



# **Micro-wkk**

## **Meer rendement uit aardgas**

november 2010

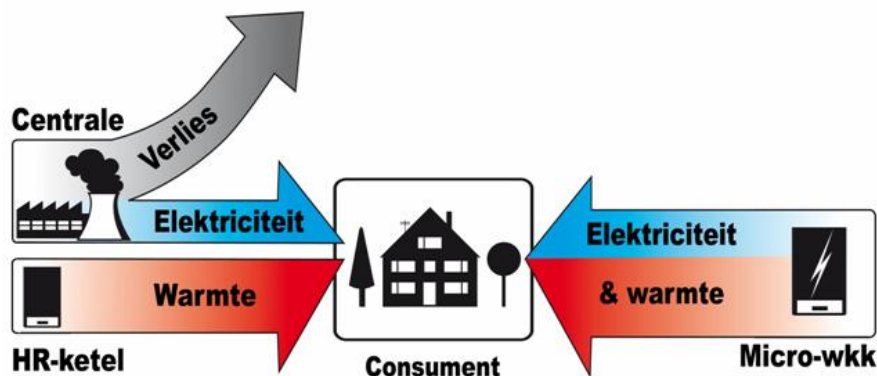
**Werkgroep Decentrale Gastoepassingen  
Smart Power Foundation (SPF)  
Werkgroep micro-wkk Cogen Nederland**

## Managementsamenvatting

*Verwarmingsinstallaties in de bestaande bouw bieden grote kansen voor verduurzaming. Gegeven de grote vervangingsmarkt van 400.000 cv-ketels per jaar kan er snel voortgang worden gemaakt met de implementatie van efficiënte en duurzame technieken. Samen met zonthermische systemen en hybride warmtepompen is de micro-wkk één van de energiebesparende alternatieven voor de HR-ketel in de bestaande bouw. In dit document leest u over het wat en waarom van de micro-wkk en welke randvoorwaarden er nodig zijn om het maatschappelijk nut van micro-wkk te ontsluiten.*

### Wat is micro-wkk?

De komende jaren zal een nieuwe generatie verwarmingsketels op de markt komen die naast warmte ook elektriciteit opwekt, de micro-wkk (warmtekrachtkoppeling). Door de koppeling tussen warmteproductie en elektriciteitsopwekking ontstaat een forse energiebesparing. Bij centrale elektriciteitsproductie wordt doorgaans namelijk meer dan 50% van de energie-inhoud bij elektriciteitsproductie weggegooid in de vorm van restwarmte.



**Figuur 1: Principe van energie besparen met micro-wkk**

Er is in Nederland al veel ervaring met het wkk-concept, bijvoorbeeld in de industrie en glastuinbouw. WKK is in Nederland verantwoordelijk voor circa 40% van de elektriciteitsproductie en daarmee is Nederland een Europese koploper. Nederland is met deze ervaring dan ook een logische springplank voor micro-wkk.

Een micro-wkk werkt net als de cv-ketel. Op het moment dat er een warmtevraag optreedt, slaat de micro-wkk aan. Naast warmte wordt dan gelijktijdig ook elektriciteit geproduceerd. Micro-wkk vult de helft tot driekwart van de elektriciteitsconsumptie in, waardoor de gasinkoop iets toeneemt. Netto bespaart het huishouden energie omdat er minder elektriciteit van het net gekocht hoeft te worden. Micro-wkk's die voldoen aan de kwaliteitseisen van het HRe<sup>®</sup>-keurmerk van de stichting Energie Prestatie Keur worden HRe-ketels genoemd. HRe staat voor een hoogrendementsketel met elektriciteitsproductie en een gegarandeerde flinke energiebesparing.

### Waarom de micro-wkk?

De gebouwde omgeving in Nederland wordt momenteel voor een groot deel in haar energiebehoefte voorzien door aardgas. De gasvraag kan significant omlaag worden gebracht door energievraagreductie door bijv. isolatie en door het gebruiken van duurzame energie bronnen, bijv. zonthermische systemen. Het volledig duurzaam invullen van de energievraag zal nog decennia duren. Daarom is het van groot belang om ook het rendement van de aardgasconversie te verbeteren. Dit geldt met name voor de

bestaande bouw, waar reductie van vraag of inpassing van duurzame energie vaak moeilijk en duur te realiseren is. Micro-wkk maakt het verhogen van het conversierendement mogelijk. Het verbeteren van het aardgasrendement kan goed samengaan met inzet van duurzame bronnen. Een micro-wkk is namelijk goed te combineren met zonneboilers en/of zonnecellen omdat de productieprofielen van deze technologieën elkaar goed aanvullen.

De micro-wkk biedt verscheidene voordelen aan de Nederlandse consument en maatschappij als geheel:

1. *Energiebesparing en CO<sub>2</sub>-emissiereductie;*
2. *Koopkrachtverbetering voor de consument;*
3. *Hoogwaardige werkgelegenheid en exportkansen;*
4. *Ontwikkeling moderne locale infrastructuur;*
5. *Besparingen op investeringen infrastructuur.*

Deze punten zullen nu puntsgewijs worden besproken.

#### *Energiebesparing en CO<sub>2</sub>-emissiereductie*

Een belangrijke drijfveer voor de ontwikkeling is de energiebesparing en daaraan gekoppelde CO<sub>2</sub>-emissiereductie door micro-wkk. In vergelijking met de huidige gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte levert een micro-wkk voor een gemiddeld huishouden een jaarlijkse primaire energiebesparing op ongeveer 15% en CO<sub>2</sub>-emissiereductie van circa 850 kg.

De HRe-ketel kan daarmee een forse bijdrage leveren aan de invulling van de ambities voor energiebesparing en CO<sub>2</sub>-emissiereductie in de gebouwde omgeving. In de overheidsplannen "Schoon en Zuinig" is sprake van 30% CO<sub>2</sub>-emissiereductie in 2020 en 2% energiebesparing per jaar. In concrete termen moet in de woningbouw een reductie van 4-7,3 Mton aan CO<sub>2</sub> bereikt worden en een energiebesparing van ca 100 PJ<sup>1</sup>.

Uit een breed gedragen onderzoek blijkt dat de HRe-ketel in 2020 een besparing kan opleveren van 12 PJ en een CO<sub>2</sub>-emissiereductie van 0,6 Mton. Op langere termijn kan de HRe-ketel naar verwachting een jaarlijks besparingseffect van 20-70 PJ realiseren, vergelijkbaar met de marktintroductie van de HR-ketel twintig jaar geleden. Ook biedt micro-wkk perspectief op CO<sub>2</sub>-emissiereductie op lange termijn, de bandbreedte hiervan is echter sterk afhankelijk van aannames op het gebied van fossiele elektriciteitsopwekking en verduurzaming van de gasvoorziening.

Praktisch komt de energiebesparing voor het huishouden tot uiting in minimaal 1 labelsprong in de woninglabelssystematiek voor de bestaande bouw en een EPC-reductie van 0,1 tot 0,2 EPC-punten in de nieuwbouw.

#### *Koopkrachtverbetering voor de consument*

Micro-wkk zal de energierekening voor de Nederlandse consument verlagen. Voor een typisch Nederlands huishouden is de besparing 300-450 euro per jaar<sup>2</sup>, uitgaande van de energieprijzen medio 2009. Na een geslaagde marktintroductie zal de meerinvestering hierdoor binnen drie tot vijf jaar zijn terugverdiend en kan de consument vervolgens profiteren van een lagere energierekening.

#### *Hoogwaardige werkgelegenheid & exportkansen*

De Nederlandse ketelfabrikanten zijn al decennia lang Europees voorloper op het gebied van innovatieve gastoeepassingen. De aanwezige innovatiekracht wordt aangewend om nieuwe producten zoals micro-wkk en warmtepompen te ontwikkelen. Succes met de introductie van micro-wkk zal de Nederlandse marktpositie binnen Europa verder

<sup>1</sup> Uitgaande van 2% energiebesparing in de periode 2008-2020 in de woningbouw

<sup>2</sup> Ranges zijn gebaseerd op een goed geïsoleerde rijtjeswoning en vrijstaande woning

versterken. Dit levert hoogwaardige werkgelegenheid op en schept exportmogelijkheden.

#### *Ontwikkeling moderne locale infrastructuur*

Micro-wkk is één van de bouwstenen van een lokale energievoorziening en vraagt van energiebedrijven en netbeheerders creativiteit op het gebied van systeeminrichting, klantrelaties & netbeheer. Hierdoor ontstaan er kansen voor nieuwe diensten en producten op het gebied van decentrale energievoorziening. Dit gaat goed samen met de reeds ingezette trend naar een slimme infrastructuur, ook wel smart grids genoemd, en de inpassing van andere lokale technieken zoals zonPV en elektrische auto's. Nederland kan hiermee waardevolle exportkennis opbouwen over aanleg, beheer en onderhoud van deze energievoorziening.

