\%)} - F_{CHP}$$

Met WKB de warmte-krachtbesparing, RPE de relatieve primaire energiebesparing en F_{CHP} de WKK-brandstof. Voorgaande jaren werd de RPE met volgende formule berekend:

$$WKB(TJ) = RPE(\%) \left(\frac{E_{CHP}}{\eta_{E,0}} + \frac{H_{CHP}}{\eta_{H,0}} \right)$$

Met E_{CHP} en H_{CHP} de elektrische/mechanische respectievelijk thermische energie geproduceerd door de installatie, en $\eta_{E,0}$ en $\eta_{H,0}$ de elektrische en thermische referentierendementen voor gescheiden elektriciteits- en warmteproductie.

De berekening van warmte-krachtbesparing op basis van de uitgespaarde brandstof in plaats van uit de geproduceerde elektriciteit/warmte geeft slechts kleine wijzigingen in het resultaat. De berekening wordt echter voor alle jaren consistent op de nieuwe wijze doorgerekend, waardoor er kleine verschillen ontstaan met het vorige WKK-inventarisrapport.