



Met de steun van



Slagkracht voor de vernieuwende installateur

Deel I. Warmte-krachtkoppeling

Auteurs: Filip Van den Borre, Jan Caerels, Lenn Coussement

Datum: 28 maart 2019

Inhoud

1	Wat is WKK?	6
2	Waarom WKK?	7
2.1	Basisbegrippen energie	7
2.1.1	Primaire energie versus energie voor eindgebruik	7
2.1.2	Duurzame energiepolitiek	8
2.1.3	Exergie: kwaliteit van energie	9
2.2	WKK versus gescheiden opwekking	10
2.2.1	Klassieke energievoorziening: gescheiden opwekking	10
2.2.2	Het principe van warmte-krachtkoppeling (WKK)	11
2.2.3	Primaire-energiebesparing: een rekenvoorbeeld	11
2.3	De rol van WKK in het energiesysteem	12
2.3.1	Primaire-energiebesparing	13
2.3.2	Netondersteuning	13
2.3.3	Aggregatoren	14
2.3.4	Faciliterende rol voor hernieuwbare energie	15
2.3.5	Bevoorradingzekerheid	16
2.4	Regelgeving energie-efficiëntie	17
2.4.1	Energielabel	17
2.4.2	EPB-eisen	19
2.5	WKK met hernieuwbare brandstoffen	20
3	WKK in Vlaanderen	21
4	WKK-technologieën	23
4.1	Turbines	23
4.2	Verbrandingsmotor	24
4.3	Stirlingmotor	25
4.4	Brandstofcel	26
4.5	Samenvatting van de technologieën	27
5	Invulling van een warmtevraag door een WKK	28
5.1	Warmtevraagprofiel en jaarbelastingsduurcurve	28
5.2	Logica dimensionering WKK	30
5.2.1	Energietransport	30
5.2.2	Optimale werking WKK	30
5.3	Invulling van de warmtevraag door WKK	31
5.3.1	WKK (met eventueel deellastwerking)	31
5.3.2	Warmtebuffering	31
5.3.3	Het dimensioneren van een buffer	32
5.3.4	Ketel	33
5.3.5	Elektriciteitsvraag	33

*Deze publicatie is beschikbaar onder de licentie Creative Commons: Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen
Deze licentie laat toe het werk te kopiëren, distribueren, vertonen, op te voeren, en om afgeleid materiaal te maken, zolang
Techlink, WPP en COGEN Vlaanderen vermeld worden als makers van het werk, het werk niet commercieel gebruikt wordt en
afgeleide werken onder identieke voorwaarden worden verspreid.*

5.4	Enkele hydraulische voorbeelden	34
5.4.1	Parallel	34
5.4.2	Serie	35
5.4.3	Serie met bypass	35
5.5	Aandachtspunten hydraulisch	36
5.5.1	Zonder warmtevraag stopt de WKK	36
5.5.2	Bij te hoge retourtemperatuur stopt de WKK	36
5.5.3	Efficiëntie stijgt bij lagere retourtemperatuur	36
5.5.4	Zorg voor een correcte samenwerking tussen de WKK en de piekkelstel	36
6	Elektrische inpassing	38
6.1	Lokale productie ≤ 10 kVA: vereenvoudigde installatieprocedure	38
6.2	Lokale productie WKK > 10 kVA	40
7	Ondersteuningsmechanismen	42
7.1	Federaal	42
7.2	Vlaanderen	42
7.2.1	Het certificatenmechanisme	42
7.2.2	Warmte-krachtbesparing	43
7.2.3	Groene stroom	45
7.2.4	Investeringssteun voor WKK ≤ 10 kW _e	45
7.3	Wallonië	46
7.4	Brussel	47
8	Rentabiliteit WKK	48
8.1	Kosten-batenanalyse	48
8.2	Voorbeeld rentabiliteitsberekening	49
8.2.1	De gegevens	49
8.2.2	De opbrengsten berekenen	50
8.2.3	De investering berekenen	50
8.2.4	Jaarlijkse kosten	50
8.2.5	Terugverdientijd en netto-opbrengst na 10 jaar	50
9	Stappenplan voor een geslaagd WKK-project	51
9.1	Breng de situatie van de klant in kaart	51
9.2	Voer de WKK-check uit	51
9.3	WKK-dimensionering	52
9.4	Bestellen, installatie en indienstname	52
9.5	Begeleid de klant bij zijn subsidieaanvraag	53
9.6	Onderhoud	53
10	Interessante toepassingen	54



Afbeeldingslijst

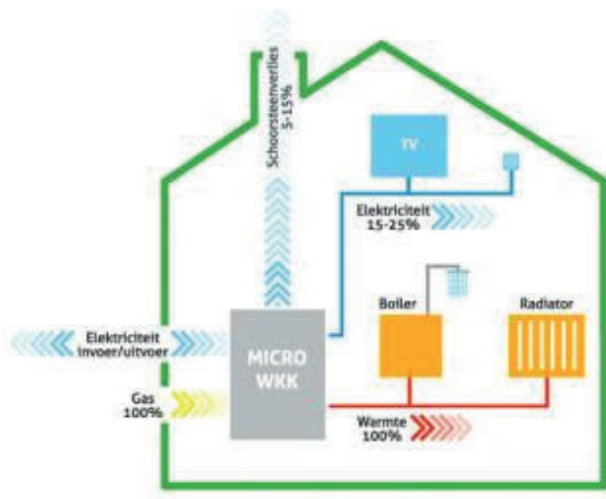
<i>Figuur 1</i>	<i>Een schematisch voorbeeld van de toepassing van een micro-WKK</i>	6
<i>Figuur 2</i>	<i>Voorbeelden van primaire energie, transformatie, energie voor eindgebruik en diensten</i>	7
<i>Figuur 3</i>	<i>De Trias Energetica</i>	8
<i>Figuur 4</i>	<i>Elektriciteit kan eenvoudig omgezet worden in warmte maar omgekeerd</i>	9
<i>Figuur 5</i>	<i>Het klassieke energielandschap</i>	10
<i>Figuur 6</i>	<i>Vergelijking tussen klassieke gescheiden opwekking en WKK</i>	11
<i>Figuur 7</i>	<i>Relatieve Primaire-energiebesparing van een WKK in functie van het elektrisch en thermisch rendement</i>	11
<i>Figuur 8</i>	<i>Het toekomstige energielandschap</i>	12
<i>Figuur 9</i>	<i>De gelijktijdigheid van vraag en productie voor PV installaties en WKK installaties. WKK kan het net ondersteunen door stroom te produceren wanneer deze het meest nodig is, namelijk in de winterperiode.</i>	13
<i>Figuur 10</i>	<i>Dunkelflaute. Bij weinig zon- en windenergie gedurende lange periode volstaat de energie opgeslagen in batterijen of andere media niet om het net te balanceren. Er is extra productiecapaciteit vereist om voldoende elektriciteit te hebben op het net.</i>	14
<i>Figuur 11</i>	<i>Energielabel van verscheidene verwarmingstechnologieën</i>	16
<i>Figuur 12</i>	<i>Twee verschillende energielabels</i>	17
<i>Figuur 13</i>	<i>Het geïnstalleerd vermogen aan WKK in Vlaanderen door de jaren heen</i>	19
<i>Figuur 14</i>	<i>Verskillende toepassingen van WKK met verschillende vermogens</i>	19
<i>Figuur 15</i>	<i>Overzicht van en potentieel aan WKK vermogen in Vlaanderen, Wallonië, Brussel en België.</i>	20
<i>Figuur 16</i>	<i>Industriële WKK met een gasturbine en recuperatiestoomketel</i>	21
<i>Figuur 17</i>	<i>Schema van een WKK met micro-turbine</i>	22
<i>Figuur 18</i>	<i>Schema warmterecuperatie WKK met inwendige verbrandingsmotor</i>	22
<i>Figuur 19</i>	<i>De werking van de Stirlingmotor</i>	23
<i>Figuur 20</i>	<i>Werkingsprincipe van de Proton Exchange Membrane brandstofcel</i>	24
<i>Figuur 21</i>	<i>Een voorbeeld van de warmtevraag over een heel jaar</i>	26
<i>Figuur 22</i>	<i>De jaarbelastingsduurcurve van het warmteprofiel op figuur 19</i>	27
<i>Figuur 23</i>	<i>Bepalen van het aantal uren vollast aan de hand van de jaarbelastingsduurcurve</i>	27
<i>Figuur 24</i>	<i>Bepalen van het aantal uren vollast en deellast aan de hand van de jaarbelastingsduurcurve. Deze WKK zal 5000 uur per jaar in vollast draaien en ongeveer 700 uur in deellast. In totaal zal deze WKK per jaar ongeveer 5700 uur draaien.</i>	29
<i>Figuur 25</i>	<i>Het gebruik van een buffer voor het verlengen van de draaiuren en het invullen van de vraag onder het minimum vermogen van de WKK</i>	29
<i>Figuur 26</i>	<i>Parallel opstelling van een WKK en secundaire warmtebronnen</i>	31
<i>Figuur 27</i>	<i>Serie opstelling van een WKK en secundaire warmtebronnen</i>	31
<i>Figuur 28</i>	<i>Serie opstelling met bypass van een WKK en de secundaire warmtebronnen</i>	32
<i>Figuur 29</i>	<i>Proces voor de indienstname van een elektriciteitsproductie-installatie</i>	35
<i>Figuur 30</i>	<i>Proces voor indienstname van ene elektriciteitsproductie-installatie</i>	36
<i>Figuur 31</i>	<i>De basisprincipes van het certificatiesysteem.</i>	39
<i>Figuur 32</i>	<i>Vaststellen van de startdatum van een installatie</i>	40
<i>Figuur 33</i>	<i>Marktoverzicht van Belgische verdelers die WKK-installaties tot 20 kWe aanbieden</i>	48

1. Wat is WKK?

Warmte-krachtkoppeling (WKK) is de gelijktijdige opwekking van warmte en kracht (of elektriciteit) binnen hetzelfde proces. Hierdoor bespaart men brandstof in vergelijking met gescheiden opwekking waarbij warmte opgewekt wordt door een (condensatie)ketel en elektriciteit door middel van een elektriciteitscentrale. WKK gaat dus over het efficiënt gebruik van brandstoffen, ongeacht de vorm (gasvormig, vloeibaar of vast) en de oorsprong (fossiel, synthetisch of hernieuwbaar). Doordat men brandstof bespaart zal ook de uitstoot van CO₂ lager zijn in vergelijking met de klassieke opwekking van warmte en elektriciteit.

Dit is te verklaren omdat bij klassieke elektriciteitscentrales warmte een afvalproduct is dat geloosd wordt in de atmosfeer. Via koeltorens, stoomcondensators en via de uitlaatgassen wordt heel wat energie gedumpt in de omgeving. Slechts 40 tot 55 procent van de brandstof wordt nuttig gebruikt in dergelijke centrales. Bij een warmte-krachtkoppeling systeem is dit minimaal 80 procent!

Omdat warmte moeilijk te transporteren is over lange afstanden, staat een WKK altijd dicht bij de verbruiker van de geproduceerde warmte. Een warmte-krachtkoppeling installatie produceert dus lokaal en dicht bij de verbruiker warmte én elektriciteit.



Figuur 1: Een schematisch voorbeeld van de toepassing van een micro-WKK.

2. Waarom WKK?

2.1. Basisbegrippen energie

2.1.1. Primaire energie versus energie voor eindgebruik

Alvorens dieper in te gaan op wat WKK is, staan we stil bij de manier waarop energie gebruikt wordt door de mens.



Figuur 2:
Voorbeelden van primaire energie, transformatie, energie voor eindgebruik en diensten.

De behoeften van de mens worden gedekt door diensten zoals huisvesting, transport, communicatie en voeding. Voor het merendeel van deze diensten is input van energie nodig, onder een bepaalde vorm. Voor een computer is elektrische energie nodig met een bepaalde spanning. Een auto rijdt op een bepaald type brandstof. We hebben hier dus te maken met vormen van energie die klaar zijn voor gebruik en die we daarom **energie voor eindgebruik** noemen.

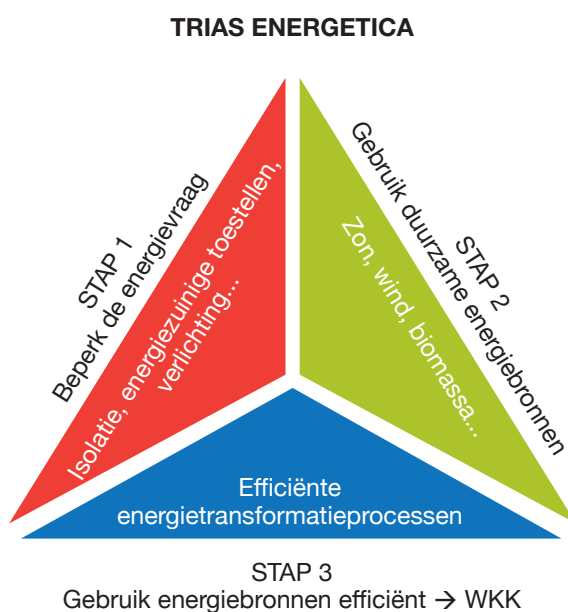
Energie, zoals die in de natuur aanwezig is, bestaat onder verschillende vormen: zonne-energie, windenergie, biomassa, fossiele brandstoffen, ... Dit zijn allemaal voorbeelden van **primaire energiebronnen**. Daarnaast bestaan er ook **secundaire energiebronnen**. Hieronder verstaan we alle nevenproducten die afkomstig zijn van menselijke activiteiten en waarin nog een bepaalde hoeveelheid energie aanwezig is, zoals huishoudelijk afval, restwarmte, ... In de meeste gevallen zijn primaire en secundaire energiebronnen nog niet geschikt om rechtstreeks te worden gebruikt voor eindconsumptie.

Om de energie, die aanwezig is in deze primaire en secundaire bronnen, geschikt te maken voor dagelijks gebruik moeten we dus een beroep doen op energietransformatieprocessen. **Warmte-krachtkoppeling** is een voorbeeld van een **energietransformatieproces**.

2.1.2 Duurzame energiepolitiek

De methodologie voor een duurzame energiepolitiek staat bekend onder de naam Trias Energetica (Figuur 3) en bestaat uit drie stappen. Het onderliggende principe is dat maatregelen uit stap 1 de meest duurzame zijn, gevolgd door deze uit stap 2 en tenslotte deze uit stap 3:

1. **Beperk de energie voor eindgebruik** zoveel mogelijk onder het motto “de meest duurzame energie is de energie die je niet verbruikt”. We hebben het dan over maatregelen die energieverstopping voorkomen zoals goed geïsoleerd en luchtdicht bouwen, energiezuinige toestellen en verlichting, warmteterugwinning, instellen van lagere temperaturen, ...
2. **Gebruik hernieuwbare energiebronnen** zoals zonne- en windenergie, biomassa, Hierbij wordt op een CO₂-neutrale manier energie geproduceerd en wordt het gebruik van fossiele brandstoffen verminderd.
3. **Gebruik efficiënte energietransformatieprocessen**, zoals WKK. Door hoge rendementen te realiseren bij het omzetten van primaire energie naar energie voor eindgebruik worden energiebronnen efficiënter benut.



Figuur 3: De Trias Energetica.

2.1.3. Exergie: kwaliteit van energie

Er zijn verschillende vormen van energie (bv. brandstof, warmte, elektriciteit, enz...), waarbij de energie-inhoud van deze verschillende energievormen telkens uitgedrukt wordt in dezelfde eenheden (bv. kWh of MWh). Dit betekent echter niet dat deze energievormen gelijkwaardig zijn. Zo kan men bv. elektriciteit volledig omzetten naar warmte terwijl dit omgekeerd niet mogelijk is (Figuur 4). De mate waarin een energievorm kan worden omgezet in andere energievormen bepaalt de "kwaliteit" van deze energievorm. Gezien elektriciteit volledig omzetbaar is in andere energievormen zoals warmte en beweging heeft deze dus een hoge kwaliteit. Voor warmte neemt de omzetbaarheid naar andere energievormen af met de temperatuur. Hoe lager de temperatuur van de warmte, hoe lager de kwaliteit, hoe minder mogelijke toepassingsvormen er over blijven. In de thermodynamica gebruikt men ook het begrip 'exergie' om de kwaliteit van een energievorm aan te duiden.



Figuur 4: Elektriciteit kan eenvoudig omgezet worden in warmte maar omgekeerd.

Conventioneel wordt warmte geproduceerd door een brandstof te verbranden in boilers, fornuizen of ketels, waarbij de warmte meestal wordt gebruikt op een niet al te hoge temperatuur. Dit betekent dat een energievorm van hoge kwaliteit (warmte op meer dan 1000°C) wordt omgezet in een energievorm van lage kwaliteit. Zo zijn bij warmteproductie met een condenserende ketel de energieverliezen beperkt, maar zijn de kwaliteitsverliezen of exergieverliezen groot. In kader van een zo efficiënt mogelijke benutting van (schaarse) brandstoffen is dit uiteraard een spijtige zaak, gezien kostbare exergie verloren gaat.