#### *Besparingen op investeringen infrastructuur*

Verspreiding van decentrale opwekkers zoals micro-wkk zal tot gevolg hebben dat het transport van stroom van de elektriciteitscentrale naar de gebruiker afneemt en dat de capaciteitsdruk op het hoogspanningsnet lager wordt. Hierdoor kunnen de investeringen in infrastructuur voor hoogspanning beperkt blijven. Dit gaat al snel om investeringen van honderden miljoenen euro's. Tevens is het denkbaar dat micro-wkk in sommige netten, waar overbelasting dreigt door een toenemende elektriciteitsvraag, wordt ingezet om investeringen op laagspanningsniveau uit te stellen. Tot slot zal micro-wkk de transportverliezen verminderen voor netbeheerders, wat de bedrijfskosten voor de netbeheerder reduceert.

### **Verwachte uitrol micro-wkk**

#### *Reeds behaalde mijlpalen*

Het vertrouwen in de technische en economische toepasbaarheid van micro-wkk is zo groot dat vooraanstaande bedrijven als Baxi, Bosch, Elco Heating Solutions, Nefit, Remeha, Vaillant en WhisperGen deze ontwikkeling hebben geïntegreerd in hun toekomstvisie en strategie. Dit heeft al geleid tot een aantal belangrijke mijlpalen.

#### *Mijlpaal 1: 1.000<sup>e</sup> micro-wkk*

In het stookseizoen 2010 zal in Nederland het 1.000<sup>e</sup> toestel onder gecontroleerde marktbegeleiding worden geplaatst. Onderstaand een overzicht van de projecten in uitvoering:

Project	Start project	Fabrikant	Aantal
Proefproject Whispergen	2006	WhisperTech	50
Proefproject Microgen Stirling	2007	Remeha, Vaillant	150
Project Duurzaam Ameland	2009	Ariston (Elco Heating Solutions)	100
Smart Power City Apeldoorn	2009 en 2010	Remeha, Baxi	200
Uitrol 600 eenheden	2009 en 2010	Remeha, Baxi	600
Totaal			1.100

**Tabel 1: Overzicht van micro-wkk projecten t/m 2010.**

#### *Mijlpaal 2: opstart massaproductie*

Daarnaast zijn er op mondiaal niveau contracten getekend voor de opzet van een groot-schalige productie van de Stirlingmotoren. Er zijn twee consortia opgericht, die beide een productielijn in aanbouw hebben.

### Mijlpaal 3: Succesvolle demonstratie neteffecten

Verder zijn er in Nederland al unieke proeven gedaan om inpassing in wijkinfrastructuur te simuleren. In 2009 is ook gestart met een grootschalige veldproef in een wijk van Apeldoorn onder de noemer Smart Power City. Hierbij worden er 200 micro-wkk's achter één wijktransformator gezet om de praktische effecten bij huishoudens te monitoren.

### Marktontwikkeling

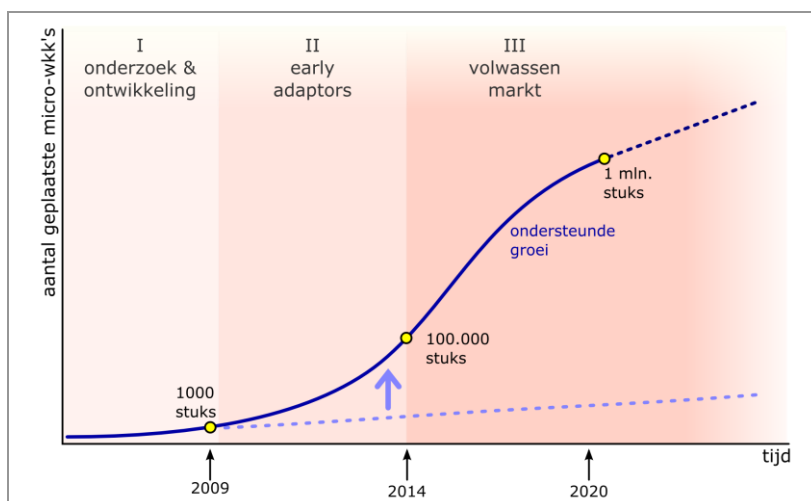
De commerciële marktintroductie van de HRe-ketel is in 2010. Vanwege de eenvoudige inpasbaarheid in bestaande woningen en aansluiting bij huidige marktstructuren is de marktverwachting gespiegeld aan de ontwikkeling van de HR-ketel. Een micro-wkk vereist namelijk geen bouwkundige ingrepen of aanpassingen aan het afgiftesysteem en de elektrische aansluiting. Hierdoor kan de micro-wkk in potentie eenvoudig inhaken op de grote vervangingmarkt voor cv-ketels en snel tot volume-ontwikkeling komen.

Op basis van deze brede toepasbaarheid is de verwachting dat in 2020 circa 50% van de vervangingsmarkt zal worden ingevuld met een micro-wkk. Cumulatief zullen er in 2020 circa 1 miljoen micro-wkk ketels opgesteld staan.

Alle bij SPF aangesloten leveranciers onderschrijven deze marktontwikkeling en hebben zich gecommitteerd aan verdere productontwikkeling van de HRe-ketel en de productie van de geprognosticeerde marktuitrol.

### Markversnelling noodzakelijk

Om het energiebesparingspotentieel van de HRe-ketel te ontsluiten is het van groot belang om de stap van demonstratie naar grootschalige toepassing binnen een zo kort mogelijke termijn te overbruggen. Zonder een positieve marktcontext zal de volume-ontwikkeling niet tot stand komen en de toepassing van micro-wkk beperkt blijven tot enkele marktniches (zie onderstaande figuur). De eerder genoemde maatschappelijke baten zullen in deze situatie dan ook achterwege blijven.



**Figuur 2: Marktversnelling van niche naar massamarkt**

De industrie staat daarom voor de opgave om de kostprijs te reduceren door volumes te vergroten. De uitdaging is nu om de juiste voorwaarden te scheppen voor deze ontwikkeling. Dit zal van alle betrokken partijen een inspanning en commitment vereisen:

- Allereerst zullen ketelfabrikanten zich inspannen om de kennis uit de veldtesten toe te passen om de HRe-ketel te vervolmaken tot een volwaardig alternatief voor de HR-ketel. Momenteel wordt volop gewerkt aan rendementsoptimalisatie en het

opstarten van moderne productielijnen. Tot slot zullen ketelfabrikanten opleidingsprogramma's op moeten starten voor installateurs.

- Installateurs moeten uiteindelijk de micro-wkk in de woningen gaan plaatsen. Nu al kunnen zij zich voorbereiden op de mogelijkheden die er binnenkort zullen zijn. Meedoen aan opleidingen van de ketelfabrikanten biedt hiervoor een mogelijkheid. Daarnaast zal de branche-organisatie Uneto-VNI een stimulerende rol spelen.
- Energiebedrijven zullen hun routines aan moeten passen om aanmelding van de HRe-ketel mogelijk te maken.
- Netbeheerders moeten zorg dragen voor de juiste bemetering en registratie.
- De overheid kan voor deze startende technologie een aanjagende rol vervullen. Passende regelgeving en een tijdelijke ondersteuning gedurende de eerste markt-introductie is noodzakelijk voor een snelle groei.
- Eindklanten zoals woningcorporaties zullen goed moeten samenwerken met leveranciers en installateurs om zorg te dragen voor de juiste randvoorwaarden en om projecten tot een succes te maken.

In het najaar van 2009 heeft VROM de markt uitgedaagd om 100.000 micro-wkk's in de sociale woningbouw te plaatsen. Deze combinatie is logisch om een aantal redenen. Ten eerste hebben woningcorporaties grote ambities om de energetische kwaliteit van hun woningbestand te verbeteren. Daarbij biedt micro-wkk een kans om een labelverbetering te combineren met woonlastenreductie. Tot slot maakt projectmatige installatie een snelle en gecontroleerde uitrol mogelijk. Er is inmiddels een start gemaakt met de invulling van deze uitdaging.

#### *Samenvattend*

De grootschalige toepassing van micro-wkk stelt een groot aantal maatschappelijke baten in het vooruitzicht. Deze kunnen alleen worden benut indien alle partijen die betrokken zijn bereid zijn om creatief mee te denken, processen aan te passen en zich te committeren aan het faciliteren van grootschalige toepassing.



**Creatieve Energie**  
EnergieTransitie



## Inhoudsopgave

<b>Managementsamenvatting .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>8</b>
1.1 Aanleiding voor de ontwikkeling van micro-wkk.....	8
1.2 Opties voor verwarminginstallaties in bestaande bouw .....	9
1.3 Leeswijzer .....	10
<b>2 Wat is micro-wkk.....</b>	<b>11</b>
2.2 Methoden voor opwekking van elektriciteit met micro-wkk .....	11
2.3 Hoogwaardige techniek onder Gaskeur HRe .....	14
2.4 Toepassing van micro-wkk voor de consument.....	14
<b>3 Marktontwikkeling micro-wkk .....</b>	<b>16</b>
3.1 Mijlpalen HRe.....	16
3.2 Marktverwachtingen micro-wkk .....	17
3.3 Micro-wkk in context van andere marktontwikkelingen.....	18
<b>4 Voordelen van micro-wkk .....</b>	<b>20</b>
4.1 Energiebesparing geeft economische impuls .....	20
4.2 CO <sub>2</sub> -emissiereductie, energiebesparing en verduurzaming .....	21
4.3 Werkgelegenheid & concurrentiepositie .....	26
4.4 HRe en infrastructuur.....	26
<b>5 Micro-wkk uit de startblokken .....</b>	<b>28</b>
5.1 De concrete uitdaging .....	28
5.2 Wegnemen van de laatste knelpunten.....	29
5.3 Samen toewerken naar benutting voordelen micro-wkk.....	30
<b>Uitgangspunten berekeningen.....</b>	<b>32</b>
<b>Literatuur .....</b>	<b>33</b>

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding voor de ontwikkeling van micro-wkk

De gebouwde omgeving in Nederland wordt momenteel voor een groot deel in haar energiebehoefte voorzien door aardgas. Deze gasvraag kan significant omlaag worden gebracht middels energievraagreductie door bijv. isolatie en door het gebruiken van duurzame energie bronnen, bijv. zonthermische systemen. Tegelijkertijd is het van groot belang om het rendement uit de aardgasvoorziening te verbeteren. Dit geldt met name voor de bestaande bouw, waar reductie van vraag of inpassing van duurzame energie vaak organisatorisch, praktisch en kostenefficiënt moeilijk te realiseren is. Micro-wkk maakt het verhogen van het conversierendement uit de aardgasvoorziening mogelijk.

De commerciële marktintroductie van de HRe-ketel is nu in 2010. Vanwege de eenvoudige inpasbaarheid in bestaande woningen en aansluiting bij huidige marktstructuren is de marktverwachting gespiegeld aan de ontwikkeling van de HR-ketel. Een micro-wkk vereist namelijk geen bouwkundige ingrepen of aanpassingen aan het afgiftesysteem en de elektrische aansluiting. Door aan te haken op de grote vervangingsmarkt voor cv-ketels kan micro-wkk snel bijdragen aan de besparingsdoelstellingen van marktpartijen en overheden.

#### 1.1.1 Alle zeilen moeten bij om de besparingsdoelstellingen te halen

Overheid en marktpartijen onderschrijven het belang van de afgesproken ambitieuze doelstellingen voor de woningbouw. In 2020 moet een CO<sub>2</sub>-emissiereductie van 30% t.o.v. 1990 worden gerealiseerd [12,14] en een energiebesparing van 2% per jaar vanaf 2007.

Om deze doelstelling te bereiken moet er maximaal gebruik worden gemaakt van beschikbare oplossingen. Ter illustratie is de energiebesparingsdoelstelling<sup>3</sup> van 22% in 2020 geprobeerd te behalen door in te zetten op vier extremen, alleen isoleren, vraagreductie elektriciteit, alleen efficiënte warmte-installaties en alleen duurzame elektriciteitsproductie. Voor elke variant is een vertaling gemaakt van hoe deze maatregel zou uitwerken in de praktijk:

maatregel	benodigd	Huidige praktijk
Isoleren	900.000 woningen/jaar	Plan voor 300.000 woningen per jaar in 2010 30.000 gerealiseerd
Vraagreductie elektriciteit	50% reductie voor alle NL huishoudens	Groei van 2% per jaar
CV-installaties vervangen	800.000 woningen van VR naar HR of van HR naar HRe	400.000 woningen per jaar krijgen nieuwe cv-ketel
Duurzame bronnen	3000 MWe Zon PV per jaar	Budget 2009 was gelimiteerd tot 15 MWe

Met geen enkele enkelvoudige oplossing kan de doelstelling worden gehaald! Een vergaande isolatieslag in de woningbouw moet gepaard gaan met de maximale inzet van efficiënte installatietechnieken om de overheidsdoelstellingen te behalen. Een positieve uitrol van de meest moderne en efficiënte installatietechnieken is dus hard nodig.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Een besparing van 22% in 2020 komt overeen met het cumulatieve effect van tien jaar lang 2% besparen.

<sup>4</sup> Dit wordt ook inzichtelijk gemaakt in het document "Gas aan het werk", zie referentie [16].

### Bestaande bouw zeer belangrijk

Het woningbestand in 2020 bestaat nog ca 85% uit woningen van vóór 2005 (zie referentie [7]). Zonder goede oplossingen voor de bestaande bouw kunnen de besparingsdoelstellingen voor de woningbouw niet gehaald worden. Vraagreductie doormiddel van isolatie en efficiëntere apparatuur moeten de basis vormen van de besparingspolitiek. Streven is om jaarlijks 300.000 woningen<sup>5</sup> sterk na te isoleren [14], waardoor de warmtevraag 20-30% per huishouden afneemt.

Vervolgens moet de resterende vraag duurzaam/efficiënt en betaalbaar worden ingevuld op zowel woning-, wijk- als nationaal niveau. Er ligt een grote rol voor efficiënte warmteinstallaties want 65%<sup>6</sup> van de woningmarkt zal in 2020 de huidige cv-ketel hebben vervangen.

Uiteraard zal nieuwbouw de basis leggen voor een lange termijn energiezuinige gebouwde omgeving. Energieneutraal bouwen moet binnen een tijdsbestek van 10-15 jaar standaard worden, zo is het streven in het Lenteakkoord<sup>7</sup> "Energiebesparing in de nieuwbouw". Daarbij moet een toenemende elektriciteitsvraag uiteraard niet worden vergeten.

## 1.2 Opties voor verwarminginstallaties in bestaande bouw

De bestaande bouw is zeer divers door verschillen in isolatiegraad, ventilatiesystemen, bouwconstructie, afgiftesystemen etc. Veel opties voor nieuwbouwsituaties zijn niet zondermeer toepasbaar in de bestaande bouw.

Werkpaarden voor de bestaande bouw zijn de zonnegascombi's, de HR-ketel met lucht/water warmtepomp (hybride warmtepomp) en micro-wkk. Hieronder worden de besparingseffecten van de alternatieven beschreven voor een typisch Nederlands huishouden<sup>8</sup> met een energievraag van 1650 m<sup>3</sup> aardgas en een elektriciteitsverbruik van 3500 kWh.

	Energieverbruik		Primair energieverbruik	
	Aardgas	Elektriciteit	Totaal	Besparing
HR-107 ketel	1650 m <sup>3</sup>	3500 kWh	~80 GJ	
Micro-wkk Stirling	1900 m <sup>3</sup>	1250 kWh	~70 GJ	10-15%
Hybride warmtepomp	850 m <sup>3</sup>	5100 kWh	~70 GJ	10-15%
Zonthermisch	1350 m <sup>3</sup>	3500 kWh	~75 GJ	5-10%

**Tabel 2: Vergelijking van besparingsopties voor verwarmingsinstallaties in de bestaande bouw.**

De tabel laat zien dat de verschillende opties gelijkwaardig in energiebesparing zijn maar dat de manier waarop energie wordt bespaard verschillend is<sup>9</sup>. HRe-ketels verbruiken meer gas en reduceren de elektriciteitsvraag en hybride ketels met een warmtepomp verbruiken meer elektriciteit en reduceren de gasvraag. Tabel 2 geeft deze resultaten grafisch weer.

Indien we dezelfde vergelijking zouden maken voor een sterk nageïsoleerde woning dan blijven de resultaten van dezelfde orde grootte. Door na-isolatie kan de energieprestatie van de hybride warmtepomp verbeteren omdat de afgiftetemperatuur dan verder omlaag kan. De verwachting is dat door de technische ontwikkeling van zonthermische systemen

<sup>5</sup> Op dit moment worden naar schatting 30.000 woningen per jaar geïsoleerd.

<sup>6</sup> Op basis van de huidige vervangingsmarkt van 400.000.

<sup>7</sup> Afspraak tussen Ministeries van WWI en VROM, NEPROM, Bouwend Nederland en NVB, zie referentie [15].

<sup>8</sup> Van deze gasvraag wordt 300 m<sup>3</sup> ingezet voor warm tapwater (bron: [3]).

<sup>9</sup> Deze conclusie blijft ook geldig in scenario's met een grotere of kleinere warmtevraag.

---

en de micro-wkk de energiebesparing van deze technieken gelijke tred zal houden met hybride warmtepomp.