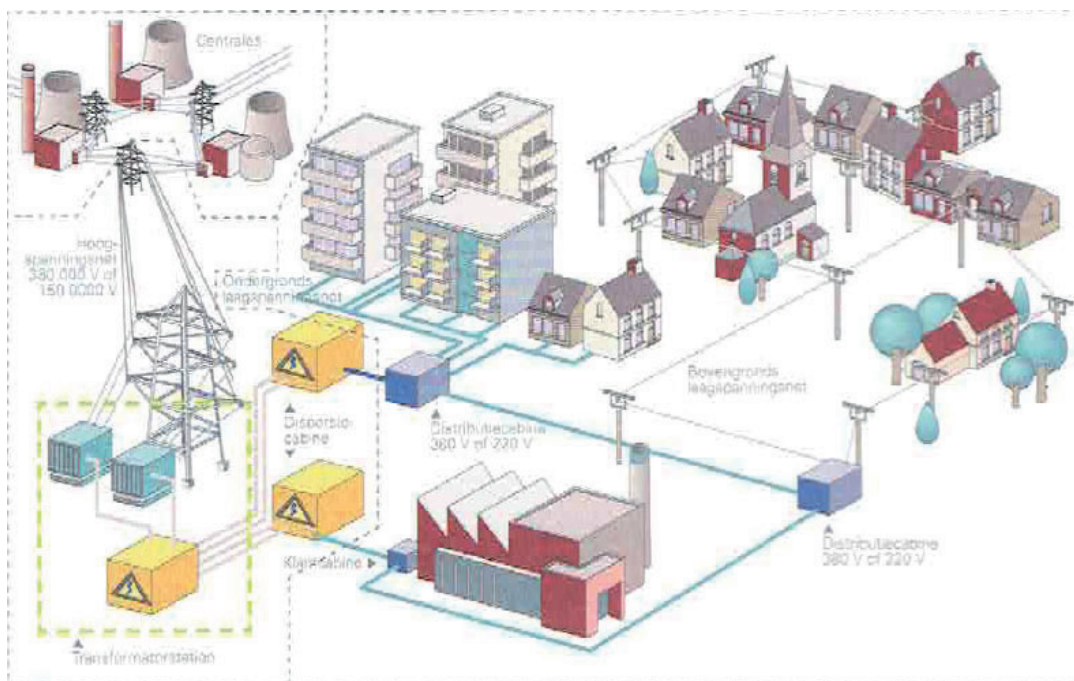
2.2. WKK versus gescheiden opwekking

2.2.1. Klassieke energievoorziening: gescheiden opwekking

De energiebehoefte (warmte en elektriciteit) van een bedrijf of gebouw bestaat veelal uit warmte en elektriciteit. Meestal worden warmte en elektriciteit gescheiden geproduceerd, wat wil zeggen dat elke energievorm in een afzonderlijke installatie wordt opgewekt.

Tot begin deze eeuw gebeurde elektriciteitsproductie uitsluitend in grote elektriciteitscentrales (Figuur 5). De geproduceerde elektriciteit werd getransporteerd over hoogspanningskabels naar transformatorstations. Van daar werd de stroom verder verdeeld naar lokale distributiecabines die op laagspanning de gebruikers van elektriciteit voorzagen. Nu nog maakt deze manier van energieopwekking en -distributie een groot deel uit van de stroomvoorziening.

Transport van warmte is minder eenvoudig dan transport van elektriciteit. Daarom wordt warmte meestal ter plaatse bij de gebruiker geproduceerd met behulp van een klassieke ketelinstallatie en wordt de brandstof getransporteerd tot bij de gebruiker.



Figuur 5: Het klassieke energielandschap.

2.2.2. Het principe van warmte-krachtkoppeling (WKK)

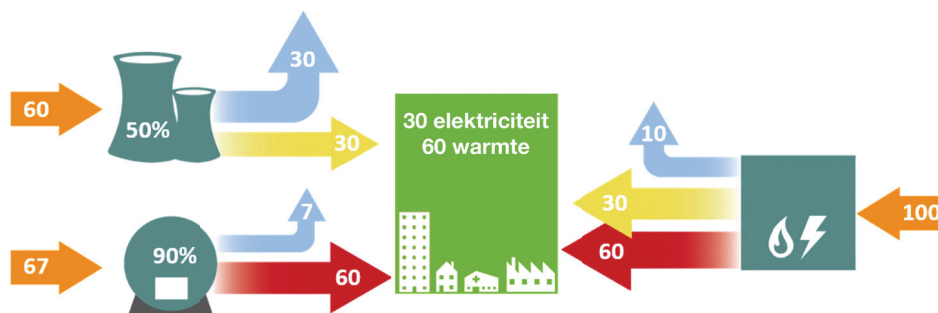
Warmte-krachtkoppeling (WKK) is een efficiënt energietransformatieproces waarbij warmte en elektriciteit gelijktijdig worden geproduceerd in eenzelfde installatie. Deze installatie gebruikt hiervoor slechts één primaire energiebron. Aangezien warmte moeilijk te transporteren is over grote afstanden, bevindt deze installatie zich dicht bij de warmteverbruiker. De hoogwaardige warmte die vrijkomt bij het verbranden van de brandstof wordt dan eerst gebruikt voor het produceren van mechanische energie, die dan verder via een alternator wordt omgezet in elektriciteit. Hierna blijft laagwaardige warmte over, die wordt gebruikt om te voldoen aan de specifieke warmtevraag van een gebouw of proces. Op deze manier wordt een brandstof efficiënter ingezet.

Het grote voordeel van WKK of cogeneratie is dat bij gezamenlijke opwekking van warmte en elektriciteit de in de brandstof aanwezige energie beter wordt benut. Hierdoor is minder brandstof nodig dan bij een gescheiden productie van eenzelfde hoeveelheid warmte en elektriciteit. Een WKK bespaart dus primaire energie en zorgt daardoor voor een lagere CO₂-uitstoot.

2.2.3. Primaire-energiebesparing: een rekenvoorbeeld

Nemen we als voorbeeld een gebouw dat 30 eenheden elektriciteit en 60 eenheden warmte nodig heeft (Figuur 6). We veronderstellen dat bij gescheiden opwekking de elektriciteitsproductie een rendement heeft van 50% en dat de warmteproductie (ketel) een rendement van 90% haalt. Om 30 eenheden elektriciteit te bekomen zijn dus 60 eenheden primaire energie nodig. Voor 60 eenheden warmte zijn dan weer 67 eenheden primaire energie nodig. Gescheiden opwekking leidt dus tot een brandstofverbruik van 127 eenheden voor het invullen van de vraag.

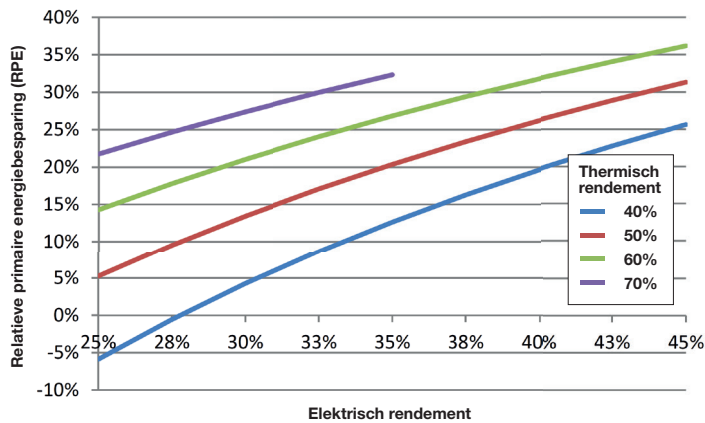
Wanneer we de warmtebehoefte van het gebouw willen dekken met een WKK met een thermisch rendement van 60% en een elektrisch rendement van 30% (realistische waarden voor gasmotor-WKK's) dan zijn hiervoor 100 eenheden brandstof nodig. Deze 100 eenheden brandstof worden echter ook aangewend om 30 eenheden elektriciteit te maken, die dan niet via gescheiden opwekking geproduceerd moeten worden. De WKK gebruikt dus 27 eenheden primaire energie minder dan bij gescheiden productie, wat overeenkomt met een relatieve primaire-energiebesparing (RPE) van 21% ($=27/127*100\%$).



Figuur 6: vergelijking tussen klassieke gescheiden opwekking en WKK.

De grootte van de primaire-energiebesparing is natuurlijk afhankelijk van de gehanteerde rendementen van zowel de gescheiden productie als van de WKK-installatie. In Figuur 7 wordt de relatieve primaire-energiebesparing berekend voor verschillende WKK-installaties met verschillende elektrische en thermische rendementen ten opzichte van een referentierendement van 50% voor elektriciteitsproductie en 90% voor warmteproductie. Naarmate de rendementen van de WKK-installatie hoger worden en we dus te maken hebben met een betere installatie stijgt ook de RPE.

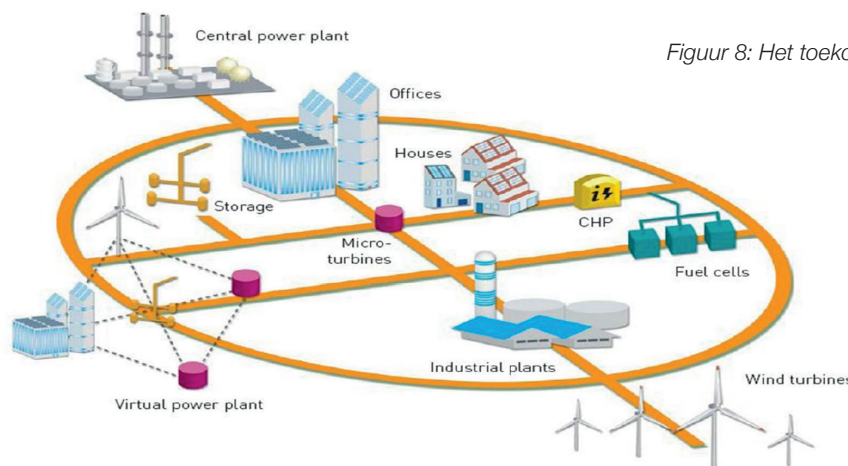
Het voorgaande scenario is natuurlijk een ideaal geval, waarbij de WKK-installatie de warmte- en elektriciteitsbehoefte steeds precies kan invullen. In de praktijk is dit zelden het geval waardoor de mogelijkheid om bijkomend energie te produceren op de klassieke wijze steeds moet worden voorzien.



Figuur 7: Relatieve Primaire-energiebesparing van een WKK in functie van het elektrisch en thermisch rendement.

2.3. De rol van WKK in het energiesysteem

Met de opkomst van hernieuwbare energie is het energiesysteem in volle verandering. Gebouwen produceren zelf elektriciteit via zonnepanelen of warmte-krachtkoppeling en veranderen van consumenten in prosumenten (Figuur 8). Waar vroeger in het net alleen elektriciteit afgenomen werd, wordt er nu ook geïnjecteerd. Bovendien is energiezuinige verwarming op elektriciteit, zoals een warmtepomp, aan een sterke opmars bezig. Het gasnet wordt zo stilaan dus minder belast, maar het elektriciteitsnet des te meer. Daarbij zal het elektriciteitsnet bijkomend belast worden bij een toename van het aantal elektrische wagens.



Figuur 8: Het toekomstige energielandschap.

Hoewel WKK in verschillende sectoren (industrie, glastuinbouw, ...) reeds bekend is, is het belangrijk dat het principe en de meerwaarde van warmte-kranchkoppeling juist begrepen worden. Vanuit energetisch en ecologisch standpunt - en bij uitbreiding in een duurzaam energiebeleid - is de rechtstreekse productie van (laagwaardige) warmte uit (hoogwaardige) primaire energiebronnen, zoals dat bijvoorbeeld gebeurt in een gewone aardgas- of biomassaketel, in principe uit den boze. Hieronder gaan we dieper in op de oplossing die het gebruik van warmte-kranchkoppeling hiervoor biedt, alsook op een aantal troeven van WKK.

2.3.1. Primaire-energiebesparing

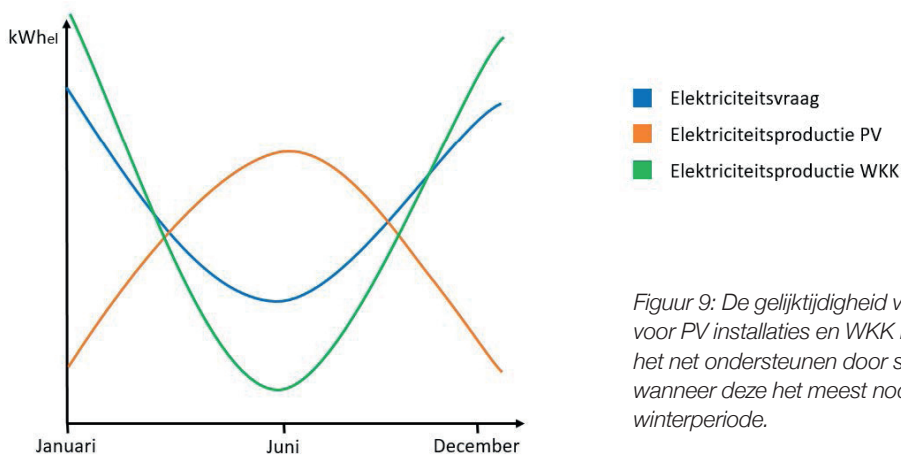
WKK laat toe de schaarse primaire energiebronnen waarover we beschikken, zij het fossiel (aardgas, stookolie ...) dan wel hernieuwbaar (biogas, duurzaam opgewekt H₂-gas, synthesegas ...) op een zo efficiënt mogelijke manier in te zetten. Dit betekent dat allereerst elektriciteit of kracht wordt geproduceerd, en vervolgens pas warmte. We doen daardoor dus meer met minder. Dit heeft natuurlijk een aantal rechtstreekse, positieve gevolgen, een aantal maatschappelijke baten die we bijvoorbeeld ook tegenkomen bij de inzet van hernieuwbare energiebronnen. Hieronder vallen de verminderde (CO₂-)emissies en een grotere energie-onafhankelijkheid.

2.3.2. Netondersteuning

Decentrale productie zoals WKK kan een netondersteunende rol spelen door de productie van elektriciteit daar waar ze verbruikt wordt. Hierdoor worden enerzijds netverliezen vermeden, en komt anderzijds capaciteit ter beschikking op het net. WKK-installaties bieden daarenboven het voordeel dat ze doorgaans (bij een klassieke sturing) produceren op het moment dat er ook een belangrijke elektriciteitsvraag is. In de industrie is het samenvallen van de warmtevraag en de elektriciteitsvraag natuurlijk niet verwonderlijk. In de gebouwenverwarming zien we dan weer een duidelijke synchroniciteit tussen de verhoogde vraag naar warmteproductie en een verhoogde

vraag naar elektriciteit in de winter, eventueel verder in lijn te brengen door gebruik te maken van buffervaten. Bovendien kunnen WKK-installaties eventueel extern aangestuurd worden om nog beter in te spelen op de behoeftes van het elektriciteitsnet.

Bij een verregaande elektrificatie van onze energievraag door bijvoorbeeld elektrische verwarming en elektrische mobiliteit, stijgt de belasting van het elektriciteitsnet. Warmtepompen zullen bijvoorbeeld in koude periodes gelijktijdig elektriciteit verbruiken, net op de momenten dat er al een hoge elektriciteitsvraag is en er minder hernieuwbare productie is. Bij een evenwichtige verspreiding van warmtepompen en WKK op wijkniveau kunnen de WKK-installaties tijdens zo'n periode elektriciteit voorzien voor de warmtepompen.



Figuur 9: De gelijktijdigheid van vraag en productie voor PV installaties en WKK installaties. WKK kan het net ondersteunen door stroom te produceren wanneer deze het meest nodig is, namelijk in de winterperiode.

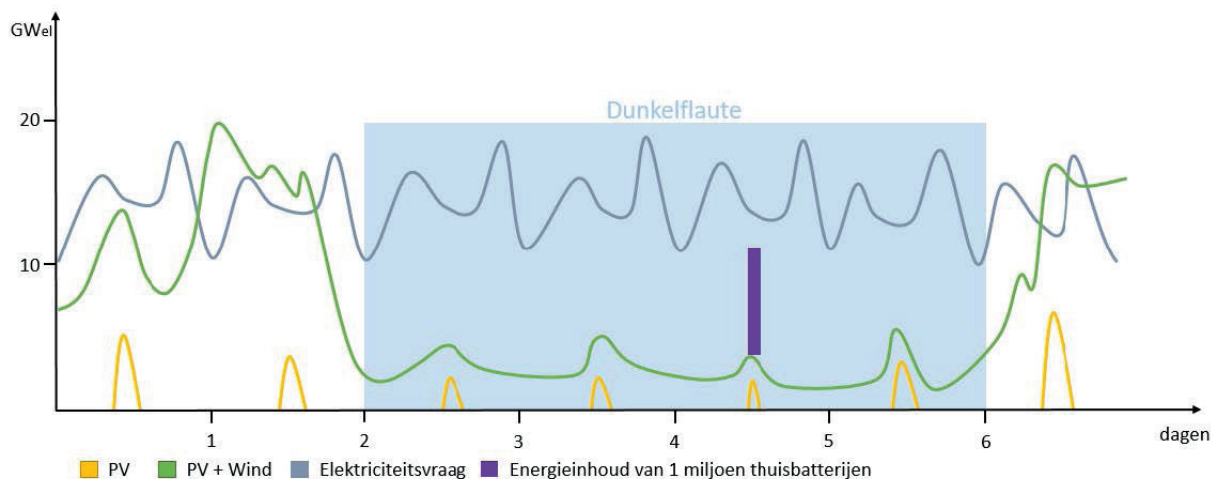
WKK draagt positief bij aan de stabilisatie van het net door lokaal elektriciteit te injecteren. Op een koude winterdag zonder zonneshijne produceren zonnepanelen geen stroom. In een straat met uitsluitend warmtepompen voor gebouwenverwarming wordt het elektriciteitsnet zwaar belast. Er is immers een grote warmtevraag die ingevuld dient te worden met stroom van het net. Is er echter een WKK-installatie aangesloten in dezelfde straat dan zal deze tegelijk in een deel van de warmtevraag van het betreffende gebouw voorzien als ook stroom via het net naar zijn bureu brengen. Op die manier moet er minder stroom van elders in het net gebracht worden.