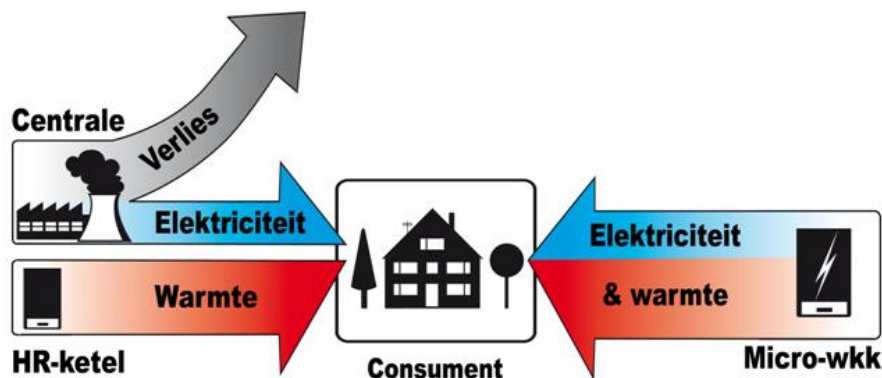
### **1.3 Leeswijzer**

Dit document gaat nader in op de ontwikkelingen rond de micro-wkk. In de hoofdstuk 2 wordt uitleg gegeven over de technische achtergrond van de micro-wkk. In hoofdstuk 3 zijn de reeds bereikte mijlpalen en de verwachte marktontwikkeling van micro-wkk beschreven. Hoofdstuk 4 beschrijft de effecten van invoering van micro-wkk in Nederland en hoe micro-wkk kan helpen om energie te besparen en de CO<sub>2</sub>-uitstoot te reduceren. Tot slot gaat hoofdstuk 5 in op de voorwaarden die nodig zijn om het potentieel van micro-wkk in Nederland te ontsluiten.

## 2 Wat is micro-wkk

### 2.1.1 Het principe van micro-wkk

De komende jaren komt een nieuwe generatie verwarmingsketels op de markt die naast warmte ook elektriciteit opwekt, de micro-wkk (warmtekrachtkoppeling). Door de koppeling tussen warmteproductie en elektriciteitsopwekking ontstaat een forse energiebesparing. Bij centrale elektriciteitsproductie wordt doorgaans meer dan 50% van de energie-inhoud bij elektriciteitsproductie weggegooid in de vorm van restwarmte. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur.



Figuur 3: Principe van energie besparen met micro-wkk

Nederland heeft al veel ervaring met het wkk-concept bijvoorbeeld in de industrie en glastuinbouw. WKK is in Nederland verantwoordelijk voor circa 40% van de elektriciteitsproductie en daarmee zijn we één van de Europese koplopers. Nederland is met deze ervaring dan ook een logische springplank voor micro-wkk.

In de afgelopen jaren is gebleken dat WKK één van de meest kosteneffectieve maatregelen is om CO<sub>2</sub>-emissies te beperken en energie te besparen. Naar verwachting zal micro-wkk hierop geen uitzondering vormen.

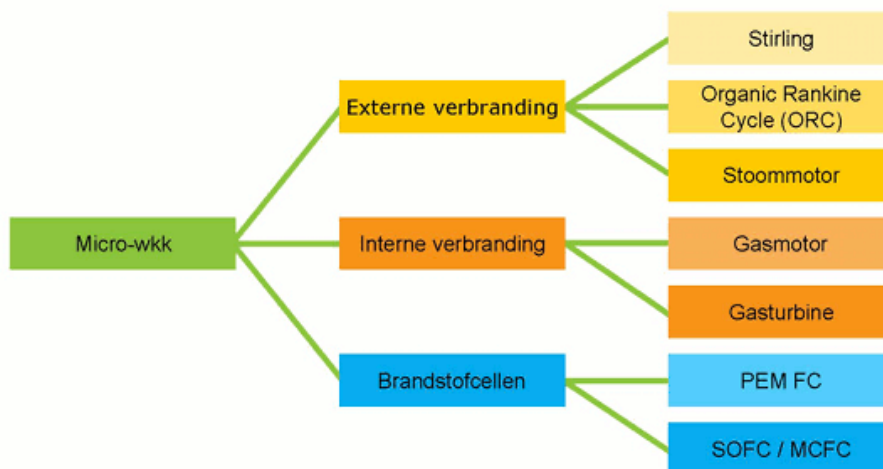
## 2.2 Methoden voor opwekking van elektriciteit met micro-wkk

### 2.2.1 Verschillende technologieën mogelijk voor micro-wkk

Het concept micro-wkk, gelijktijdige productie van warmte en elektriciteit op woningniveau, kan met verschillende technologieën worden ingevuld. Het verschil zit in de manier waarop er elektriciteit uit de brandstof wordt gemaakt. De verschillende techniekconcepten kunnen worden gegroepeerd naar drie verschillende techniekgroepen:

1. externe verbranding (warmte wordt overgedragen aan een ander medium)
2. interne verbranding (verbrandingsproces drijft direct aan)
3. brandstofcellen (chemische omzetting)

Binnen deze technologiegroepen is weer een verder onderscheid mogelijk naar subtechnologieën. Dit is weergegeven in figuur 6.



**Figuur 4: Techniekconcepten voor micro-wkk**

In Nederland is de micro-wkk op basis van een Stirlingmotor het dichtst bij markt-introductie. De Stirlingmotor presteert zeer goed in betrouwbaarheid, levensduur en beperkte onderhoudskosten. Er zijn drie type Stirlingmotoren dicht bij marktintroductie:

- Microgen Engine Company (MEC)
- Rinnai-Infinia-Enatec
- WhisperGen (Mondragon).

Naar verwachting zal de Stirlingtechnologie tot 2030 een grote bijdrage leveren aan de invulling van het micro-wkk-potentieel.

Ook leveranciers van gasmotoren stemmen momenteel hun productontwikkeling af op de Nederlandse markt. In Japan worden bijvoorbeeld al veelvuldig gasmotoren van 1 kWe toegepast (huidig aantal 90.000). Deze zijn nog niet geschikt voor de Nederlandse markt omdat deze in Japan buiten staan opgesteld en er daarom andere eisen worden gesteld aan ruimtegebruik, emissies en geluidsniveaus.

Niet alleen in Europa maar ook elders in de wereld zijn naast de stirling- en gasmotor ook technische concepten voor micro-wkk in ontwikkeling zoals gasturbines, ORC (Organic Rankine Cycle), stoomturbines en brandstofcellen. De meeste van deze technologieën bevinden zich nog in de R&D fase, sommige naderen de fase van veldtesten.

De eerste generatie micro-wkk's plaveit de weg in de markt doordat installateurs, retailers, netwerkbedrijven, ketelfabrikanten en woningbouwcorporaties ervaring opdoen met decentrale elektriciteitsproductie. Van deze kennis en aangepaste marktprocessen kunnen nieuwe toetreders gebruik maken.

## 2.2.2 Toekomstige kansen voor micro-wkk




Er bestaat wereldwijd een sterke concurrentie tussen verschillende technologie-ontwikkelaars. Dit onderzoek zal naar verwachting leiden tot hogere elektrische rendementen en goedkopere micro-wkk systemen. Voor vrijwel alle technologiegroepen bestaat een groot doorontwikkelpotentieel. Zo wordt nu al gekeken naar verbeterde Stirlingconcepten die een elektrisch rendement kunnen behalen van rond de 30%. Een consultatie onder micro-wkk ontwikkelaars in 2005 leidde tot het volgende beeld voor het doorontwikkelpotentieel van micro-wkk:

	2010			2020		
	Stirling	Gasmotor	Brandstofcel	Stirling	Gasmotor	Brandstofcel
$\eta_e^*$ (range) (ow)	14% (12-20)	20% (18-25)	35% (30-40)	25% (20-30)	25% (20-30)	40% (35-45)
$\eta_{overall}^*$ (ow)	105%	95%	85%	105%	105%	95%
$P_e$	1	1	1	1	1	1
$P_{th}$	6,1	3,8	1,4	4,9	3,0	1,4
	Beschikbaar	Demofase	Demofase	Beschikbaar	Beschikbaar	Beschikbaar

\* Verwachte stationaire rendementen

**Tabel 3: Resultaat consultatie fabrikanten 2005.**

Brandstofcellen bieden ook perspectief op hoge elektrische rendementen. Rendementen van 30-40% lijken haalbaar met behulp van brandstofcellen. Daarvoor lopen nu verschillende laboratorium testen, zie onderstaande voorbeelden:

	AHEAD	BETA 1,5 Plus (Home Energy Centre)	Net~Gen PLUS
			
Leverancier:	Acumentrics	Baxi Innotech	Ceramic Fuel Cells Limited
Type:	SO FC	PEM FC	SO FC
Elektrisch vermogen:	1 kW nominaal, 2,5 kW piek	1,5 kW netto	1 kW
Thermisch vermogen:	1-24 kW	3+15 kW	~250 W - exhaust stream cooled to 60°C ~650 W - exhaust stream cooled to 20°C
Elektrisch rendement:	30% at nominal power	25% netto	> 50%
Totaal rendement	90%	> 80%	60 to 85% depending on exhaust temp.

**Figuur 5: Lopende testen met brandstofcellen 2009**

Uitgaande van volledige warmtebenutting leidt tot dit primaire opwekkingsrendementen van 300%-500%<sup>10</sup>. Door het verhogen van de warmte/kracht verhouding zal het

<sup>10</sup> Hierbij wordt de benodigde brandstofinput gecorrigeerd voor de vermeden brandstof die anders nodig zou zijn geweest voor de elektriciteitsproductie.

thermisch vermogen naar verwachting afnemen. Hierdoor kan micro-wkk in toenemende mate naast ruimteverwarming ingezet worden voor de warm tapwatervoorziening om zo de eigen elektriciteitsbehoefte af te dekken. Hierdoor zal de toepassing van micro-wkk verbreed worden.

Technisch zijn er echter nog stevige uitdagingen te gaan voordat deze technieken in de Nederlandse markt als micro-wkk beschikbaar zal zijn.

### 2.3 Hoogwaardige techniek onder Gaskeur HRe®

Om aan de consument duidelijk te maken welke micro-wkk systemen een aantoonbare energie(kosten)besparing hebben is in 2007 is de beslissing genomen tot invoering van een HRe-label onder de Stichting Energie Prestatiekeur (EPK). HRe staat voor Hoog Rendement elektriciteit.

Het HRe-label borduurt voort op het succes van het gaskeur HR label. Dankzij dit label kon worden aangetoond dat een HR toestel op een efficiency niveau van 107% de meest optimale toepassing is. Daardoor zijn vrijwel alle in Nederland verkochte cv-toestellen voorzien van het Gaskeur HR107 label. Voor toepassing van het HRe label onder Gaskeur is de eis gesteld dat er een minimaal energie efficiency niveau moet zijn van 125%. Dit is een combinerendement van HR 107 gecombineerd met vermeden verliezen bij centrale opwekking van elektriciteit.



Voor de eisen aan de opwekking van warmtapwater zal eenzelfde redenering worden gevolgd: de HRe-toestellen zullen een aanmerkelijk beter rendement moeten hebben dan de huidige, meest moderne HR toestellen.

Micro-wkk met een gaskeur HRe-label mogen dus HRe-ketels worden genoemd. Met dit label is het voor marktpartijen helder welke producten een gegarandeerde energie-(kosten)besparing op zullen leveren.

### 2.4 Toepassing van micro-wkk voor de consument

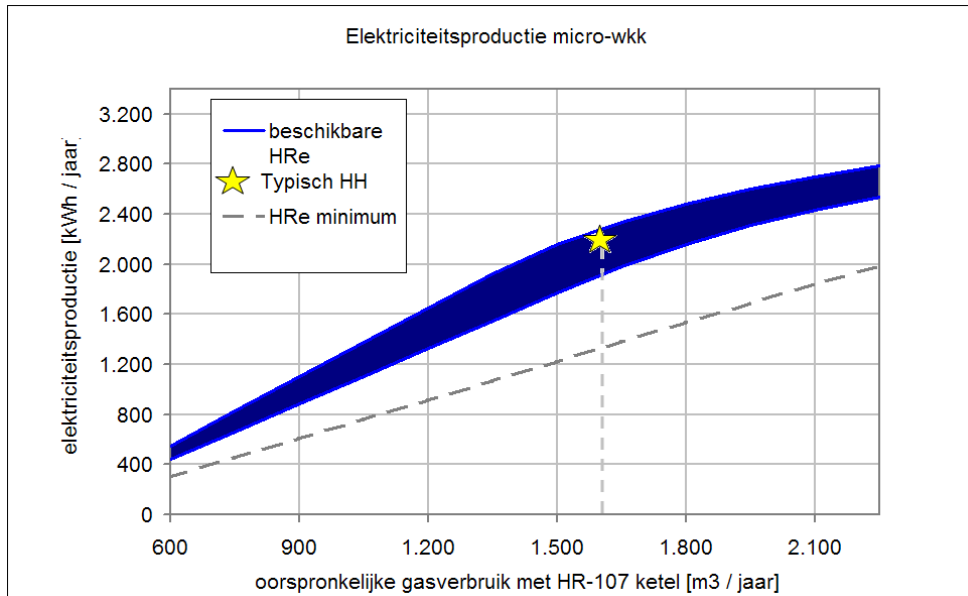
#### 2.4.1 Inpassing in de energievoorziening van huishoudens

Een micro-wkk volgt de ruimteverwarmingsvraag een huishouden. Naast warmte wordt dan gelijktijdig ook elektriciteit geproduceerd. De micro-wkk levert de basislast van het verwarmingsvermogen. Voor de zeer koude dagen en warm tapwatergebruik, waarbij het thermisch vermogen van de micro-wkk niet toereikend is, zorgt de piekbrander met HR-rendement voor de benodigde warmte. Daarnaast kan met behulp van een buffervat<sup>11</sup> ook warmte voor warm tapwater geproduceerd, dit levert met name in de zomer extra productie van elektriciteit op.

De productie van elektriciteit is afhankelijk van de warmtevraag van een huishouden. Bij een hogere warmtevraag zal er meer elektriciteit worden geproduceerd, gemaximeerd door het thermische vermogen van de micro-wkk. In onderstaande grafiek is de bandbreedte weergegeven van de elektriciteitsproductie met de huidige beschikbare

<sup>11</sup> Een buffervat is noodzakelijk omdat het thermisch vermogen niet toereikend is warm tapwater gebruik en omdat tapwatergebruik plaatsvindt gedurende relatief korte intervallen.

micro-wkk's bij het oorspronkelijke verbruik aan aardgas in een woning.



**Figuur 6: Elektriciteitsproductie met een micro-wkk als functie van de warmtevraag**

Het blauwe vlak geeft de bandbreedte aan van de energieprestaties van de huidige beschikbare marktmodellen. Voor een gemiddeld huishouden, met een gasverbruik van 1650 m<sup>3</sup>, kan een micro-wkk de helft tot driekwart van de elektriciteitsvraag afdekken. Tegelijkertijd neemt de consumptie van aardgas iets toe.

### 3 Marktontwikkeling micro-wkk

De afgelopen 5 tot 10 jaar is er al meer dan 100 miljoen Euro geïnvesteerd in de ontwikkeling en het testen van de micro-wkk technologie (vnl Stirling technologie) en de besparing die met micro-wkk gerealiseerd kan worden. Hierbij zijn met name de bedrijfszekerheid, het rendement, de veiligheid en alle overige zaken die betrekking hebben op een lange en betrouwbare levensduur, getest.

In samenwerking met een aantal grote en vooraanstaande ketelproducenten zijn elektriciteit producerende componenten geïntegreerd in nieuwe cv-concepten. Kleinere en grotere veldtesten zijn en worden uitgerold ter voorbereiding van commerciële markt-introducties die in 2010 verwacht worden. De concepten zijn reeds zover uitgewerkt dat het vertrouwen van de fabrikanten van ketels in de technische toepasbaarheid en betrouwbaarheid, alsmede de marktmogelijkheden zo groot is, dat vooraanstaande bedrijven als Baxi, Bosch, Elco Heating Solutions, Nefit, Remeha, Vaillant en WhisperGen deze ontwikkeling hebben geïntegreerd in hun toekomstvisie en strategie.

#### 3.1 Mijlpalen HRe

##### 3.1.1 Eerste 1.000 in Nederland

In het stookseizoen 2010 zullen in Nederland 1.000 toestellen onder gecontroleerde marktbegeleiding geplaatst zijn. Hieronder een overzicht van de projecten in uitvoering:

Project	Start project	Fabrikant	Aantal
Proefproject Whispergen	2006	WhisperTech	50
Proefproject Microgen Stirling	2007	Remeha, Vaillant	150
Project Duurzaam Ameland	2009	Ariston (Elco Heating Solutions)	100
Smart Power City Apeldoorn	2009 en 2010	Remeha, Baxi	200
Uitrol 600 eenheden	2009 en 2010	Remeha, Baxi	600
Totaal			1.100

Tabel 4: Proefprojecten met micro-wkk in Nederland.

In de EU is het aantal micro-wkk's van 1 kWe nog maar zeer beperkt. Nederland is nu nog een koploper. Maar ook in Duitsland, Engeland en Frankrijk is men zeer geïnteresseerd in de ontwikkeling van de micro-wkk.

##### 3.1.2 Grootschalige inzet op wijkniveau

Door een gemeenschappelijk inzet van SPF, energiebedrijven en GasTerra zijn in 2007 en 2008 simulatietesten uitgevoerd naar een grootschalige inzet van de HRe-ketel op wijkniveau. De testen staat bekend als de "Weilandproef 1" en "Weilandproef 2" en zijn uniek op de wereld. Met een fysiek LS-net en ca. 50 echte micro-wkk's in één proefruimte zijn de statische en dynamische effecten op de elektrische infrastructuur beproefd. Aangehouden kon worden dat de grootschalige inzet van micro-wkk toestellen (met twee verschillende typen Stirlingmotoren) geen nadelige gevolgen heeft voor de veiligheid en doelmatigheid van het elektrische net op wijkniveau.