2.3.3. Aggregatoren

WKK's kunnen op nog een andere manier netondersteunend werken, namelijk door tijdelijk minder of geen elektriciteit te produceren wanneer er een teveel is op het net. Dat gebeurt momenteel al voor de grote WKK's die bijvoorbeeld op industrieterreinen staan, maar door de digitale meter wordt dit ook mogelijk voor de kleine vermogens. Een bedrijf zou bijvoorbeeld contracten kunnen afsluiten met WKK eigenaars om hen te vergoeden voor momenten dat ze geen of minder elektriciteit produceren. Dit bedrijf, een aggregator genoemd, kan dan een groot aantal kleine WKK's in zijn portefeuille nemen om zo in totaliteit een groot flexibel vermogen aan te kunnen bieden aan de netregulator. Dit systeem bestaat al in andere landen en verhoogt vaak de rendabiliteit van WKK installaties.

2.3.4. Faciliterende rol voor hernieuwbare energie

Hernieuwbare bronnen staan reeds in voor een aanzienlijk deel van onze elektriciteitsbehoeften en hun aandeel zal gestaag groeien de komende decennia, niet alleen in Vlaanderen of in België, maar in heel Europa. Deze groei juicht iedereen toe en ze moet waar mogelijk gestimuleerd worden. Anderzijds is het natuurlijk ook zo dat deze energiebronnen elk zeer specifieke eigenheden hebben. Waar bepaalde vormen van biomassa door sommigen met een kritische blik bekeken worden, hebben de twee andere grote bronnen – zon en wind – een intermitterend karakter. Dit laatste wil zeggen dat er enkel productie mogelijk is bij zonneschijn of wind. Het kan voorkomen dat deze bronnen gedurende lange tijd (= 'Dunkelflaute') niet beschikbaar zijn en dat ook elektrische opslag geen oplossing biedt (zie Figuur 10). Waar momenteel voornamelijk conventionele gascentrales (gasturbines, STEG's) als flexibele eenheden fungeren, en er voor de toekomst uitgekeken wordt naar nieuwe centrales om de elektriciteitsbevoorrading te verzekeren, zou allereerst ingezet moeten worden op de mogelijkheden die WKK kan bieden voor een flexibele aanvulling van de hernieuwbare productie. Projecten in binnen- en buitenland tonen aan dat flexibele WKK in combinatie met warmtebuffering, power-to-heat en/of power-to-gas in grote mate complementair kan zijn met intermitterende hernieuwbare energieproductie. Op die manier kan een verdere groei van het WKK-vermogen een doorgezette groei van intermitterende energiebronnen op een eveneens duurzame manier faciliteren.



Figuur 10: Dunkelflaute. Bij weinig zon- en windenergie gedurende lange periode volstaat de energie opgeslagen in batterijen of andere media niet om het net te balanceren. Er is extra productiecapaciteit vereist om voldoende elektriciteit te hebben op het net.

2.3.5. Bevoorradingzekerheid

WKK draagt bij aan bevoorradingzekerheid op twee niveaus. Zoals hoger vermeld zorgt WKK voor een efficiëntere brandstofbenutting. Dat betekent dat we minder afhankelijk worden van import, aangezien voor dezelfde eindtoepassingen minder primaire energie ingevoerd moet worden. De nationale brandstofreserves kunnen daarnaast efficiënter aangewend worden, wat betekent dat eenzelfde voorraad een langere autonomie verzekert.

Anderzijds draagt WKK ook bij aan bevoorradingzekerheid op het elektriciteitsnet, omdat WKK-installaties typisch elektriciteit produceren op momenten van grote elektriciteitsvraag. Ten opzichte van de hele grote productie-eenheden (grote centrales of WKK's) is het ook een voordeel om te beschikken over allemaal aparte kleine toestellen. De kans dat deze allemaal samen uitvallen of in onderhoud zijn en dus een groot gat in de bevoorrading veroorzaken is zeer klein. De bevoorradingzekerheid neemt dus toe.

Faciliterende rol voor warmtenetten

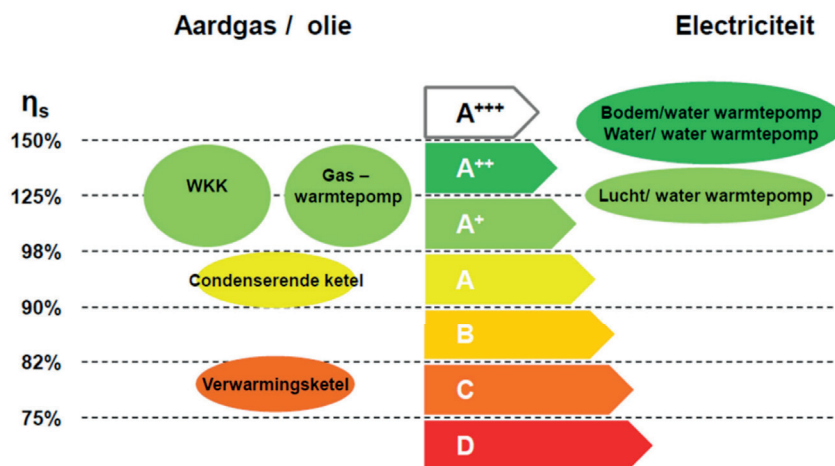
Ervaringen uit het buitenland (bv. Denemarken, Duitsland, Luxemburg, ...) leren ons dat warmtenetten succesvol zijn in combinatie met (bio-)WKK. Door gebruik te maken van meerdere WKK-eenheden is een geleidelijke opbouw van het warmtenet mogelijk. Daarnaast kunnen ze faciliterend werken bij de inkoppeling van restwarmte uit de industrie. Een WKK kan namelijk, tijdens de opbouw van een warmtenet, fungeren als betrouwbare warmtebron op middellange termijn. Deze zekerheid biedt restwarmte uit de industrie, die meestal geen garanties kunnen leveren op langere termijn, de mogelijkheid om hierop aan te sluiten.

Deze troeven maken van WKK een essentieel onderdeel van het energiesysteem. Ook in de energiepolitiek heeft WKK een belangrijke rol te spelen. Zoals u in het volgende hoofdstuk leest is de door WKK gerealiseerde primaire-energiebesparing reeds van groot belang voor het behalen van de 2020- en 2030-doelstellingen en bestaat er bovendien nog een groot potentieel aan WKK dat een aanzienlijke extra bijdrage kan leveren.

2.4. Regelgeving energie-efficiëntie

2.4.1. Energielabel

De Europese Energielabellingverordening bepaalt dat nieuwe verwarmingstoestellen vanaf 2015 een energielabel moeten krijgen – gaande van A++ tot G, vergelijkbaar met het label voor koelkasten of wasmachines. Hierbij worden alle verwarmingstechnieken op dezelfde manier (in HS – of bovenste verbrandingswaarde) gemeten, waardoor het rendement en energieverbruik van verschillende soorten toestellen beter vergeleken kan worden. Het energielabel is eveneens verplicht voor micro-WKK en pelletketels. Een overzicht van het energielabel voor verschillende technologieën is te vinden in Figuur 11.



Figuur 11: Energielabel van verscheidene verwarmingstechnologieën.

Gelijktijdig met de Energielabellingverordening trad de Ecodesignverordening in werking. Hierdoor mogen producten met een energie-efficiëntie onder een bepaald niveau niet meer in landen van de EU in de handel gebracht worden. Hierdoor zijn bijvoorbeeld enkel nog WKK-toestellen met minstens een energie-efficiëntieklasse vanaf 'A+' op de markt verkrijgbaar.

Bij zowel bij de Energielabelling- en de Ecodesignverordening wordt er telkens een onderscheid gemaakt tussen toestellen voor ruimteverwarming (lot 1) en voor waterverwarmingstoestellen en warmwatertanks (lot 2). Daarnaast wordt er nog een onderscheid gemaakt tussen een productlabel en een pakketlabel. Deze laatste is een label voor een combinatie van verschillende producten (bv. ketel met buffer).

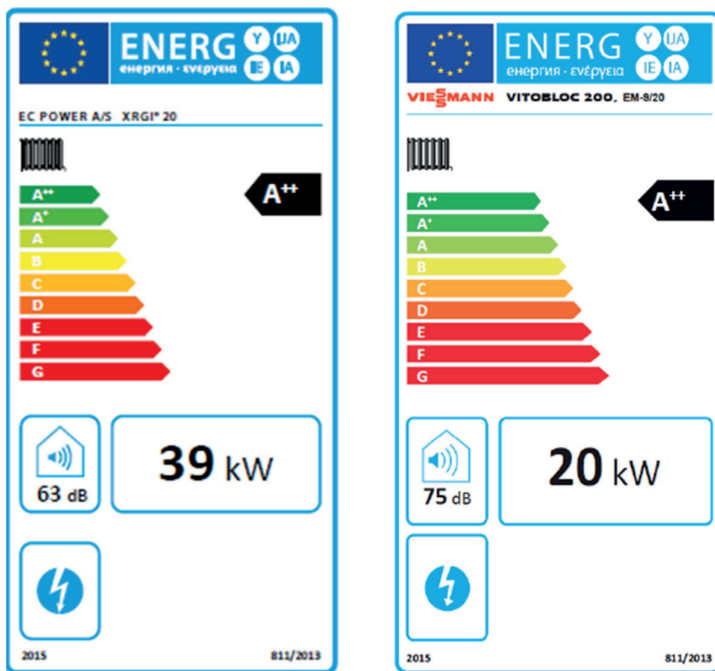
Regelmatig worden de vereisten verstrengt. Zo worden vanaf 26 september 2018 de Ecodesigneisen voor verwarmingstoestellen strenger, waardoor vanaf dan brandstofgestookte verwarmingstoestellen op vloeibare of gasvormige brandstoffen dienen te voldoen aan een NOx-uitstoot-eisen. Vanaf

26 september 2019 worden er nieuwe energielabels ingevoerd voor verwarmingstoestellen. Bij deze nieuwe labels verschijnt de bijkomende A+++-klasse, en krijgen we een verschuiving van de kleurcode.

Zoals weer gegeven in Figuur 12 duidt het productlabel voor WKK de volgende zaken aan:

- Merk en model
- Functie:
 - Ruimteverwarming (symbool radiator) en/of
 - Productie van sanitair warm water (symbool: kraan)
- Energielabel: A+ tot A+++ in geval van WKK
- Thermisch vermogen in kW
- Geluidniveau
- Productie van elektriciteit (symbool: bliksem)

Bij een pakketlabel worden er verscheidene producten weergegeven.



Figuur 12: Twee verschillende energielabels.

2.4.2. EPB-eisen

Alle gebouwen in Vlaanderen waarvoor een stedenbouwkundige vergunning wordt aangevraagd of een melding wordt gedaan, moeten aan bepaalde energienormen voldoen. Die normen worden de EPB-eisen genoemd. EPB staat voor 'Energieprestatie en Binnenklimaat'. De EPB-eisen hangen af van:

- de bestemming van het gebouw (wonen, winkels, sporthal, kantoor, school, horeca, industrieel gebouw, ziekenhuis, ...)
- de aard van de werken (nieuwbouw, renovatie, ingrijpende energetische renovatie, ...)
- het jaar van de aanvraag van de stedenbouwkundige vergunning of de melding.

Om de paar jaren worden de EPB-eisen strenger. Tegen 2021 is het de bedoeling dat alle nieuwe gebouwen 'bijna-energie neutraal' gebouwd worden.

Voor nieuwbouw-wooneenheden zijn er onder meer EPB-eisen voor energieprestatie, uitgedrukt in een maximaal E-peil. Hoe lager het E-peil, hoe energiezuiniger het gebouw is. Maar er zijn ook nog andere EPB-eisen. Afhankelijk van de bestemming van het gebouw, de aard van de werken en het jaar van de bouwaanvraag of melding, kunnen er EPB-eisen zijn voor:

- thermische isolatie (S-peil, U-waarden en R-waarden, ...) Het S-peil (of 'schilpeil') geeft de zuivere isolatie- en ventilatiewaarde weer van de schil van een woning (muren, ramen, dak,...).
- binnenklimaat: ventilatie, beperken van het risico op oververhitting
- voor nieuwe, vernieuwde of vervangen technische installaties (verwarming, sanitair warm water, ijswatersysteem, centraal ventilatiesysteem met mechanische toe- en afvoer)
- minimumaandeel hernieuwbare energie

Uit een concrete case blijkt dat WKK zorgt voor een daling van het E-peil van enkele punten:

- Verbrandingsmotor: 3 à 4 E-peilpunten
- Brandstofcel: 6 à 10 E-peilpunten

Daarnaast volstaat het gebruik van een pellet-WKK voor ruimteverwarming voor de vereiste betreffende het minimaal aandeel hernieuwbare energie.

2.5. WKK met hernieuwbare brandstoffen

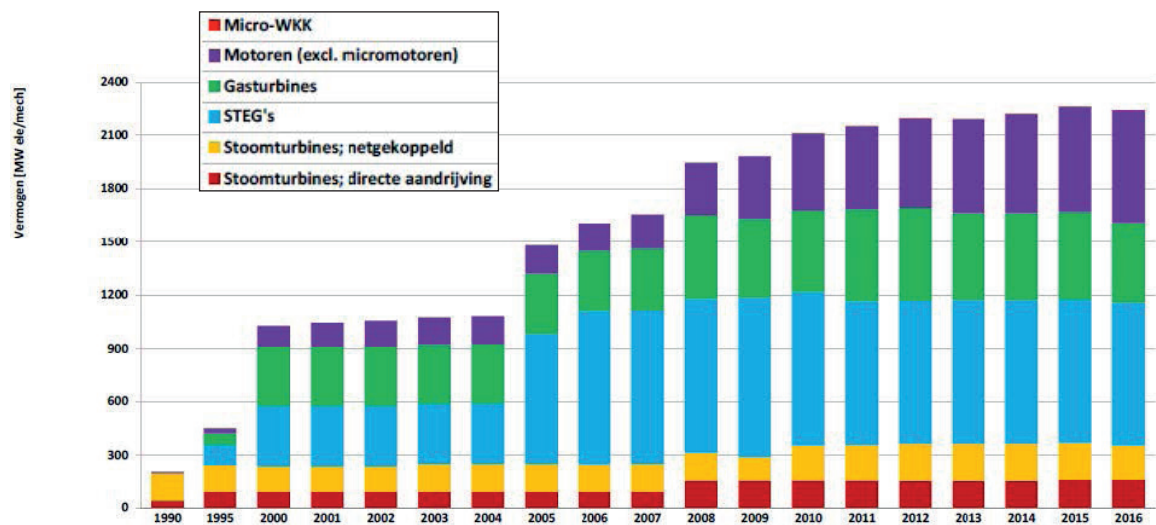
Warmte-krachtkoppeling is een omzettingmethode, geen brandstof, en is dus een concept dat in principe onafhankelijk is van de grondstof en de technologie. Net zoals fossiele bronnen moeten ook hernieuwbare bronnen efficiënt gebruikt worden. Hernieuwbare WKK op basis van biomassa, biobrandstoffen of biogas (eventueel opgewaardeerd tot biomethaan) zet kostbare hernieuwbare bronnen op een efficiënte manier om in groene stroom en groene warmte. Zo levert het een belangrijke bijdrage aan het aandeel hernieuwbare energie in Vlaanderen. Het aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit bedroeg in 2016 8,9% van de totale elektriciteitsproductie door WKK. Het aandeel hernieuwbare WKK-warmte bedroeg 6,0%. Dit zorgt voor een verminderde CO₂-uitstoot, een verhoogde energie-onafhankelijkheid en een zinvol gebruik van biomassa.



3. WKK in Vlaanderen

WKK wordt reeds veelvuldig gebruikt in Vlaanderen. Volgens de meest recente cijfers staat er een elektrisch vermogen van 2.245.000 kWe aan kwalitatieve WKK opgesteld in Vlaanderen. Dit vermogen is meer dan het vermogen van twee grote kerncentrales. WKK produceert hiermee maar liefst 20,5 % van alle elektriciteit die in Vlaanderen verbruikt wordt.

Zoals in Figuur 13 te zien is, wordt dit vermogen grotendeels vertegenwoordigd door verschillende grote WKK-installaties in de industrie op basis van turbines (gasturbines, stoomturbines en STEG's). Echter, het merendeel van de installaties in Vlaanderen zijn inwendige verbrandingsmotoren. Het aantal micro-WKK-installaties in 2016 bedroeg volgens de officiële cijfers slechts 134 installaties met een totaal elektrisch vermogen van 1.600 kWe. Dit is het segment waar nog het grootste potentieel te vinden is. Figuur 14 geeft een overzicht van enkele typische sectoren waar WKK's geïnstalleerd zijn met het bijhorende vermogensbereik.



Figuur 13: Het geïnstalleerd vermogen aan WKK in Vlaanderen door de jaren heen.



Figuur 14: Verschillende toepassingen van WKK met verschillende vermogens.

Uit een nota van COGEN van begin 2018 blijkt dat er in België nog een onbenut potentieel is van 1750 MW_e aan WKK projecten, waarvan 400 MW_e in de residentiële en kleine professionele markt (zie Figuur 15).

	Aantal	Vermogen (MW)	Energie- (of kracht) productie (GWh)	Draaiuren (h)	Uitgespaarde primaire energie (GWh)	Potentieel (MW)
Wallonië (2015)	194	396	2276	5747	650	400
Brussel (2016)	145	38	150	3950		150
Vlaanderen (2016)	683	2245	12585	5615	10709	800
België	1022	2679	15011		11359	1350
Potentieel voor kleinere vermogens (residentieel, KMO, ...)						400
Totaal potentieel						1750

Figuur 15: Overzicht van en potentieel aan WKK vermogen in Vlaanderen, Wallonië, Brussel en België.