Netwerkbedrijven samen met de retailers hebben op basis van deze testprocedure het vertrouwen gekregen dat een micro-wkk veilig kan worden aangesloten en dat teruglevering ook geen technische problemen oplevert.

De weilandproeven hebben netbeheerders en energiebedrijven tevens de overtuiging gebracht om ook in de praktijk de effecten van micro-wkk te beproeven. In 2009 is daarom gestart met een grootschalige wijkproef in Apeldoorn onder de noemer Smart Power City. Hierbij worden er 200 micro-wkk's achter een wijktransformator gezet om de praktijkeffecten in samenwerking met huishoudens te monitoren.

### *3.1.3 Vorming consortia voor grootschalige productie.*

In 2007 zijn op mondiaal niveau contracten getekend voor de opzet van een grootschalige productie van de Stirlingmotoren. Er zijn drie consortia opgericht.

#### *Microgen Engine Company (MEC)*

Microgen Engine Company ontwikkelt een vrije-zuiger Stirlingmotor. Het van oorsprong Britse bedrijf heeft in 2008 een doorstart gemaakt met voornamelijk Europese ketel-fabrikanten als nieuwe aandeelhouders. Momenteel wordt er hard gewerkt in een productielocatie in China. In Nederland zijn Remeha, Baxi en Vaillant aan het werk om micro-wkk's met deze Stirlingmotor op de markt te brengen.

#### *Rinnai-Enatec-Infinia*

Enatec is een Nederlands bedrijf dat een vrije-zuiger Stirling motor ontwikkelt in samenwerking met Infinia. In 2008 is de samenwerking aangegaan met het Japanse Rinnai, die de massaproductie van de Stirlingmotoren voor haar rekening zal gaan nemen. In Nederland zal de micro-wkk op basis van deze Stirlingmotor worden vermarkt door Eneco en Nefit en Bosch.

#### *Mondragón – Meridian Energy*

Het Spaanse Mondragón Corporación Cooperativa and het Nieuw-Zeelandse Meridian Energy zijn in 2007 een samenwerking gestart voor de grootschalige productie van een kinematische Stirlingmotor. Deze zal op de markt worden gebracht onder de naam WhisperGen.

#### *Gasmotoren*

Andere concepten zijn nog niet zijn niet zover.

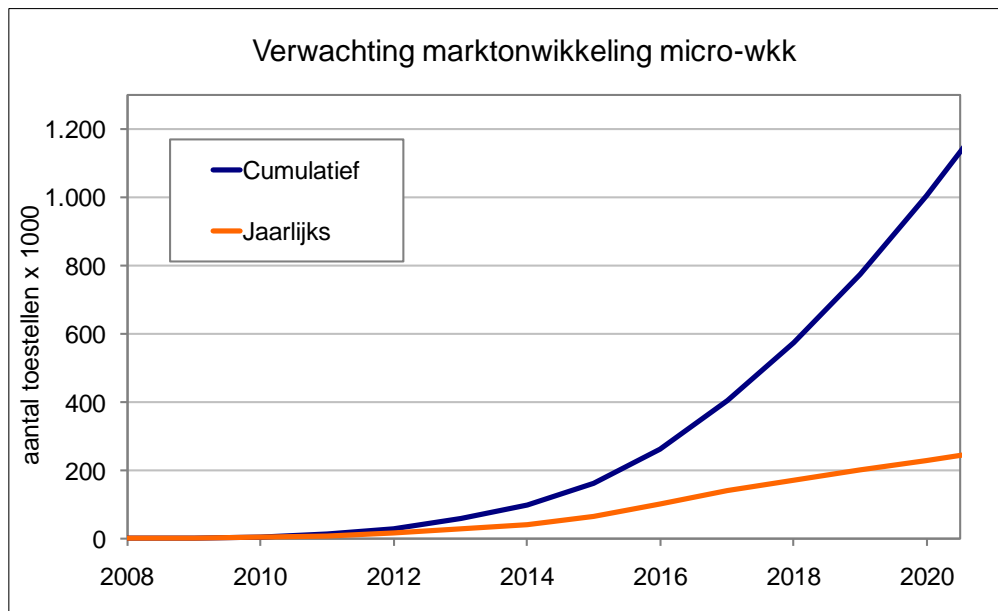
## **3.2 Marktverwachtingen micro-wkk**

De commerciële marktintroductie van de HRe-ketel is voorzien voor 2010. Vanwege de eenvoudige inpasbaarheid in bestaande woningen en aansluiting bij huidige markt-structuren is de marktverwachting gespiegeld aan de ontwikkeling van de HR-ketel. Een micro-wkk vereist namelijk geen bouwkundige ingrepen of aanpassingen aan het afgiftesysteem en de elektrische aansluiting. Hierdoor kan de micro-wkk in potentie eenvoudig inhaken op de grote vervangingmarkt voor cv-ketels en snel tot volume-ontwikkeling komen.

Op basis van deze brede toepasbaarheid is de verwachting dat in 2020 circa 50% van de vervangingsmarkt zal worden ingevuld met een micro-wkk. In 2020 zullen dan circa 1 miljoen micro-wkk ketels opgesteld staan.

Alle grote bij SPF aangesloten leveranciers onderschrijven deze marktontwikkeling en hebben zich gecommitteerd aan de productontwikkeling van de micro-wkk. Voor de komende jaren wordt gefocust op het proces van opschaling en de plaatsing van in totaal 100.000 eenheden t/m 2014.

In nauw overleg met marktpartijen heeft SPF de in Figuur 7 aangegeven marktontwikkeling geformuleerd. De aangegeven aantallen zijn doelstellend voor Nederland.



**Figuur 7: Verwachte marktontwikkeling HRe-ketel.**

Uitgangspunten voor deze marktontwikkeling zijn:

- Geen bouwkundige of elektrotechnische ingrepen nodig in de installatie.
- Een terugverdiertijd van vijf jaar is acceptabel voor de consument.

### 3.3 Micro-wkk in context van andere marktontwikkelingen

#### *Micro-wkk in combinatie met duurzaam*

Micro-wkk gaat goed samen met andere duurzame ontwikkelingen zoals zonPV en zonthermisch. Ze vullen elkaar goed aan in de productie over het jaar. Een micro-wkk produceert voornamelijk in de winter en het een deel van het voor- en naseizoen. Een zonnecollector of zonnepaneel produceert voornamelijk in de zomer en ook een deel in het voor- en naseizoen.

Micro-wkk vormt dus geen lock-in voor fossiele brandstoffen. Bovendien heeft micro-wkk dezelfde levensduur als een HR-ketel (ca 15 jaar) en daarmee is de vervangingsnelheid relatief hoog. Indien een huishouden dan kan kiezen voor een volledig duurzame cv-installatie kan deze als vervanging van de micro-wkk worden ingezet.

#### *Micro-wkk en isolatie*

In de praktijk zullen isolatie en een vervanging van de cv-installatie vaak niet *gelijktijdig* plaatsvinden omdat de beslismomenten hiervoor anders zijn. De cv-ketel wordt vervangen zodra deze kapot is en aanpassingen aan de gebouwschil vinden vaak plaats bij een verbouwing of verhuizing.

De voorziene marktontwikkeling van micro-wkk zal naar verwachting goed samengaan met een grootschalige isolatieslag in de bestaande bouw. Beide oplossingen zijn hard nodig om de beleidsdoelstellingen te behalen en er is voldoende ruimte in de markt voor beide energiebesparende oplossingen naast elkaar toe te passen.

---

Isolatie zal de relatieve energiebesparing van micro-wkk niet reduceren. Maar net als voor elke vervanger van de HR-ketel zal de energiebesparing in absolute zin wel kleiner worden. Hierdoor geldt ook in het algemeen dat er in de bestaande bouw aandacht nodig voor de te realiseren energiekostenbesparing zodat de meerinvestering kan worden terugverdiend. Dit zal met name gelden voor appartementen/galerijflats waar energiebesparende technieken niet snel terugverdiend kunnen worden door de lage energievraag. Maar de verwachting is dat door de techniekontwikkeling ook deze huishoudens op termijn kunnen profiteren van een micro-wkk.

## 4 Voordelen van micro-wkk

### 4.1 Energiebesparing geeft economische impuls

Energiebesparing geeft de economie ook een impuls. Energiebesparing vertaalt zich direct in een toegenomen koopkracht voor de burger. Een huishouden bespaart netto op de energierekening omdat er aanzienlijk minder elektriciteit van het net gekocht hoeft te worden tegen een geringe toename van de gasconsumptie.