4. WKK-technologieën

Het principe van warmte-krachtkoppeling is mogelijk met verschillende technologieën, elk met hun eigen karakteristieken en toepassingsgebieden. Zo bestaan er turbines, verbrandingsmotoren, stirlingmotoren, brandstofcellen en microturbines.

4.1. Turbines

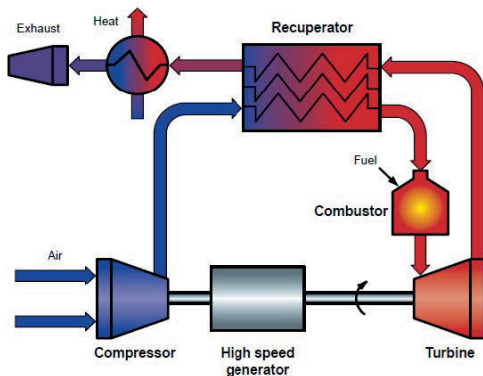
Men kan twee soorten turbinetechnologieën onderscheiden, namelijk de gasturbines en de stoomturbines. De gasturbines gebruiken hete verbrandingsgassen (+/- 1100°C) om de turbine aan te drijven. Na de turbine hebben deze verbrandingsgassen nog een temperatuur van 400 à 600°C waardoor deze gebruikt kunnen worden om stoom te maken in een recuperatiestoomketel. In een stoomturbine wordt stoom op hoge druk gebruikt om arbeid te leveren, waarna stoom op lage druk aan het einde van de turbine overblijft. In beide gevallen kan de stoom vervolgens gebruikt worden in een industrieel proces. De turbine drijft meestal een generator aan waarmee elektriciteit geproduceerd wordt. Wanneer de stoom van een gasturbine gebruikt wordt voor het aandrijven van een stoomturbine spreken we van een STEG (stoom- en gascentrale). Dit levert een hogere elektriciteitsproductie op, maar ook een veel lagere warmteproductie.

Turbines kunnen warmte produceren op een hoge temperatuur (> 100°C) en zijn beschikbaar in voornamelijk grote vermogens. Hierdoor worden ze meestal gebruikt voor industriële toepassingen.



*Figuur 16:
Industriële WKK met
een gasturbine en
recuperatiestoomketel.*

Een micro-turbine is in principe een kleine gasturbine (vermogens van 1 tot 250 kW). Bij micro-turbines wordt veelal gebruik gemaakt van een recuperator om een voldoende hoog elektrisch rendement te behalen. Hierbij wordt de lucht voor de verbrandingskamer voorverwarmd d.m.v. de hete uitlaatgassen. (Figuur 17)

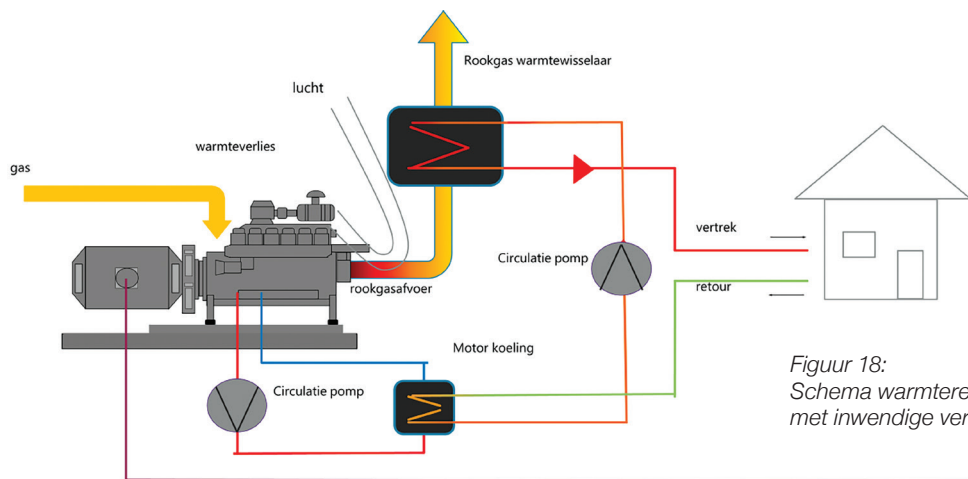


Figuur 17:
Schema van een WKK met micro-turbine.

4.2. Verbrandingsmotor

De inwendige verbrandingsmotor wordt gebruikt in heel wat alledaagse toepassingen: wagens, generatoren, schepen, ... In een verbrandingsmotor komt door verbranding van een brandstof warmte vrij die tijdens een kringproces door de motor wordt benut om arbeid te verrichten. Hiermee wordt een generator aangedreven die elektriciteit produceert. Verschillende warmtewisselaars recupereren daarnaast warmte uit de thermische circuits die instaan voor de koeling van de motor (en eventueel de generator). Bij de grotere motoren betreft dit de motorolie, koelwater en de koeling van de turbo('s). Bij kleinere motoren is dit meestal beperkt tot de warmte van het koelwater. Daarnaast zit er nog veel warmte in uitlaatgassen van de motor die gerecupereerd wordt via een uitlaatwarmtewisselaar.

Verbrandingsmotoren zijn beschikbaar in een breed gamma vermogens, van de grootteorde van enkele kilowatt tot 10-tallen megawatt.



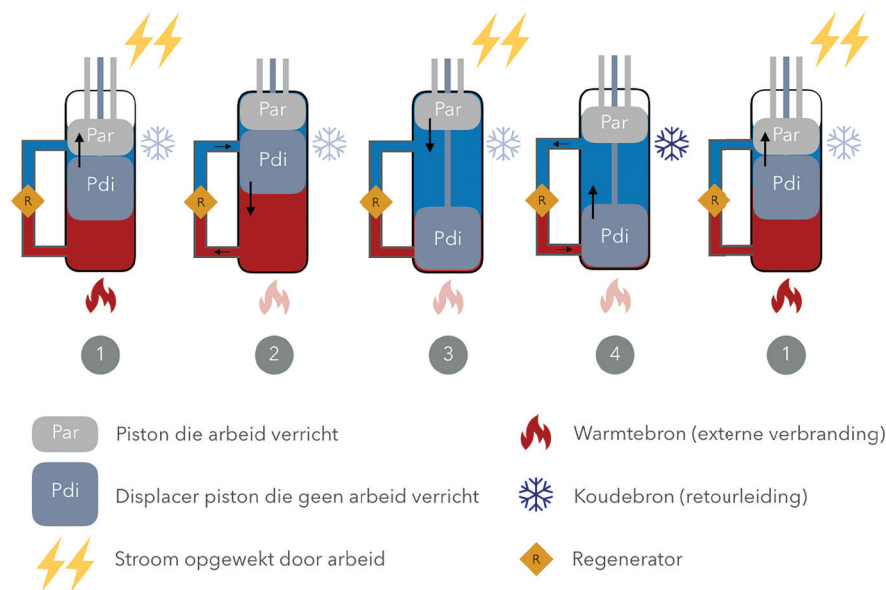
Figuur 18:
Schema warmterecuperatie WKK met inwendige verbrandingsmotor.

Inwendige verbrandingsmotoren hebben een elektrisch rendement van 30-45% en een thermisch rendement van 40-65%. Ze zijn geschikt voor veel toepassingen met een variërende behoefte en hebben als voordelen een grote beschikbaarheid, relatief goedkope investeringskost en brede brandstofmogelijkheden. In vergelijking met andere technologieën hebben ze wel een relatief hogere onderhoudskost en een hogere NOx-emissie.

Alles samen zijn ze geschikt voor veel toepassingen, niet alleen in de glastuinbouw maar ook in de industrie, commerciële sector, tertiaire sector en gebouwen bij vraag naar (sanitair) warm water en verwarming.

4.3. Stirlingmotor

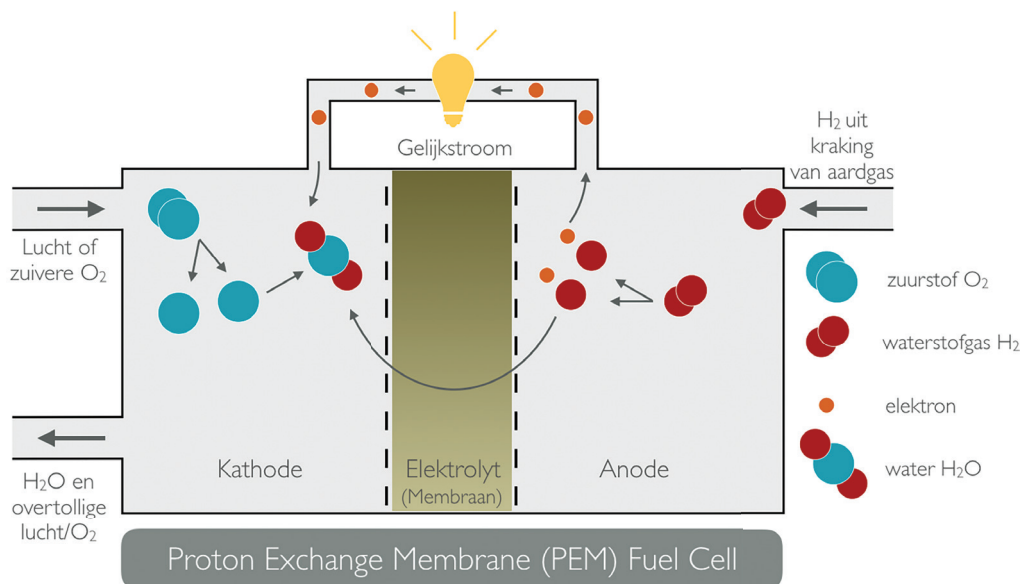
De Stirlingmotor werkt volgens het principe van één of meerdere cilinders met een vast volume gas dat langs één zijde opgewarmd en langs een andere zijde afgekoeld wordt. Hierdoor zet dit gas uit of krimpt het in bij opeenvolgende cyclussen waardoor een zuiger in de cilinder heen en weer wordt bewogen. Een displacer zorgt er voor dat het gas telkens naar de andere zijde verschoven wordt zodat de beweging zich kan blijven herhalen. Terwijl het gas verplaatst wordt van de warme zijde naar de koude zijde en omgekeerd, wordt er respectievelijk warmte afgegeven en opgenomen in een regenerator. Vermits de efficiëntie van de regenerator bepaalt hoeveel warmte er in de volgende cyclus toegevoegd of onttrokken moet worden, zal deze grotendeels de efficiëntie van de Stirlingmotor bepalen. De beweging van de zuiger drijft een elektrische generator aan. Doordat de verbranding uitwendig gebeurt, kan de technologie in principe gebruik maken van quasi alle brandstoffen. De technologie vergt weinig onderhoud, veroorzaakt lage emissies, beperkte trillingen en lawaaihinder en heeft goede prestaties bij deellast. Stirlingmotoren zijn enkel beschikbaar voor kleine vermogens van enkele kW'en.



Figuur 19: De werking van de Stirlingmotor.

4.4. Brandstofcel

Een brandstofcel is een systeem dat via een elektrochemisch proces waterstof en zuurstof omzet in elektrische energie zonder tussenstappen van verbranding en mechanische arbeid. Door deze rechtstreekse omzetting behaalt de technologie zeer hoge elektrische rendementen. Bij deze reactie komt warmte vrij. Waterstof wordt meestal in de WKK-module geproduceerd in een reformer door een reactie van stoom met aardgas.



Figuur 20: Werking Proton Exchange Membrane brandstofcel.

Figuur 20 illustreert de werking van de brandstofcel. Aan de ene zijde wordt zuurstof in de cel gebracht, aan de andere zijde waterstofgas. Het waterstofgas beweegt zich naar de anode waar het opgesplitst wordt in elektronen en protonen. De protonen bewegen door het elektrolyt naar de kathode. De elektronen bewegen door een geleider en vormen op die manier elektrische stroom (gelijkspanning). In de kathode komen de elektronen terug aan, samen met de protonen en de zuurstof. Via een chemische reactie wordt hieruit water gevormd. De gelijkspanning wordt door een DC/AC-omvormer omgezet in een wisselspanning.

De meest gekende types zijn de PEM (Polymer Elektrolyt Membrane) brandstofcel, waarbij het elektrolyt bestaat uit een vast membraan van polymeer dat gespannen wordt tussen twee poreuze elektroden, met platina als katalysator, en de SOFC (Solid Oxide Fuel Cells), waarbij gebruik wordt gemaakt van een keramisch materiaal als elektrolytische laag.

De SOFC-brandstofcel werkt op hoge temperatuur wat zorgt voor een trage opstartsnelheid waardoor frequente start-stops niet mogelijk zijn. SOFC's hebben een zeer hoge elektrische efficiëntie (tot 60%) en leveren relatief veel elektriciteit in verhouding tot de warmte. De PEM-brandstofcel werkt op lage temperatuur, met als voordeel dat start-stops (bijvoorbeeld dag-nacht) mogelijk zijn. PEM-brandstofcellen hebben een efficiëntie tot 37%.

De brandstofcel zelf is zeer modulair waardoor WKK's op basis van brandstofcellen in principe geproduceerd kunnen worden in een zeer breed gamma van vermogens.

4.5. Samenvatting van de technologieën

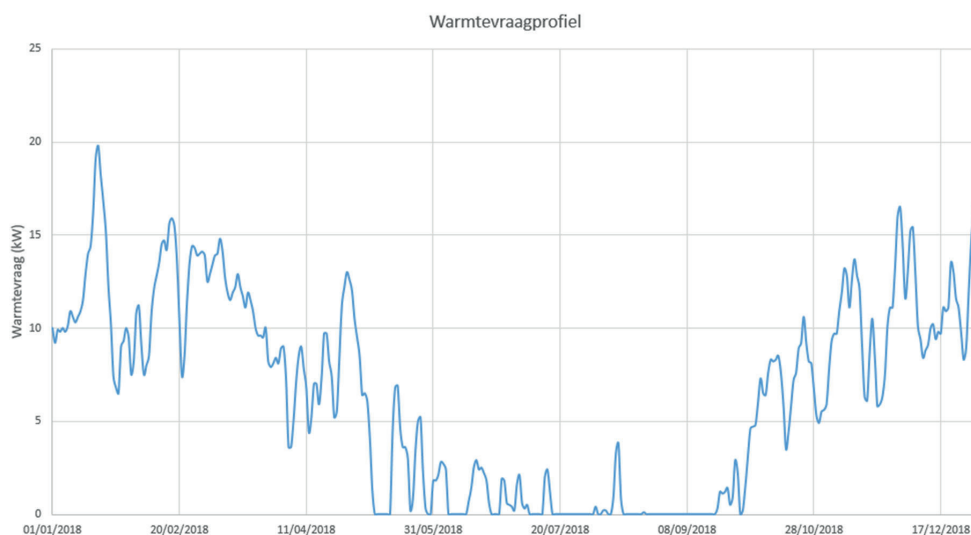
Technologie	kWth/kWe	Brandstof
Verbrandingsmotor	Warmte > elektriciteit	Gas, vloeibare fossiele brandstoffen, vloeibare bio-brandstoffen
Stirlingmotor	Warmte >> elektriciteit	Gas, vaste bio-brandstoffen
PEM-brandstofcel	Warmte = elektriciteit	Gas
SO-brandstofcel	Warmte < elektriciteit	Gas

5. Invulling van een warmtevraag door een WKK

5.1. Warmtevraagprofiel en jaarbelastingsduurcurve

De overweging om in een WKK te investeren vertrekt steeds vanuit de nood om een lokale warmtevraag op een duurzame wijze in te vullen. De inschatting van de haalbaarheid van een WKK start bijgevolg bij het onderzoeken van de warmtevraag van de potentiële klant. Hierbij is het belangrijk eerst de regels van de Trias Energetica te respecteren (zie hoofdstuk 2.1). Ga daarom na of de klant al voldoende geïsoleerd heeft (stap 1: reduceren van de energievraag). Het is belangrijk om rekening te houden met deze stappen omdat deze impact zullen hebben op de dimensionering en de haalbaarheid van het WKK-project.

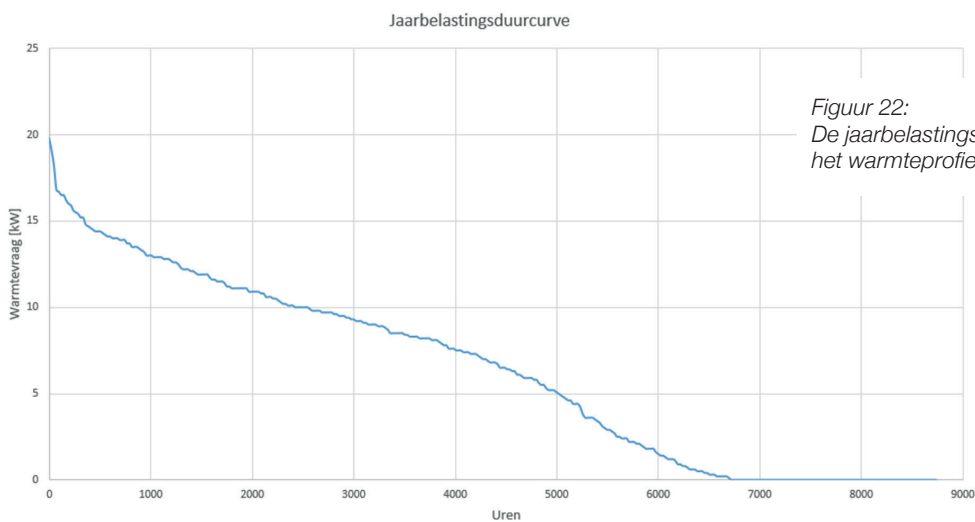
Voor een correcte dimensionering is een gedetailleerd warmtevraagprofiel in functie van de tijd belangrijk. Hoe beter men de energievraag in functie van de tijd kan specificeren, des te betrouwbaarder de inschatting van het vermogen van de WKK-installatie. Men kan de warmtevraagprofielen achterhalen via metingen, analyse van energiefacturen, a.d.h.v. typeprofielen of kengetallen. De eerste manier is het beste maar is kostelijk en tijdrovend. De andere methodes zijn schattingen die steeds minder betrouwbaar zijn. Bij grotere WKK-projecten neemt men meestal zijn toevlucht tot een meetcampagne van enkele weken en een analyse van de energiefacturen, wanneer het gaat om een bestaande toepassing. Bij nieuwe gebouwen zal men zich moeten baseren op simulaties.



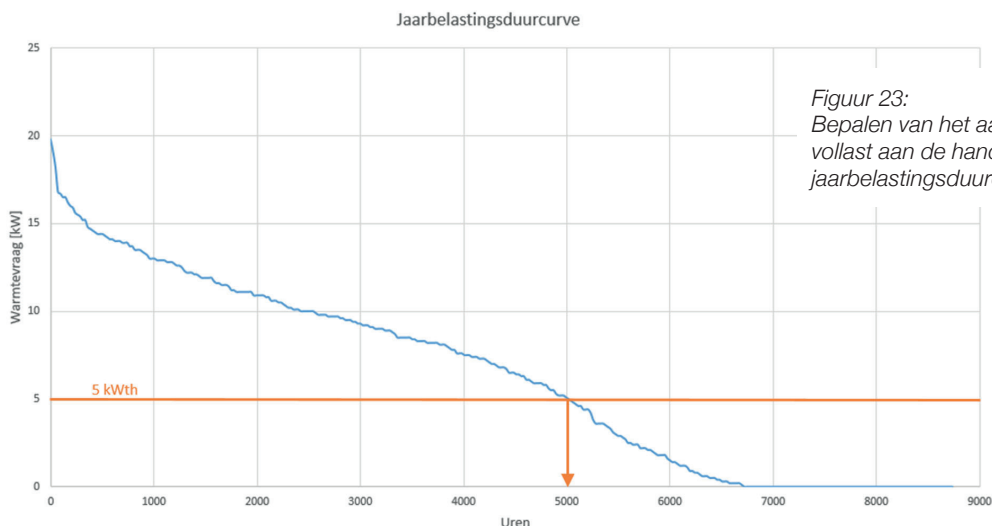
Figuur 21: Een voorbeeld van de warmtevraag over een heel jaar.

Figuur 21 geeft het warmteprofiel van een gebouw weer van een bepaald jaar. Dergelijke warmteprofielen geven de warmtevraag chronologisch weer. Op de horizontale as leest men het moment van het jaar af, op de verticale as vindt men dan de bijhorende warmtevraag.

Een warmteprofiel op zich kan moeilijk gebruikt worden voor de dimensionering van een WKK. Daarom stelt men dezelfde gegevens meestal voor in een jaarbelastingsduurcurve. Om deze curve te bekomen wordt het warmteprofiel van grote naar kleine warmtevraag gerangschikt. Op de horizontale as worden de uren van een jaar weergegeven.



Een jaarbelastingsduurcurve kan gebruikt worden om af te lezen hoe veel uren per jaar een bepaalde WKK aan maximaal vermogen kan draaien. Er wordt een horizontale lijn getrokken op een hoogte die op de verticale as overeenkomt met het vermogen van de WKK. Waar deze horizontale lijn de jaarbelastingsduurcurve snijdt leest men op de horizontale as af hoe veel uren de WKK op vol vermogen kan draaien.



5.2. Logica dimensionering WKK

De dimensionering van een WKK is verschillend ten opzichte van andere warmteopwekkers zoals bijvoorbeeld ketels.

5.2.1. Energietransport

De WKK wekt tegelijkertijd elektriciteit en warmte op, bij de meeste technologieën volgens een bepaalde verhouding. Een bedrijf heeft elektriciteit en warmte nodig, vrijwel altijd met een variërende behoefte en wisselende verhoudingen. De dimensionering van een WKK zal hiermee rekening moeten houden. De overtollige/tekortkomende energiebehoefte zal geëxporteerd of geïmporteerd moeten worden. Er zijn echter technische verschillen tussen beide energievormen. Transport van warmte vraagt hoge investeringskosten voor de aanleg van geïsoleerde warmteleidingen in vergelijking met het transport van elektrische energie via het distributienetwerk. Daarnaast zijn de verliezen van transport van warmte over lange afstanden in vergelijking met die van elektriciteit groot. Bijgevolg dient men bij de dimensionering van een WKK deze op de lokale warmtevraag te dimensioneren, waarbij de bijkomende/overtollige elektriciteit via het bestaande net geïmporteerd/geëxporteerd kan worden. Gezien nuttig gebruik van de warmte belangrijk is, zal de WKK niet meer warmte produceren dan wat (lokaal) nodig is.

5.2.2. Optimale werking WKK

Bijkomend werkt een WKK het meest optimaal indien deze gedurende een lange tijd op vollast kan werken. Deellastwerking is (beperkt) mogelijk, maar het elektrisch rendement daalt daarbij. Dit wordt grotendeel wel gecompenseerd door een stijging van het thermisch rendement. Daarnaast zijn de onderhoudskosten (van een verbrandingsmotor) constant per draaiuur, onafhankelijk van vollast of deellast werking. Bij een dalende elektriciteitsproductie zullen de onderhoudskosten per eenheid geproduceerde elektriciteit (€/kWh) toenemen.

Het veelvuldig starten en stoppen van de WKK is voor de meeste technologieën niet aan te raden. Bij elke start zal het enige tijd duren voor de WKK optimaal werkt en dit heeft bijgevolg een impact op de efficiëntie. Bijkomend zal, omdat de WKK bij een start of stop niet op de optimale bedrijfstemperatuur werkt, het toestel meer last hebben van thermische stress en bijgevolg sneller verslijten.

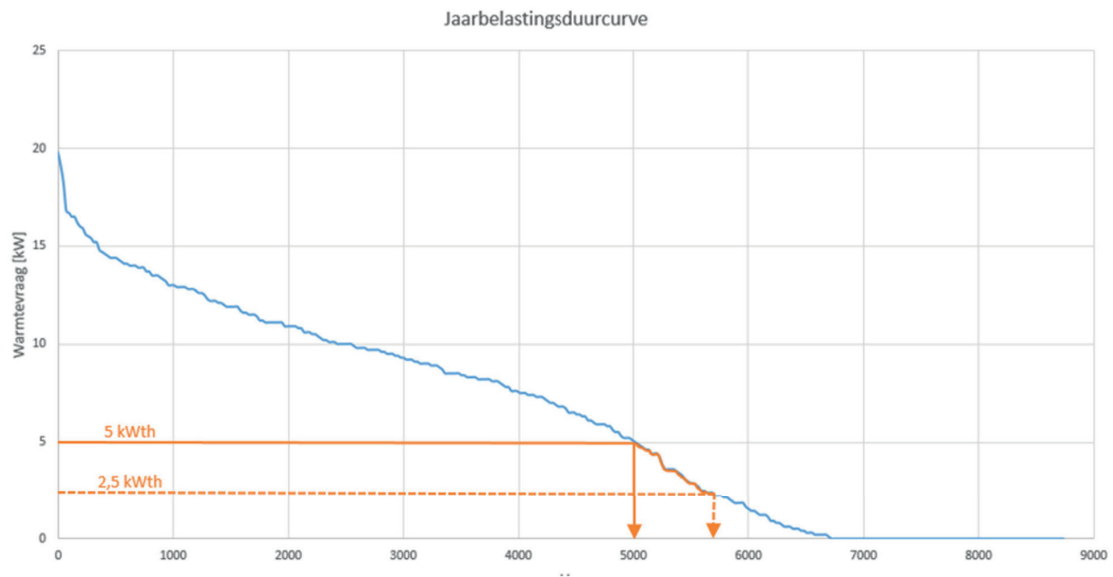
Hieruit kunnen we concluderen dat een WKK bij voorkeur continu werkt op zijn maximaal vermogen. De WKK zal bijgevolg de basiswarmtevraag van het gebouw/proces invullen.

5.3. Invulling van de warmtevraag door WKK

Een WKK-installatie is slechts één onderdeel van de gehele stookinstallatie. Meestal wordt deze gecombineerd met een buffer en ketel. Elk onderdeel zal een bepaalde functie vervullen bij het invullen van de warmtevraag. Dit wordt toegelicht aan de hand van onderstaande jaarbelastingduurcurve.

5.3.1. WKK (met eventueel deellastwerking)

Zoals reeds besproken in paragraaf 5.2 zal een WKK de basis van een warmtevraag invullen waarbij de WKK bij voorkeur op maximaal vermogen werkt. Desalniettemin kan een WKK een lagere warmtevraag invullen dan zijn maximaal vermogen door op deellast te werken. In de jaarbelastingduurcurve vertaalt zich dat als een lijn die de curve volgt tot aan het kleinste vermogen dat de WKK nog kan leveren, dus de ondergrens van de deellast werking.

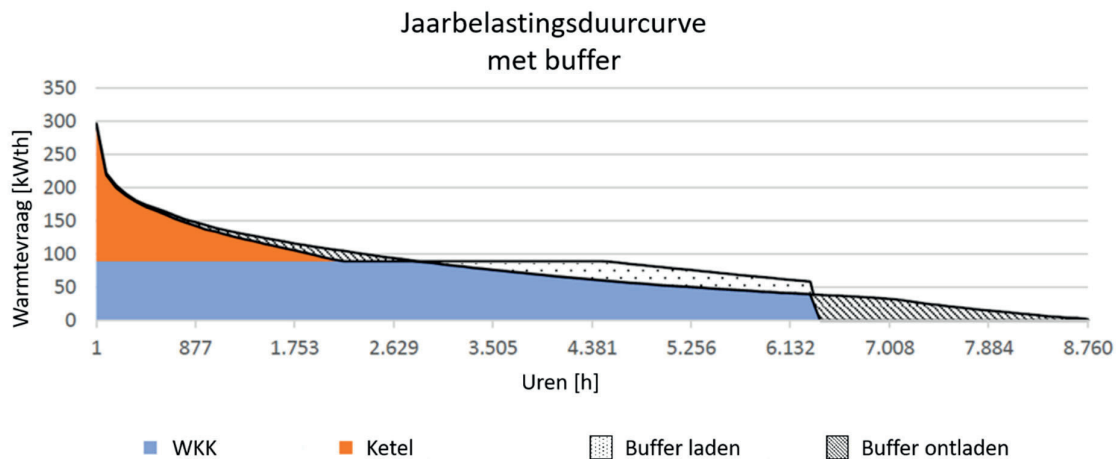


Figuur 24: Bepalen van het aantal uren vollast en deellast aan de hand van de jaarbelastingduurcurve. Deze WKK zal 5000 uur per jaar in vollast draaien en ongeveer 700 uur in deellast. In totaal zal deze WKK per jaar ongeveer 5700 uur draaien.

5.3.2. Warmtebuffering

Buffering is een belangrijk element bij het dimensioneren van een WKK. Buffering kan een oplossing bieden om bij lage warmtebehoefte de WKK langer te laten draaien waardoor het aantal keer dat de WKK per dag moet opstarten kan verminderen (Figuur 25). Dat is goed voor de levensduur en de efficiëntie en vermindert de onderhoudskosten van een WKK. In beperkte mate kan deze ook helpen om een deel van de piekvraag te leveren. De winst moet opwegen tegen de meerkost van de buffering. Om

dit te kunnen beoordelen heeft men het verloop van de warmte- en elektriciteitsvraag in functie van de tijd nodig. In het algemeen wordt buffering wel aangeraden bij WKK. Sommige producenten voorzien een geïntegreerde buffer in hun toestellen, bij andere moet een buffer apart bijgeplaatst worden.



Figuur 25: Het gebruik van een buffer voor het verlengen van de draaiuren en het invullen van de vraag onder het minimum vermogen van de WKK.

5.3.3. Het dimensioneren van een buffer

Voor de ideale dimensionering van een buffer in functie van het maximaal aantal starts per dag moet men over volgende gegevens beschikken:

- Maximum aantal start/stops per dag (#S/S) (zie Tabel 1)
- Ontwerptemperatuur in het bovenste en het onderste deel van het buffervat (T_{boven} en T_{onder})
- Minimale thermische vermogen van de WKK (onderste modulatiegrens, Q_{min})

De formule voor dimensionering van de buffer (in liter) wordt dan:

$$\text{Volume}_{\text{buffer}} = \frac{\frac{24}{\#S/S}}{1,163 \cdot (T_{\text{boven}} - T_{\text{onder}}) \cdot \frac{4}{Q_{\text{min}}}} \cdot 1000$$

In praktijk wordt vaak een vuistregel gebruikt waarbij de warmte-inhoud van een buffer overeen moet komen met wat de WKK maximaal kan produceren gedurende bv. één uur draaien.

In praktijk wordt vaak een vuistregel gebruikt waarbij de warmte-inhoud van een buffer overeen moet komen met wat de WKK maximaal kan produceren gedurende bv. één uur draaien.

Technologie	Maximum starts per dag
Verbrandingsmotor	3 tot 6
Stirlingmotor	hoog
PEM-brandstofcel	1
SO-brandstofcel	<< 1

Tabel 1:
Maximum aantal starts per dag
voor enkele WKK technologieën.

Voor een verbrandingsmotor WKK (max 4 starts) met een temperatuursregime van de buffer van 60-40°C geldt volgende tabel:

Q_{\min}	Volume buffer
10 kWth	650 l
15 kWth	1000 l
20 kWth	1300 l
30 kWth	2000 l

5.3.4. Ketel

In heel wat gevallen zal de WKK met de buffer niet volstaan om de warmtevraag te volgen. Dan moet men een ketel voorzien om de pieken op te vangen. Indien de buffer niet optimaal gedimensioneerd is, zal de ketel ook gebruikt worden om de lage belastingente dekken, waardoor het aantal starts van de WKK beperkt wordt. Deze ketel doet daarnaast ook dienst als back-up wanneer de WKK niet beschikbaar is door bijvoorbeeld onderhoud.

5.3.5. Elektriciteitsvraag

Het vermogen van de WKK wordt altijd bepaald op basis van de warmtevraag. WKK's mogen nooit gedimensioneerd worden op de elektriciteitsvraag. Als een WKK zijn warmte niet kwijt kan zal deze stoppen met draaien en bijgevolg ook geen elektriciteit meer leveren. Dat maakt dat nuttig en lokaal gebruik van warmte, eventueel met een (klein) warmtenet, cruciaal zijn voor de rentabiliteit van het systeem. Het lokale verbruik van de geproduceerde elektriciteit zorgt meestal wel voor een goede financiële return. Daarom is het ook belangrijk om na te gaan dat zo veel mogelijk geproduceerde elektriciteit door de klant zelf verbruikt kan worden.

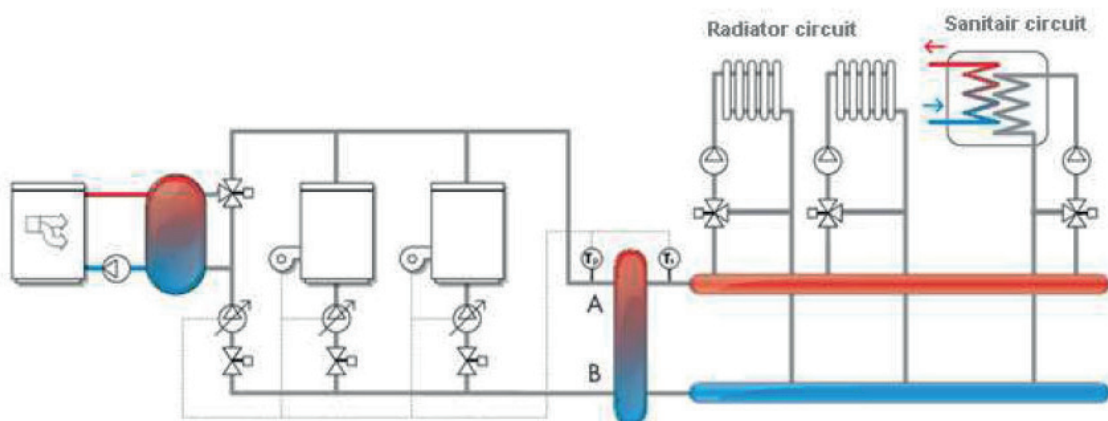
5.4. Enkele hydraulische voorbeelden

Er zijn verschillende mogelijkheden qua de hydraulische inkoppeling van de WKK in de verwarmingsinstallatie. Dit zal afhankelijk zijn van het vermogen van de WKK en de andere warmte-opwekkers. Hieronder worden verschillende voorbeelden besproken. Best volgt men het advies van de (ketel- en) WKK-fabrikant.

5.4.1. Parallel

In deze opstelling (Figuur 26) staat de WKK in parallel met de secundaire warmtebron, in dit geval 2 ketels. De WKK is hydraulisch ontkoppeld via een buffervat om geen interferentie te hebben van de debieten en temperaturen in de hoofdkring. Deze opstelling kent echter vaak problemen met de regeling tussen de WKK en de ketels. In principe zouden de ketels pas mogen bijspringen indien de buffer volledig leeg is. Hierbij is de temperatuur aan de uitgang van de buffer gelijk aan deze van de retour van de centrale verwarming. In de praktijk bestaat de kans dat deze ketels te snel zullen bijspringen. Als het vermogen van de ketels vele malen groter is dan het vermogen van de WKK, riskeert men dat van zodra deze ketels bijspringen het hele CV-systeem opgewarmd wordt. Zo wordt de retourtemperatuur te hoog en de retour van de ketels warmen de buffer op in plaats van de WKK. Hier krijgt de WKK warm water van de buffer en start deze niet meer op.