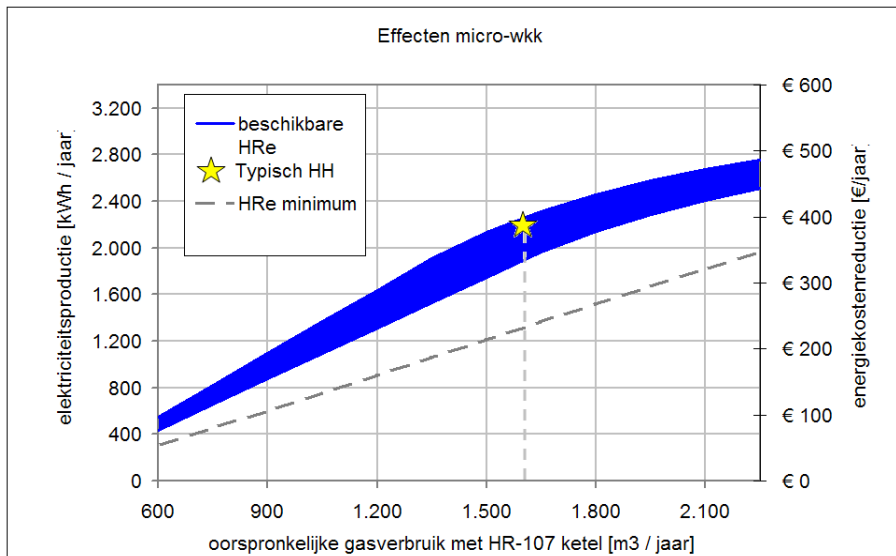
#### *Rekenvoorbeeld typisch huishouden*

Een typisch Nederlands huishouden met een gasverbruik van 1650 m<sup>3</sup>/jaar<sup>12</sup> produceert 2250 kWh elektriciteit per jaar op basis van de huidige stand van de micro-wkk techniek. Hiermee kan een huishouden per jaar 300-450 euro aan energiekosten uitsparen, uitgaande van de energieprijzen medio 2009. Dit resultaat wordt geïllustreerd aan de hand van twee energierekeningen.

'Oude energierekening' (met een HR-ketel)			'Nieuwe energierekening' (met een micro-wkk)		
<i>prijs elektriciteit: € 0,23 per kWh (incl. BTW)</i>			<i>prijs elektriciteit: € 0,23 per kWh (incl. BTW)</i>		
<i>prijs aardgas: € 0,52 per m<sup>3</sup> (incl. BTW)</i>			<i>prijs aardgas: € 0,52 per m<sup>3</sup> (incl. BTW)</i>		
Aardgas	1650 m <sup>3</sup>	858 EUR	Aardgas	1890 m <sup>3</sup>	982 EUR
Elektriciteit	3500 kWh	805 EUR	Elektriciteit	1250 kWh	288 EUR
Totaal		1663 EUR	Totaal		1260 EUR

De jaarlijkse besparing op de energierekening met micro-wkk is voornamelijk afhankelijk van de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit. In onderstaande figuur zijn de elektriciteitsproductie en de kostenbesparing afgezet tegen het oorspronkelijke gasverbruik van een woning. Het blauwe vlak geeft de bandbreedte aan van de energieprestaties van de huidige beschikbare marktmodellen.

<sup>12</sup> Het gemiddelde gasverbruik voor ruimteverwarming is dan 1350 m<sup>3</sup> per jaar [6]. De overige 300 m<sup>3</sup> wordt voor warm tapwater ingezet.



**Figuur 8: Kostenreductie door een HRe-ketel t.o.v. een HR107-ketel**

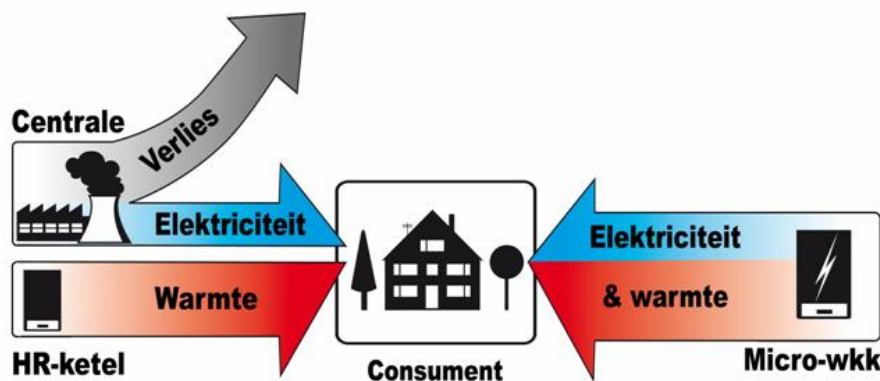
De kostenbesparing zal dus afnemen bij een afnemende warmtevraag (bijvoorbeeld door een toename van isolatie). De verwachting is dat de verbetering van het elektrisch omzettingsrendement van de micro-wkk gelijke tred zal houden met een afnemende ruimteverwarmingsvraag in de bestaande bouw door isolatie. Hierdoor blijft het niveau van energie(kosten)besparing door de micro-wkk op peil.

*Effecten voor de overheid*

De energiebesparing met micro-wkk zal voor de rijksoverheid enerzijds gepaard gaan met een reductie van de opbrengsten uit energiebelasting. Daartegenover staan toegenomen inkomsten uit BTW op de meerinvestering van de micro-wkk.

**4.2 CO<sub>2</sub>-emissiereductie, energiebesparing en verduurzaming**

Waarom bespaart een HRe-ketel energie? Omdat bij de opwekking van elektriciteit er gemiddeld meer dan 50% aan energieverlies optreedt. De besparing op primaire energie wordt dus niet gerealiseerd in de woning zelf maar ontstaat door vermeden warmteverliezen van de elektriciteitscentrale en verliezen in het elektriciteitsnet.



**Figuur 9: Principe van energie besparen met micro-wkk**

In de HRe-ketel wordt behalve warmte tevens elektriciteit opgewekt, met een gezamenlijk rendement van 107%. Met iedere m<sup>3</sup> gas (calorische waarde 31,65 MJ/ m<sup>3</sup> op onderwaarde) wordt 9,4 kWh aan energie opgewekt. Het rendement van deze decentrale vorm van energieproductie is daarmee twee keer zo hoog als de beste STEG-centrale kan bereiken.

Ook de emissiefactoren per geproduceerde kWh elektriciteit zijn aanzienlijk beter dan de gemiddelde elektriciteitscentrale in Nederland, zie hiervoor Tabel 5.

		CO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [gram]	SO <sub>2</sub> [gram]
Elektriciteitscentrale (bron: [2])	kWh	0,566	0,15	0,425
HRe-ketel	kWh	0,189	0,06	0,002

**Tabel 5: Emissies van een HRe-ketel vergeleken met een elektriciteitscentrale.**

#### Rekenvoorbeeld typisch huishouden

Een gemiddeld Nederlands huishouden voorkomt jaarlijks circa 850 kg CO<sub>2</sub>-uitstoot met de huidige stand van de techniek. Zie hiervoor ook de CO<sub>2</sub>-balans voor een typisch huishouden op basis van het gas- en elektriciteitsverbruik:

'Oude CO <sub>2</sub> -balans' (met een HR-ketel)			'Nieuwe CO <sub>2</sub> -balans' (met een micro-wkk)		
<i>Emissie elektriciteit: 560 gr CO<sub>2</sub> per kWh</i>			<i>Emissie elektriciteit: 560 gr CO<sub>2</sub> per kWh</i>		
<i>Emissie aardgas: 1780 gr CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup></i>			<i>Emissie aardgas: 1780 gr CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup></i>		
Aardgas	1650 m <sup>3</sup>	2937 kg CO <sub>2</sub>	Aardgas	1890 m <sup>3</sup>	3364 kg CO <sub>2</sub>
Elektriciteit	3500 kWh	1960 kg CO <sub>2</sub>	Elektriciteit	1250 kWh	700 kg CO <sub>2</sub>
Totaal		4897 kg CO <sub>2</sub>	Totaal		4064 kg CO <sub>2</sub>

Het primair energieverbruik van een typisch huishouden daalt met 10-15%. In de praktijk vertaald dit zich voor de meeste woningen naar een verbetering van het energielabel met 1 labelstap<sup>13</sup>.

In nieuwbouwsituaties levert de micro-wkk op basis van de huidige energieprestatie een EPC reductie op van 0,1 tot 0,2 EPC punten.