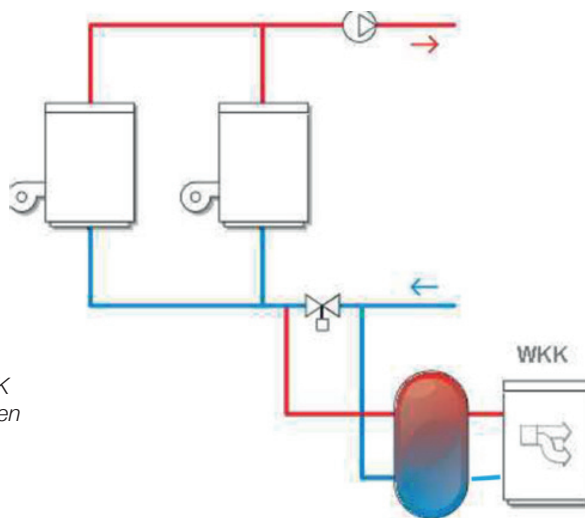
Hoewel in theorie dit de meest efficiënte combinatie zou kunnen zijn, wordt deze, door de moeilijke regeling weinig toegepast.



Figuur 26: Parallel opstelling van een WKK en secundaire warmtebronnen.

5.4.2. Serie

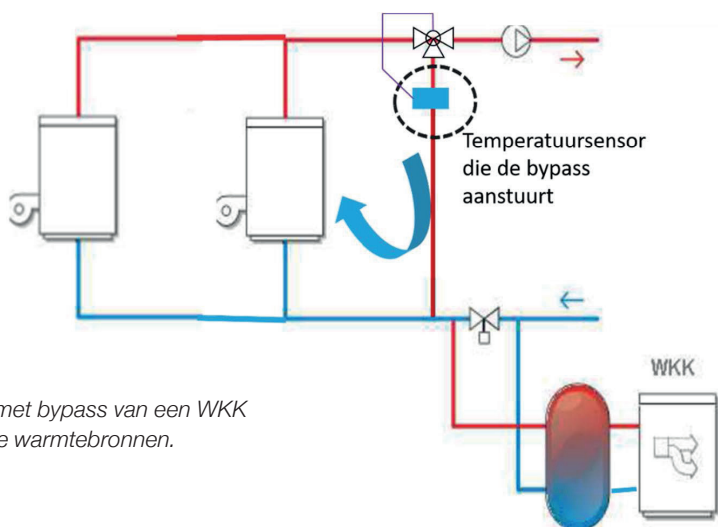
In deze opstelling (Figuur 27) staat de WKK in serie met de secundaire warmtebronnen, ook weer via een buffervat. De WKK warmt de retour op van de ketels. Het nadeel hiervan is dat een condenserende ketels minder in condensatiemodus zullen kunnen werken. Daarbij zal dit bijkomende verliezen opleveren als de ketels niet werken doordat de warmte van de WKK door de ketels moet gaan. In geval dat het thermisch vermogen van de WKK veel kleiner is dan dat van de ketels is dit vanwege de eenvoud van de configuratie een prima oplossing.



Figuur 27:
Serie opstelling van een WKK
en secundaire warmtebronnen

5.4.3. Serie met bypass

Deze opstelling (Figuur 28) is bijna hetzelfde als Figuur 27, maar er is een bypass toegevoegd. Deze bypass zal inschakelen als de WKK de volledige energievraag kan dekken. Op die manier moet het debiet niet meer over de ketels passeren en zijn er lagere druk- en warmteverliezen.



Figuur 28:
Serie opstelling met bypass van een WKK
en de secundaire warmtebronnen.

5.5. Aandachtspunten hydraulisch

5.5.1. Zonder warmtevraag stopt de WKK

Een WKK die geen warmte meer kan afgeven zal stilvallen. Een interne verbrandingsmotor zal zichzelf bijvoorbeeld niet meer kunnen koelen en dus genoodzaakt zijn om uit te schakelen. Het kan zijn dat dit gebeurt op dagen met minieme warmtevraag wanneer de buffer al vol is. Het is daarom belangrijk een WKK nooit te groot te dimensioneren en om een voldoende groot buffervat te installeren.

5.5.2. Bij te hoge retourtemperatuur stopt de WKK

Een WKK die geen warmte meer kan afgeven zal stilvallen. Een interne verbrandingsmotor zal zichzelf bijvoorbeeld niet meer kunnen koelen en dus genoodzaakt zijn om uit te schakelen. Het kan zijn dat dit gebeurt op dagen met minieme warmtevraag wanneer de buffer al vol is. Het is daarom belangrijk een WKK nooit te groot te dimensioneren en om een voldoende groot buffervat te installeren.

5.5.3. Efficiëntie stijgt bij lagere retourtemperatuur

Een lage retourtemperatuur van het afgiftesysteem kan een positief effect hebben op de efficiëntie van een WKK (met condensor). Kies daarom de WKK niet te groot, dan is er voldoende afname en dus een voldoende daling in retourtemperatuur. Een lage retourtemperatuur laat ook toe om condenserende WKK-installaties te gebruiken. Zo wordt maximaal warmte onttrokken uit de rookgassen en stijgt de efficiëntie.

5.5.4. Zorg voor een correcte samenwerking tussen de WKK en de piekketel

De WKK moet zo veel mogelijk in vollast kunnen draaien. Zo bespaart de klant het meeste energie en produceert hij het meeste elektriciteit. Het gevaar bij WKK-installaties is echter dat de piekketel, wanneer deze opspringt, de WKK wegdukt zodat deze niet meer in vollast kan werken of zelfs uitvalt. Dat kan verschillende oorzaken hebben: de ketel neemt debiet af van de WKK of de ketel zorgt voor een retourtemperatuur hoger dan de maximale retourtemperatuur van de WKK. Het is daarom essentieel dat de installatie zodanig ontworpen en gestuurd wordt dat dit niet gebeurt.



6. Elektrische inpassing

6.1. Lokale productie $\leq 10\text{kVA}$: vereenvoudigde installatieprocedure

Voorwaarde om gebruikt te maken van deze vereenvoudigde installatieprocedure is dat het schijnbaar vermogen van het geheel van de productie-installaties (WKK en/of PV) en batterijen kleiner of gelijk is aan 5 kVA voor een enkelfasige aansluiting (230 V) en kleiner of gelijk is aan 10 kVA voor een driefasige aansluiting (400 V). Een overzicht van de limieten voor de vereenvoudigde procedure tot aansluiting is opgesomd in Tabel 2.

	Aansluiting op het laagspanningsdistributienet	Aansluiting op het hoogspanningsdistributienet	
	Elektriciteitsproductie-installatie met een enkelfasige aansluiting op het distributienet	Elektriciteitsproductie-installatie met een driefasige aansluiting op het distributienet	
Vlaanderen	$\leq 5 \text{ kVA}$	Totaal $\leq 10 \text{ kVA}$ + onevenwicht $\leq 5 \text{ kVA}$	$\leq 10 \text{ kVA}$
Wallonië	$\leq 5 \text{ kVA}$	Totaal $\leq 5 \text{ kVA}$	$\leq 5 \text{ kVA}$
Brussels Hoofdstedelijk Gewest	$\leq 5 \text{ kVA}$	Totaal $\leq 10 \text{ kVA}$ + onevenwicht $\leq 5 \text{ kVA}$	$\leq 10 \text{ kVA}$

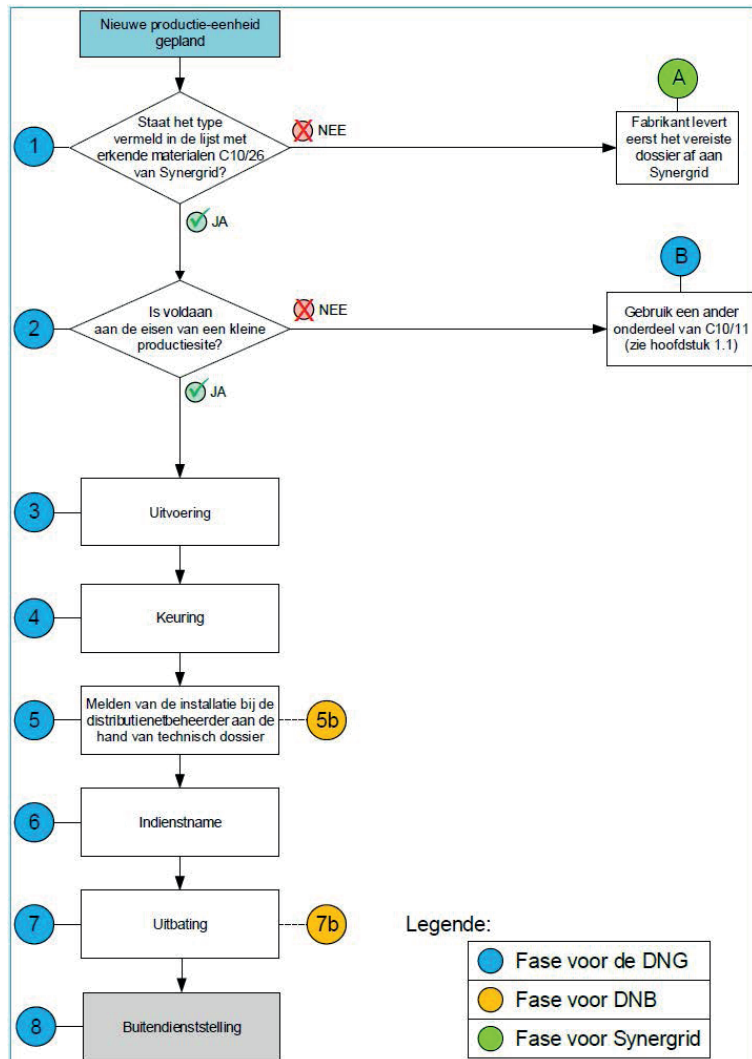
Tabel 2: Overzicht limieten voor vereenvoudigde toestemming tot aansluiting.

Het proces vanaf het plannen van een nieuwe elektriciteitsproductie-installatie tot de werkelijke indienstname, en finaal ook de buitendienststelling, is schematisch weergegeven in Figuur 29. Dit proces is gebaseerd op de verplichting van de eigenaar van de elektriciteitsproductie-eenheid om deze te melden bij de DNB alvorens parallel te werken met het distributienet. Er is dus geen voorafgaande toelating vereist van de DNB. Bijgevolg kan, indien aan een aantal voorwaarden is voldaan, dit proces volledig afgehandeld worden door de distributienetgebruiker (DNG) zonder interventie van de distributienetbeheerder (DNB). Het proces, inclusief de meldingsplicht, dient toegepast te worden voor iedere elektriciteitsproductie-eenheid afzonderlijk.

De afzonderlijke stappen zijn de volgende:

1. Nagaan of de elektriciteitsproductie-eenheid is opgenomen in de lijst C10/26 die op de pagina 'Gehomologeerde materialen' gepubliceerd is op de website www.synergrid.be. Indien het type van de geplande elektriciteitsproductie-eenheid (nog) niet is opgenomen in deze lijst, mag de vereenvoudigde procedure van C10/11 LV1 niet worden toegepast.
2. Nagaan of de vereenvoudigde procedure gebruikt mag worden op basis van de voorwaarden in Tabel 2.

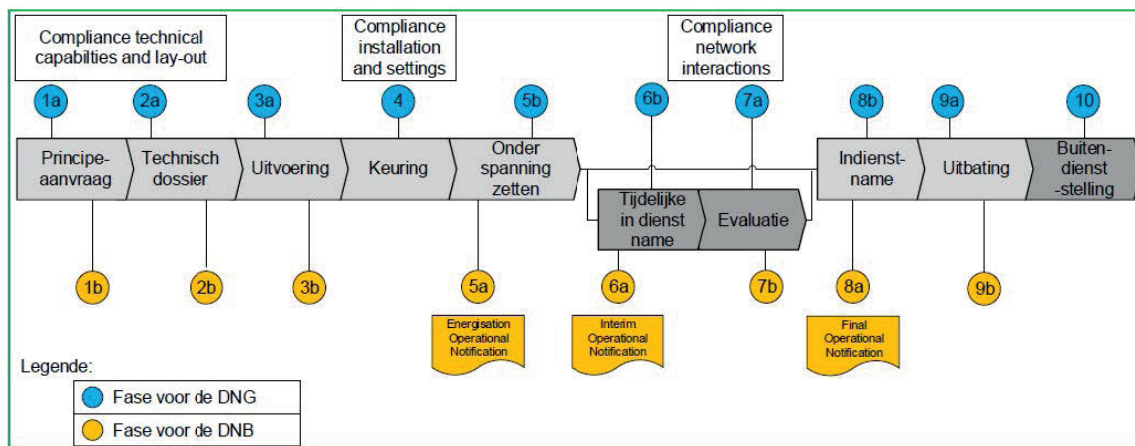
3. Installatie van de productie-installatie volgens de vereisten van Synergrid C10/11
4. Keuring door een erkend controleorganisme of de productie-installatie voldoende aan de voorschriften van het AREI
5. Melding van de productie-installatie aan de netbeheerder waarbij de nodige documenten overgemaakt worden: ééndraadsschema, verklaring op eer van de installateur over de parameterinstellingen van het automatisch scheidingsstelsel, keuringsverslag, conformiteitsverklaring zoals beschikbaar is in de lijst C10/26.
6. Indienstname: het correct doorlopen van de procedure geldt als toelating van de DNB om de elektriciteitsproductie-eenheid aan te sluiten op het distributienet. De installatie kan in dienst genomen worden zonder expliciete, geschreven toelating van de DNB.
7. Uitbating: de elektriciteitsproductie-installatie dient beheert te worden in overeenstemming met de C10/11. Iedere wijziging aan de elektriciteitsproductie-installatie dient dan ook, samen met de nodige documentatie, schriftelijk overgemaakt te worden aan de DNB. Bij een uitbreiding van het maximaal vermogen, moet de procedure van indienstname gevolgd worden.
8. Buitendienststelling: wanneer een elektriciteitsproductie-eenheid op definitieve wijze buiten dienst gesteld wordt, moet dit schriftelijk gemeld worden aan de netbeheerder binnen 5 werkdagen.



Figuur 29: Proces voor de indienstname van een elektriciteitsproductie-installatie.

6.2. Lokale productie WKK > 10 kVA

Alvorens de elektriciteitsproductie-installatie volledig in dienst te nemen en parallel te laten werken met het distributienet, moet de DNG beschikken over een door de DNB afgeleverde schriftelijke toestemming. Deze toestemming, onder de vorm van een Final Operational Notification, is vereist voor elke elektriciteitsproductie-eenheid afzonderlijk. Het proces vanaf het plannen van een nieuwe elektriciteitsproductie-installatie tot de werkelijke indienstname, en finaal ook de buitendienststelling, is schematisch weergegeven in Figuur 30.



Figuur 30: Proces voor indienstname van ene elektriciteitsproductie-installatie.

De afzonderlijke stappen zijn de volgende:

1. Nagaan of de elektriciteitsproductie-eenheid gehomologeerd is en bijgevolg opgenomen in de relevante lijst die op de pagina 'Gehomologeerde materialen' gepubliceerd is op de website www.synergrid.be.
2. Principeaanvraag bij de DNB via het gepaste (digitaal) aanvraagformulier dat de DNB beschikbaar stelt op haar website. Elke aanvraag wordt door de DNB afzonderlijk en in functie van de concrete omstandigheden geëvalueerd. Dit gebeurt op basis van onder andere:
 - a. De technische karakteristieken van de elektriciteitsproductie-eenheid (waaronder bijvoorbeeld het maximale vermogen);
 - b. De karakteristieken van de aansluiting van het netwerk van de DNG op het openbaar distributienet;
 - c. De karakteristieken van het openbaar distributienet waarop de elektriciteitsproductie-eenheid parallel zou werken.
3. Technisch dossier: via een digitaal aanvraagformulier worden een aantal technische gegevens (conformiteitsverklaring van de productie-eenheid, aansluitschema, inplantingsschema,

contactgegevens installateur, ...) overgemaakt aan de netbeheerder waarna deze het dossier in functie van de concrete omstandigheden evalueert. Bij aanvaarding, zal de netbeheerder de schriftelijk toelating geven voor de realisatie van het aangevraagde project. De netbeheerder verschaft eveneens de instelwaarden van de beveiligingsapparatuur.

4. Uitvoering: de DNG doet het nodige om de plaatsing van de nieuwe elektriciteitsproductie-installatie te laten uitvoeren in overeenstemming met de door de DNB afgeleverde toelating. Hierbij wordt de netbeheerder op de hoogte gebracht indien de werkelijke realisatie (as built) afwijkt van de informatie opgenomen in het technisch dossier.
5. Keuring waarbij de elektriciteitsproductie-installatie onderworpen wordt aan een AREI-keuring en een keuring van de conformiteit met de aansluitingsvoorschriften van de DNB.
6. Onder spanning zetten (*Energisation Operational Notification*) waarbij de netgebruiker het recht verkrijgt om zijn lokale netwerk en de hulpuitrustingen van de elektriciteitsproductie-eenheid onder spanning te zetten.
7. Tijdelijke indienstname (*Interim Operational Notification*) waarbij de elektriciteitsproductie-eenheid tijdelijk in dienst genomen mag worden. Tijdens deze fase worden verschillende beveiligingsfuncties (netontkoppelbeveiliging, synchronoscoop, ...) gecontroleerd onder toezicht van de DNB.
8. Evaluatie: waarbij netgebruiker de in de Interim Operational Notification bepaalde aanvullende gegevens zal toeleveren aan de netbeheerder.
9. Finale indienstname (*Final Operational Notification*) waardoor de elektriciteitsproductie-eenheid de toelating krijgt om parallel te werken met het distributienet.
10. Uitbating:
 - a. Uitbating door DNG: de elektriciteitsproductie-installatie dient beheerd te worden in overeenstemming met de technische voorschriften C10/11, waarbij de netbeheerder onverwijld op de hoogte gebracht wordt indien de elektriciteitsproductie-installatie (zelfs tijdelijk) niet in overeenstemming is met de voorschriften van C10/11. Iedere wijziging aan de elektriciteitsproductie-installatie dient dan ook, samen met de nodige documentatie, schriftelijk overgemaakt te worden aan de DNB. Bij een uitbreiding van het maximaal vermogen, moet de procedure van indienstname gevolgd worden.
 - b. Controle door DNB: In geval van een vermoeden van niet-conformiteit van een elektriciteitsproductie-installatie van een DNG of van onregelmatigheden op het openbaar distributienet, behoudt de DNB zich het recht voor om op elk ogenblik de goede werking en de uitbatingsmodaliteiten van de elektriciteitsproductie-installatie te controleren of te laten controleren.
11. Buitendienststelling: wanneer een elektriciteitsproductie-eenheid op definitieve wijze buiten dienst gesteld wordt, moet dit schriftelijk gemeld worden aan de DNB binnen 5 werkdagen.

7. Ondersteuningsmechanismen

7.1. Federaal

Op federaal niveau worden een aantal maatregelen voorzien voor het stimuleren van warmte-krachtkoppeling.

Allereerst is er een vorm van investeringssteun: de verhoogde investeringsaftrek. Bedrijven kunnen een bepaald gedeelte van de investering aftrekken van hun belastbare winst. De basisaftrek, die afgelopen jaren typisch 3,5 bedroeg, wordt voor investeringen in energiebesparende maatregelen verhoogd met 10%. De aftrek wordt verricht op de winst van het belastbaar tijdperk tijdens hetwelk de vaste activa zijn verkregen of tot stand zijn gebracht. Voor investeringen in 2018 (inkomsten 2018, aanslagjaar 2019), is er bijvoorbeeld een verhoogde aftrek van 13,5% van toepassing. Bij een aanslagvoet van bijvoorbeeld 29,58% komt dit netto overeen met een ondersteuning van 3,99% ($=13,5\% \cdot 29,58\%$) van de investeringskost. Let wel: enkel investeringen die noodzakelijk zijn voor de werking van de installatie en op exact dezelfde manier en periode worden afgeschreven komen in aanmerking.

Naast deze eenmalige investeringssteun, is er ook een voordeel op het gebied van exploitatie: energieproducten die gebruikt worden in een WKK-installatie zijn **vrijgesteld van accijnzen**. Hiertoe dient het bedrijf wel een vergunning aan te vragen bij de Administrateur-Generaal van de Douane. Op basis van deze vergunning kan de onderneming vervolgens zijn accijnzen terugvorderen. Daarnaast wordt op aardgas ook een vrijstelling verleend op de federale bijdrage voor het deel dat aangewend wordt voor de productie van elektriciteit die geïnjecteerd wordt op het net.

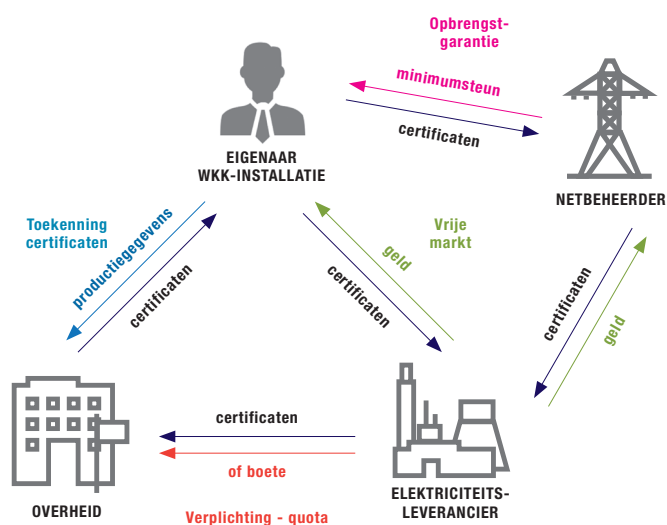
7.2. Vlaanderen

De algemene exploitatiesteun onder de vorm van certificaten wordt op regionaal niveau vastgelegd. Elk van de 3 gewesten heeft een eigen systeem voor steun voor de uitbating van WKK op basis van certificaten. Waar Brussel en Wallonië elk een (vergelijkbaar) systeem hebben waarbij 1 type van certificaten aangewend wordt voor zowel hernieuwbare energie als voor WKK (op basis van CO₂-besparing), kent Vlaanderen twee types van certificaten: groenestroomcertificaten (GSC) en warmte-krachtcertificaten (WKC)

7.2.1. Het certificatenmechanisme

De werking van het certificatenmechanisme wordt getoond in Figuur 31. De overheid geeft aan de eigenaar van een kwalitatieve WKK-installatie warmte-krachtcertificaten voor de primaire-energiebesparing die de installatie realiseert. De eigenaar kan deze verkopen aan een elektriciteitsleveran-

cier. Deze laatste moet immers elk jaar een bepaalde hoeveelheid certificaten inleveren bij de VREG, evenredig met de hoeveelheid elektriciteit die hij leverde, en volgens quota die worden vastgelegd in het Energiedecreet. Indien de leverancier niet voldoende certificaten inlevert, moet hij per ontbrekend certificaat een boete betalen. De eigenaar van de WKK-installatie kan er ook voor kiezen om de certificaten in te dienen bij zijn netbeheerder. Hiervoor krijgt hij dan een **minimumsteun** per certificaat die 31 euro bedraagt. Het certificatenmechanisme is sinds 1 januari 2018 enkel van toepassing voor installaties met een elektrisch vermogen groter dan 10kW.



Figuur 31: De basisprincipes van het certificatenstelsel.

7.2.2. Warmte-krachtbesparing

Om in aanmerking te komen voor WKK-certificaten, moet de installatie aan enkele voorwaarden voldoen. Een van deze voorwaarden is dat deze kwalitatief moet zijn. Hiervoor moet deze een positieve **relatieve primaire-energiebesparing** (RPE) leveren. De RPE is gelijk aan de verhouding van de absolute primaire-energiebesparing of warmtekrachtbesparing (WKB) tot de hoeveelheid brandstof die bij gescheiden opwekking nodig zou zijn, of als formule:

$$RPE = 1 - \frac{1}{\frac{\alpha_e}{\epsilon_e} + \frac{\alpha_q}{\epsilon_q}} \geq 0$$

met α_e en α_q respectievelijk het elektrisch en thermisch rendement van de installatie, en ϵ_e en ϵ_q de respectievelijke rendementsreferentiewaarden. Deze referentiewaarden zijn verschillend van de waarden die gebruikt worden voor het bepalen van de WKB, en kan men terugvinden in het Ministerieel besluit van 26 mei 2016 (bijvoorbeeld 90% thermisch rendement voor productie van stoom en warm water en 50% elektrisch rendement voor installaties op fossiele energiebronnen aangesloten op het distributienet).

Het **aantal certificaten** dat een installatie krijgt is gelijk aan de **gerealiseerde warmte-krachtbesparing (in MWh), vermenigvuldigd met de bandingfactor**.

$$\# \text{ certificaten} = BF \times WKB$$

De WKB, uitgedrukt in MWh, wordt berekend door het equivalent brandstofverbruik te berekenen van gescheiden opwekking van gelijke hoeveelheden warmte en elektriciteit, en hiervan het brandstofverbruik van de WKK af te trekken:

$$WKB = F_E + F_Q - F = \frac{E_{netto}}{\eta_E} + \frac{Q_{netto}}{\eta_Q} - F$$

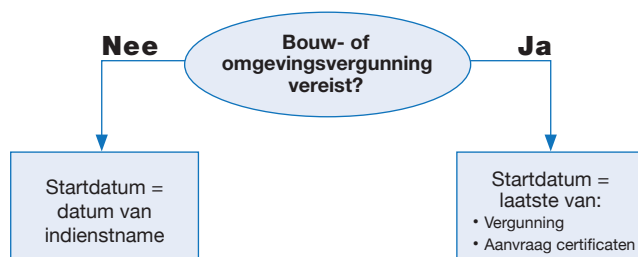
De netto elektriciteitsproductie (E_{netto}) wordt gedeeld door een elektrisch referentierendement. De netto warmteproductie wordt gedeeld door een thermisch referentierendement. Deze referentierendementen worden vastgelegd in het Energiebesluit en het Ministerieel besluit van 26 mei 2016.

De bandingfactor wordt jaarlijks door het Vlaams Energieagentschap (VEA) berekend. Hiertoe worden de installaties ingedeeld in verschillende **representatieve projectcategorieën**. Voor elk van deze categorieën wordt dan, op basis van gemiddelde cijfers voor een performante installatie, berekend hoeveel steun die installatie nodig zou hebben. Elke representatieve projectcategorie heeft dus een eigen bandingfactor.

Binnen de representatieve projectcategorieën vinden we enerzijds **nieuwe installaties** terug, maar anderzijds ook **ingrijpende wijzigingen**: een bestaande installatie waarvan na 10 jaar de motor, of na 15 jaar de turbine vervangen wordt, komt in aanmerking voor een nieuwe steunperiode van 10 jaar.

De certificaten worden voor WKK toegekend gedurende **10 jaar** na datum van indienstname. Een lopend project krijgt gedurende deze 10 jaar dezelfde steun: de bandingfactor wordt niet gewijzigd.

Nieuwe projecten krijgen de bandingfactor van de representatieve projectcategorie waarbinnen ze vallen, berekend voor het jaar waarin de startdatum valt. De startdatum is de datum van indienstname, of, indien er een omgevingsvergunning vereist is, de datum waarop het project beschikt over deze vergunningen en de aanvraag bij de VEA werd ingediend (zie Figuur 32). De startdatum voor WKK-installaties blijft geldig gedurende 36 maanden na de aanvraag.



Figuur 32:
Vaststellen van de startdatum van een installatie.

7.2.3. Groene stroom

Warmte-krachtinstallaties die gebruik maken van hernieuwbare brandstoffen (biogas, plantaardige olie, houtafval ...) komen in aanmerking voor groenestroomcertificaten (GSC). De benadering is gelijkaardig, maar waar WKC worden uitgereikt per MWh warmte-krachtbesparing, wordt dit voor groene stroom gedaan op basis van de netto elektriciteitsproductie. De minimumsteun voor groenestroomcertificaten is 93€ per certificaat.

7.2.4. Investeringssteun voor WKK ≤ 10 kWe

Voor WKK-installaties kleiner of gelijk aan 10 kWe is de certificatensteun (voor WKK en eventueel groene stroom) sinds 1 januari 2018 vervangen door een investeringssteun¹.

Het steunbedrag wordt onder andere bepaald door het elektrisch vermogen en het brandstoftype. Voor een WKK op fossiele brandstoffen wordt de maximale premie berekend volgens de formule

$$1715 * \sqrt{P_{nom}}$$

waarbij P_{nom} het nominaal elektrisch vermogen (kW) van de installatie is. Bijkomend is de steun beperkt tot maximaal 30% van de in aanmerking komende kosten.

kWe	Steun
0,75	€ 1.485
1	€ 1.715
1,7	€ 2.236
5,5	€ 4.022
6	€ 4.201
7	€ 4.537
8	€ 4.851
9	€ 5.145
10	€ 5.423

Bij een biogas-WKK wordt de maximale premie vervolgens berekend volgens de formule

$$4700 * P_{nom}$$

waarbij P_{nom} het nominaal elektrisch vermogen (kW) van de installatie is. Aanvullend wordt de steun voor ondernemingen beperkt tot 65% voor kleine ondernemingen, 55% voor middelgrote ondernemingen en 45% voor grote ondernemingen. Voor particulieren wordt de steun beperkt tot 100% van de investeringskost.

Enkel de kosten (exclusief btw) die aantoonbaar en noodzakelijk zijn voor de goede werking van de WKK-installatie, inclusief vergistingsgedeelte bij WKK's op biogas, vormen de basis voor de aftopping op de investeringskost.

Tabel 3: De steunhoogte van de investeringssteun voor WKK ≤ 10 kWe voor verschillende vermogens.

¹ Meer info:

<http://www.energiesparen.be/groene-energie-en-wkk/professionelen/steunregeling/steun-voor-micro-wkk-kleiner-dan-10-kw-vanaf-2018>

De aanvraagprocedure bestaat uit twee onderdelen. Als eerste stap moet de fabrikant/verdelers een aanvraag indienen bij het VEA om een installatie, van een bepaald merk, type, vermogen en brandstof, op basis van de constructeursfiche te laten erkennen als een kwalitatieve WKK. Indien deze installatie erkend is, wordt deze door het VEA opgenomen in de lijst met erkende installaties, waaruit WKK-eigenaars kunnen kiezen om steun aan de vragen voor hun specifiek toestel. Deze moet daarbij een aantal gegevens overmaken, zoals naam, adres, type toestel, bankrekeningnummer, AREI-verslag (dat voldoet aan de voorwaarden uit het besluit AG inzake keuringen) en bevestiging van aanmelding bij de netbeheerder.

Meer informatie: <https://www.energiesparen.be/steun-micro-wkk>.

7.3. Wallonië

In Wallonië worden sinds 2004 ook zogenaamde 'certificats verts' uitgereikt voor hernieuwbare energie en kwalitatieve WKK. De uitgave ervan wordt gecoördineerd door de CwaPE, die eveneens voorstellen doet aan de Minister voor het vastleggen van de quota's. Het principe bestaat erin dat er certificaten worden toegereikt per hoeveelheid elektriciteitsproductie evenredig met de CO₂-reductie, t.o.v. van de referentie-installaties voor de productie van dezelfde hoeveelheden elektriciteit en warmte.

Het systeem werd grondig herzien in 2014. Om de steunhoogte te beperken werden enveloppen vastgelegd per categorie van installaties. Het principe is dat men in Wallonië in 2020 een 8000 GWh groene stroom wil produceren volgens een indicatief traject. Op basis hiervan wordt het aantal GSC per categorie vastgelegd.

Eigenaars moeten een reserveringsaanvraag indienen. Dit is een volledig dossier, inclusief een raming van de kosten, alle vergunningen, een inschatting van het moment van indiening, bewijsmateriaal dat het project serieus is, de haalbaarheidsstudie en aanvraag voor aansluiting, en een plan voor de verwerking van het digestaat in geval van biogas-WKK's.

Aanvragen kunnen worden gedaan binnen de categorieën tot de envelop vol zit. De eigenaar kan dan groene certificaten reserveren bij de administratie, wat gevolgd wordt door kennisgeving (na max 45 dagen) met de garantie dat hij groene certificaten zal kunnen krijgen (gedurende 10 of 15 jaar), het vastleggen van de hoeveelheid steun (keco) en de garantie van de minimum prijs van 65 € per certificaat.

Op 1 september worden de niet-verdeelde certificaten van alle categorieën bijeen genomen en kunnen ze toegekend worden aan projecten die in de wachtrij staan in een bepaalde categorie (tot max 115% van de envelop).

De hoeveelheid steun voor WKK wordt berekend als: de elektriciteitsproductie vermenigvuldigd met een economische factor k_{eco} (die rekening houdt met de rentabiliteit van de investering), ver-

menigvuldigd met k_{CO_2} (die rekening houdt met de CO_2 uitstoot). Bijkomend is het aantal certificaten per 1 MWh netto geproduceerde elektriciteit geplafonneerd op 2,5. Een bio WKK-installatie zal dus een maximaal aantal certificaten kunnen krijgen van 2,5 (maximale aftopping) x de elektriciteitsproductie (MWh). Voor een aardgas WKK is dit ongeveer 0,4 x de elektriciteitsproductie. Deze brengen tussen de 65€ (minimumprijs) en 100 € (boeteprijs) op per certificaat.

In Wallonië wordt verder nog steun verleend voor haalbaarheidsstudies, een compensatie voor de geïnjecteerde elektriciteit (<10 kWe) en verschillende vormen van investeringssteun (UDE voor bedrijven en UREBA voor de publieke en de social profit sector (bepaalde vzw's).

7.4. Brussel

In Brussel bestaat een gelijkaardig systeem van groene certificaten. De coördinatie hiervan gebeurt door BRUGEL. De hoeveelheid certificaten voor een WKK wordt berekend als de hoeveelheid vermeden CO_2 , gedeeld door een coëfficiënt (217 gram per kWh gas). De markt is erg stabiel en de waarde van de certificaten varieert rond de 80-85 €. Sinds kort is de minimumprijs van 65 euro vastgelegd. Een mechanisme in het Energiedecreet laat bovendien toe dat de minister de quota verhoogt voor het volgende jaar indien de hoeveelheid toegekende certificaten sterk is gestegen.

Omdat in Brussel WKK vooral interessant is in gebouwen, maar het gebruik van WKK-elektriciteit in collectieve woningbouw wordt beperkt tot de gemeenschappelijke delen, heeft men het systeem voordeliger gemaakt voor aardgas-WKK's in appartementensgebouwen. Het aantal certificaten worden vermeerderd met een vermenigvuldigingscoëfficiënt indien de stroom niet lokaal verbruikt kan worden. Onderstaande tabel toont de vermenigvuldigingscoëfficiënt voor WKK met verschillende vermogens.

Elektrisch vermogen WKK	Vermenigvuldigingscoëfficiënt
≤ 15 kWe	6,3
≤ 50 kW	3
≤ 200 kW	2
> 200 kW	1,5

Tabel 4:
Vermenigvuldigingscoëfficiënten
voor de berekening van
WKK-certificaten in Brussel in 2018.

Sinds 2016 geeft Leefmilieu Brussel geen investeringssteun meer voor WKK. Er is wel nog een investeringssteun voor bedrijven die gegeven wordt door Departement Economie en Werkgelegenheid. Deze steun is extra interessant voor KMO's (tot 40%). Er is ook steun voor het maken van haalbaarheidsstudies (tot 50% van de studiekosten).

8. Rentabiliteit WKK

8.1. Kosten-batenanalyse

Voor het bepalen van de rentabiliteit van het project brengt men vooreerst de kosten en baten in kaart (Tabel 5).

	Kosten	Baten
Eenmalig	Investeringskosten	Investeringsubsidies Eventueel: uitgespaarde kosten bijkomende ketel
Variabel	Variabele exploitatiekosten: <ul style="list-style-type: none"> • Onderhoudskosten • Brandstofkosten WKK 	Exploitatiesubsidies (WKC en GSC) Besparing brandstof ketel Besparing elektriciteitsfactuur Vrijstelling accijnzen

*Tabel 5:
Componenten voor de
kosten-baten analyse van
een WKK-project.*

De verschillende kostenposten worden hieronder toegelicht.

De **investeringskosten** bevatten naast de kost van de WKK-module eveneens volgende kosten:

- engineering;
- hydraulische inpassing met eventueel buffervaten en aangepaste sturing;
- elektrische aansluiting met eventueel netuitbreiding en studie van de netbeheerder;
- aanpassingen schouw;
- geijkte meetinstrumenten voor bepaling aantal groenestroomcertificaten en warmtekracht-certificaten;
- keuringen van gas en elektriciteit;
- inbedrijfname;
- enz...

De **subsidies bij investering** kunnen verschillende vormen aannemen, en moeten geval per geval bekeken worden. Bedrijven komen in aanmerking voor een verhoogde investeringsaftrek. WKK-installaties tot en met 10 kWe hebben recht op een premie. Meer informatie hierover is te vinden in Hoofdstuk 7.

In sommige (uitzonderlijke) gevallen kan het installeren van een WKK-installatie ervoor zorgen dat men de investeringskost voor een (2de) bijkomende **back-up ketel** kan **uitsparen**.

De **variabele exploitatiekosten** omvatten de onderhoudskosten en de brandstofkosten. De onderhoudskosten zijn zeer sterk afhankelijk van het type installatie en van het type onderhoudscontract dat men afsluit.

Het **brandstofverbruik van een WKK** is groter dan een ketel die dezelfde hoeveelheid warmte produceert omdat er ook brandstof nodig is om elektriciteit op te wekken. Het is mogelijk dat men hierdoor in een andere tariefformule terechtkomt. Het minderverbruik van de ketels kan men in mindering brengen van de brandstofkost.

De **impact van de WKK op de elektriciteitsfactuur** heeft meerdere aspecten. Doordat men zelf elektriciteit produceert, moet er minder elektriciteit van het openbare elektriciteitsnet afgenomen worden. Wanneer men meer elektriciteit produceert dan men zelf verbruikt, moet men een contract afsluiten met een leverancier voor terugkoop. De waarde van de teruggeleverde elektriciteit hangt af van de hoeveelheid verkochte elektriciteit en de voorspelbaarheid. Ook dient rekening gehouden te worden met een eventuele uitval van de WKK. Als het net als back-up installatie moet fungeren zal hiervoor een bepaalde prijs betaald moeten worden. Dit aspect wordt belangrijker naarmate de installatie groter is.

Steun tijdens de exploitatie wordt in Vlaanderen gegeven via warmte-kranchcertificaten (WKC) en (eventueel) groenestroomcertificaten (GSC). Meer informatie hierover is te vinden in Hoofdstuk 7.

Met de gegevens uit de kosten-batenanalyse kan men aan de slag om de rendabiliteit (terugverdientijd) van het project te berekenen. De WKK-geïnteresseerde zal de rendabiliteit van het project moeten toetsen aan zijn eigen verwachtingen.

8.2. Voorbeeld rentabiliteitsberekening

In deze paragraaf wordt een voorbeeld van een rentabiliteitsberekening besproken. De gebruikte getallen zijn reële getallen op het moment dat deze berekening gemaakt werd, maar kunnen doorheen de tijd verschillen.

8.2.1. De gegevens

Na selectie en dimensionering werd een brandstofcel gekozen met volgende specificaties:

- Elektrisch vermogen WKK (P_{el}): 0.75 kW
- Elektrische efficiëntie (E_{el}): 37 %
- Thermische efficiëntie (E_{th}): 53 %
- Geschat aantal draaiuren: 7000 u

Het wordt geplaatst bij een particulier in een eengezinswoning in Vlaanderen met een elektriciteitsverbruik van 5.500 kWh per jaar en een jaarlijkse warmtevraag van 15.000 kWh. De klant heeft een terugdraaiende teller.

De geldende marktvoorwaarden zijn:

- Efficiëntie gescheiden opwekking elektriciteit: 50 %
- Efficiëntie gescheiden opwekking warmte ($E_{th, ketel}$): 90 %
- Subsidieregeling Vlaanderen (investeringssteun)
(P_{el} is het elektrisch vermogen van de WKK) $1715 * \sqrt{P_{el}}$
- Prosumentarief $90€ * P_{el}$
- Gasprijs 0.05 €/kWh
- Elektriciteitsprijs 0.25 €/kWh

8.2.2. De opbrengsten berekenen

- Productie van elektriciteit: het elektrisch vermogen vermenigvuldigd met het aantal draaiuren
 $opbrengst_{el} = 0.75 * 7000 = 5250 \text{ kWh}_{el}$
- Vermeden uitgaven voor de afname van elektriciteit =
 $opbrengst_{el} * \text{electriciteitsprijs} = 5250 * 0.25 = 1313€/\text{jaar}$
- Vermeden uitgaven voor gescheiden productie van warmte
 $vermeden \text{ gescheiden warmteproductie} = \frac{E_{th}}{E_{el} * E_{th, ketel}} * P_{el} * \text{draaiuren} * \text{gasprijs}$
 $= \frac{0.53}{0.37 * 0.9} * 0.75 * 7005 * 0.05 = 418€$

8.2.3. De investering berekenen

- Investeringssubsidie (klant in Vlaanderen)
 $subsidie = 1715 * \sqrt{0.75} = 1485€$
- Investeringssubsidie PACE (Europese subsidie) = 8000€
- Vermeden investering = 3000€ (piekketel zit bij in de installatie en dient niet apart aangekocht te worden. Let op: voor de meeste WKK's geldt dit niet.)
- Totale investeringskost inclusief plaatsing en BTW: 20000€
- Netto investeringskost = $20000 - 1485 - 8000 - 3000 = 7515€$

8.2.4. Jaarlijkse kosten

- Onderhoud: 150€
- Prosumentarief = $90€ * P_{el} = 75€$
- Gasverbruik = $\frac{opbrengst_{el}}{E_{el}} * \text{gasprijs} = \frac{5250}{37\%} * 0.05 = 709€$

8.2.5. Terugverdientijd en netto-opbrengst na 10 jaar

- Terugverdientijd = $\frac{\text{netto investeringskost}}{\text{opbrengsten} - \text{jaarlijkse kosten}} = \frac{7515}{1731 - 934} = 9,4 \text{ jaar}$
- Netto opbrengst na 10 jaar = $(\text{opbrengsten} - \text{jaarlijkse kosten}) * 10 - \text{netto investeringskost}$
 $= (1731 - 934) * 10 - 7515 = 444$

9. Stappenplan voor een geslaagd WKK-project

Dit stappenplan biedt een leidraad voor het realiseren van een geslaagd WKK-project. Het verwijst daarbij naar hoofdstukken uit deze cursustekst waar meer informatie te vinden is.

9.1. Breng de situatie van de klant in kaart

Zoals in hoofdstuk 5 beschreven wordt begint het WKK-traject bij de warmtevraag en het warmteprofiel van de klant. Hoe beter deze twee gegevens gekend zijn, hoe realistischer de voorspellingen van het verbruik en de opbrengst van de WKK zullen zijn. De jaarlijkse warmtevraag (totale verbruik van brandstof op een jaar) kan bekomen worden uit jaarfacturen, warmteverliesberekeningen, simulaties, meetcampagnes en/of EPB-verslagen. Het warmteprofiel kan bekomen worden door simulaties, metingen en/of gerichte vragen aan de klant. Enkele voorbeelden van gerichte vragen:

- Is de klant elke dag aanwezig of bijvoorbeeld in het weekend niet? Verwarmt de klant continu of zet hij de verwarming af bij afwezigheid?
- Heeft de klant een jaarlijkse verlofperiode? Hoe lang duurt deze?
- Hoe veel personen maken gebruik van sanitair warm water? Hoe veel baden/douches worden er per dag genomen?

Het is ook belangrijk dat wordt nagegaan of de warmtevraag van de klant nog kan gereduceerd worden door bijvoorbeeld isolatie, betere beglazing, ... Voor het bepalen van de warmtevraag moet je uitgaan van de situatie mét extra isolatie. Beslist de klant immers om enkele jaren na de plaatsing van de WKK toch te isoleren dan zal het aantal draaiuren van de WKK drastisch dalen.

Vraag de elektriciteitsfactuur van de klant op en bekijk ter plaatse de andere technische vereisten (netaansluiting, voldoende ruimte, risico op lawaaihinder, aansluiting en/of stockage van de brandstof, ...). Voor klanten die niet beschikken over een terugdraaiende teller is de gelijktijdigheid van productie en afname belangrijk. Dit speelt voornamelijk een rol bij toestellen groter dan 10 kWel. Indien er weinig gelijktijdigheid zal dit een negatief gevolg hebben voor de financiële haalbaarheid. Voor de elektriciteitsvraag kan men eventueel de kwartuur- of maandgegevens opvragen aan de elektriciteitsleverancier. Voor huishoudelijke WKK's volstaat het vaak om het totale jaarlijkse elektriciteitsverbruik te kennen.

9.2. Voer de WKK-check uit

Surf naar www.vernieuwende-installateur.be, ga naar de pagina "Tools" en gebruik de WKK-tool om te ontdekken of warmte-krachtkoppeling een goede technologie is voor bij je klant. Deze tool is beschikbaar vanaf april 2019. Als WKK een haalbare kaart blijkt kan je doorgaan naar stap 3.

9.3. WKK-dimensionering

De dimensionering van de WKK en het aanleveren van het hydraulisch schema gebeurt vaak door de leverancier/producent of een studie bureau. Desalniettemin kan het interessant zijn zelf ook al een inschatting te maken van het vermogen van de WKK en de grootte van het buffervat. Hoofdstuk 5 beschrijft de dimensionering.

Bij de dimensionering dient rekening gehouden te worden met de volgende elementen:

- Het verschil tussen de verkoopprijs en aankoopprijs van elektriciteit. Bij ongunstige verkoopprijs is het beter de WKK zodanig te dimensioneren dat er geen teruglevering optreedt.
- Op de markt beschikbare installaties.
- De mogelijkheid om meerdere kleine eenheden te gebruiken: dit verhoogt de betrouwbaarheid, de flexibiliteit en de onderhoudsintervallen van de installatie. Het nadeel is dat deze optie duurder is.
- Mogelijke deellastwerking. Bij deellast zakt het rendement van de meeste WKK's maar kan men een overproductie van elektriciteit of warmte vermijden.
- Het aantal start-stops. Dit moet vanuit het oogpunt van slijtage zoveel mogelijk vermeden worden.

De sectorfederaties COGEN Vlaanderen en Techlink kunnen ook advies verstrekken hieromtrent.

9.4. Bestellen, installatie en indienstname

Figuur 33 geeft een overzicht van de huidige leveranciers van WKK's kleiner dan 20 kW_e in Vlaanderen. Bij hen kan je terecht voor het bestellen van een toestel, de dimensionering en de aanlevering van hydraulische schema's en installatiehandleidingen. Het is mogelijk dat er voor bepaalde diensten een extra vergoeding wordt gevraagd.



Figuur 33: Marktverzicht van Belgische verdelers die WKK-installaties tot 20 kW_e aanbieden.

Na installatie dient een AREI-keuring te gebeuren voor elektriciteit producerende installaties. De indienstname gebeurt in de meeste gevallen samen met de leverancier/producent.

9.5. Begeleid de klant bij zijn subsidieaanvraag

Voor installaties groter dan 10 kWel is het subsidieverhaal relatief complex. Subsidies komen bij deze installaties in de vorm van groenestroomcertificaten (Wallonië en Brussel) of warmte-krachtcertificaten (Vlaanderen). Om de warmte-krachtcertificaten te kunnen ontvangen dient een dossier bij het Vlaams Energieagentschap opgestart te worden. Dit is een tijdrovend administratief proces waarbij best beroep gedaan wordt op een expert terzake.

Meer informatie hierover vind je op <https://www.energiesparen.be/groene-energie-en-wkk/prof/WKC>.

Voor installaties kleiner dan 10 kWel is het administratief eenvoudiger. Surf naar <https://www.energiesparen.be/steun-micro-wkk> voor meer informatie over de verschillende stappen van de aanvraag.

9.6. Onderhoud

Voor het behoud van een goed elektrisch rendement en om een lange levensduur te garanderen is regelmatig onderhoud aan de toestellen vereist.

Hoe frequent er een onderhoud moet plaatsvinden hangt af van de technologie. In geval van brandstofcellen en stirlingmotoren is het mogelijk dat deze hetzelfde onderhoudsinterval hebben als de standaard ketel en kan het onderhoud tezamen uitgevoerd worden.

WKK's op basis van motortechnologie hebben een onderhoudsinterval dat sterk kan variëren naar gelang van het type motor. Meestal ligt dit onderhoudsinterval tussen de 1500 en 5000 uren. Het onderhoud kan best gebeuren door de constructeur of door gespecialiseerde firma's. Er bestaan heel veel mogelijkheden wat onderhoudscontracten betreft: een jaarcontract, een contract voor meerdere jaren tot bv. de motor versleten is, een contract met deparnagement binnen 24 h, ... Binnen deze contracten wordt (bijna) altijd een afstandsmonitoring van de installatie voorzien. Op basis van de gegevens van de monitoring kan de onderhoudsfirma zijn interventies plannen.

WKK's op basis van inwendige-verbrandingsmotoren zijn vrij onderhoudsintensief. Daarom wordt in veel gevallen gekozen voor een onderhoudscontract met de leverancier of met een gespecialiseerde firma.

10. Interessante toepassingen

In een aantal sectoren/gebouwen vinden we een elektrische en thermische vraag, die qua grootte en spreiding in de tijd van die aard zijn om mogelijkheden te bieden voor WKK. Voorbeelden van dergelijk sectoren zijn o.a.:

- rust- en ziekenhuizen;
- appartementsblokken;
- hotels en restaurants;
- onderwijsinstellingen;
- kantoorgebouwen;
- winkels, supermarkten, winkelcentra;
- zwembaden en ontspanningscentra;
- internaten/studentenhomes;
- cohousing
- garages & carwashes

Doorgaans kunnen deze de volledige elektriciteitsproductie van hun WKK zelf verbruiken. Ideaal dus voor een rendabele WKK. Warmte geproduceerd door warmte-krachtinstallaties kan in deze gebouwen worden gebruikt om te voldoen aan de behoefte aan sanitair warm water, voor verwarming van ruimtes en tal van andere toepassingen. Voor deze toepassingen en activiteiten zijn vooral warmte-krachtinstallaties gebaseerd op inwendige verbrandingsmotoren interessant. Het loont dus zeker de moeite om deze techniek op zijn haalbaarheid te onderzoeken. In dit kader verwijzen we naar een Besluit van de Vlaamse Regering, dat voorziet in een verplichte haalbaarheidsstudie voor alternatieve energiesystemen voor nieuwe gebouwen groter dan 1000 m².

Het is juist in deze sectoren, bij middelgrote installaties in de commerciële en tertiaire sector, en in het bijzonder bij KMO's, dat er nog een bijzonder groot potentieel bestaat voor WKK. Omdat energie niet de core business is van deze bedrijven is het vaak niet vanzelfsprekend om een investering te doen. Nochtans zouden veel bedrijven een grote energiebesparing kunnen realiseren en daarmee ook een besparing op de energiefactuur.

Voor eengezinswoningen komen enkel WKK-installaties met kleinere vermogens in aanmerking. Deze markt is relatief nieuw voor WKK. Bij WKK-installaties aangesloten op het gasnet denkt men in de eerste plaats aan de brandstofcel-WKK. De brandstofcel – een technologie die reeds lang in ontwikkeling is maar pas sinds kort ook beschikbaar op de markt – heeft typisch een hoge elektriciteitsproductie ten opzichte van een eerder beperkte warmteproductie. Hierdoor is deze toepassing bijvoorbeeld ook interessant voor lage-energiewoningen, waarbij de warmte dan in hoofdzaak wordt aangewend voor de productie van sanitair warm water. Bij keuze voor hernieuwbare brandstoffen is de pellet-WKK met een stirlingmotor uitermate geschikt.





Slagkracht voor de vernieuwende installateur

Deel I. Warmte-krachtkoppeling

Auteurs: Filip Van den Borre, Jan Caerels, Lenn Coussement

Datum: 28 maart 2019