#### 4.2.1 Trends met micro-wkk voor Nederland

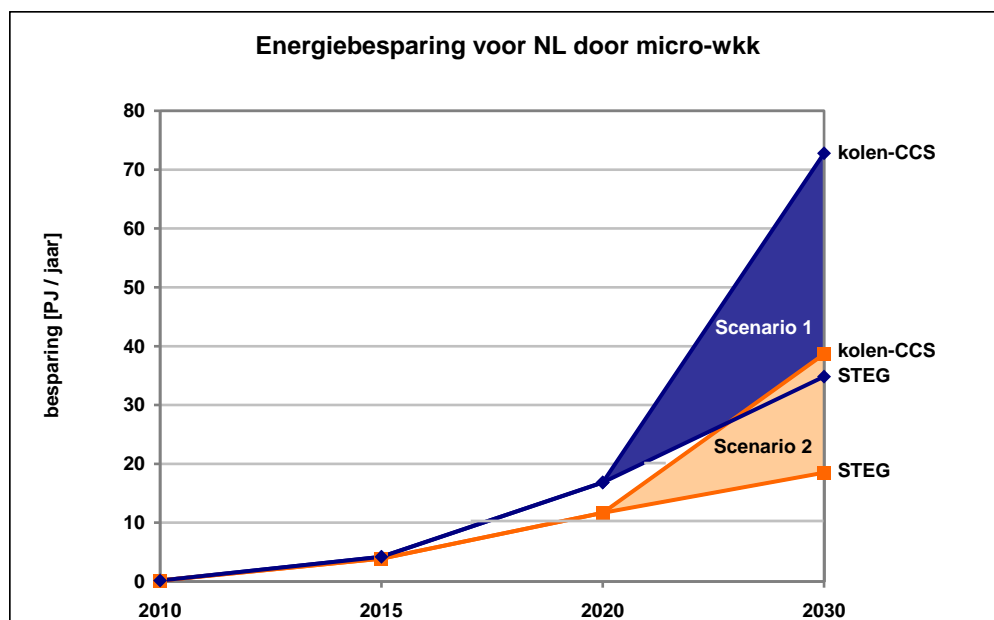
De mogelijkheden voor energiebesparing met micro-wkk in de gebouwde omgeving zijn groot. Micro-wkk is een oplossing die in de bestaande bouw eenvoudig en tegen een redelijke prijs toe te passen is.

<sup>13</sup> Bij de vervanging van een HR-ketel. Indien een VR-ketel vervangen wordt kan de verbetering oplopen naar 2 labelstappen.

Een uitgebreide analyse van het potentieel voor energiebesparing en CO<sub>2</sub>-emissiereductie in Nederland is uitgevoerd in opdracht van de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen onder Platform Nieuw Gas (zie referenties [8,9]). In deze studie wordt voor twee marktscenario's gekeken naar het langjarige effect van micro-wkk op energiebesparing in Nederland.

Daarbij wordt micro-wkk afgezet tegen de nieuwste en meest efficiënte centrales. Uitgangspunt is dat tot en met 2020 de elektriciteitsproductie door micro-wkk kan worden opgevangen door bijregelen van bestaand vermogen (operational margin) en dat in 2030 door micro-wkk uitrol het bijbouwen van één of meerdere centrales wordt vermeden (build margin). Tot 2020 wordt daarom vergeleken met een STEG centrale en voor 2030 wordt er een vergelijking gemaakt met twee specifieke type elektriciteitscentrales: een moderne STEG-centrale en een kolenvergassingseenheid met toepassing van CCS<sup>14</sup>. Hiermee worden de extremen weergegeven.

De resultaten uit het rapport zijn weergegeven in Figuur 10 en Figuur 11.

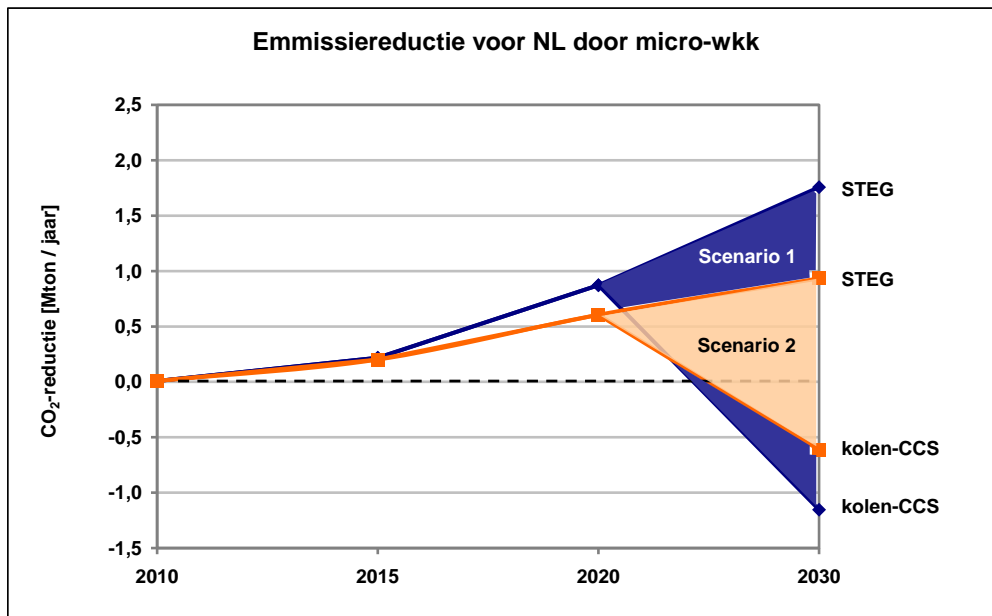


**Figuur 10: Totale energiebesparing voor Nederland met micro-wkk (bron: [9]).**

Duidelijk is te zien dat micro-wkk energie bespaart, onafhankelijk van het gekozen scenario of referentietechnologie. Er ontstaat een grote range aan energiebesparing omdat het rendement van een STEG en een kolengestookte centrale met CCS sterk uiteenlopen.

Op basis van de huidige marktverwachting van SPF van 1 miljoen stuks in 2020 zou de energiebesparing met micro-wkk uitkomen op 12 PJ. Ter vergelijking: de energiebesparingsambitie van woningcorporaties voor 2020 is 24 PJ. Indien de helft van alle micro-wkk's in de sociale woningbouw wordt geplaatst kan hiermee dus 25% van deze ambitie worden ingevuld.

<sup>14</sup> CCS staat voor Carbon Capture and Storage oftewel het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub>

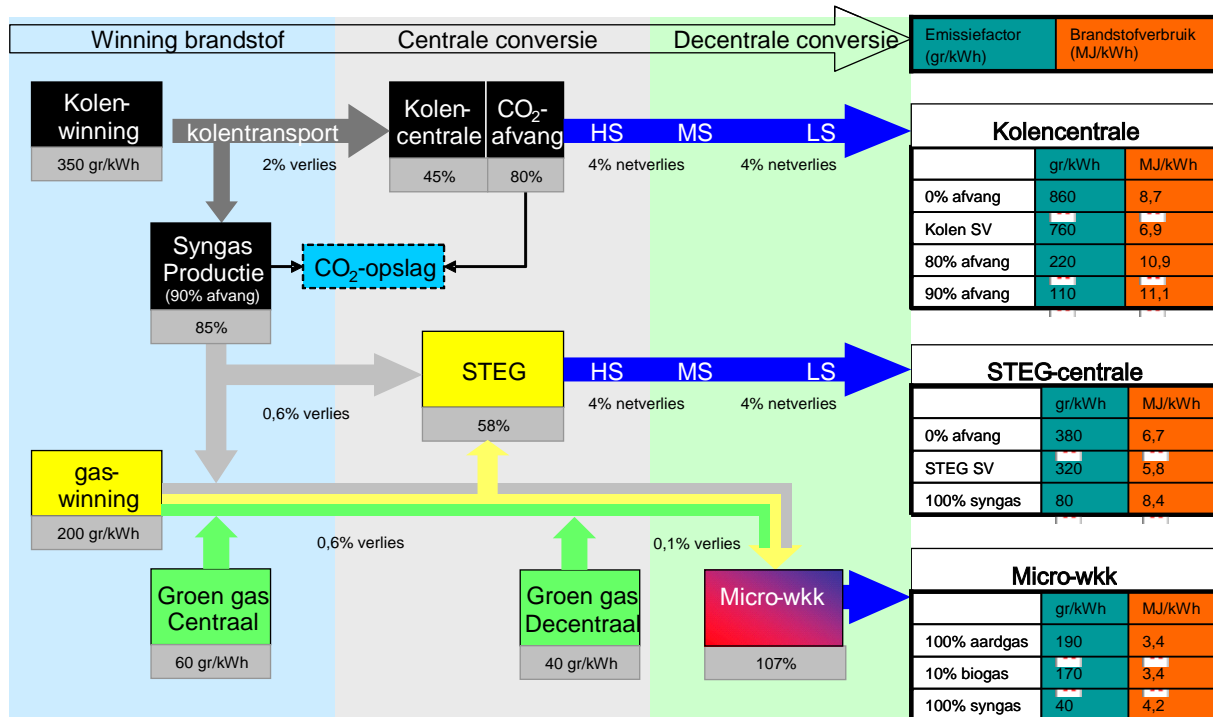


**Figuur 11: Jaarlijkse emissiereductie met micro-wkk tot 2030 (bron: [9]).**

Ook de mogelijke CO<sub>2</sub>-emissiereductie vertoont een grote spreiding. De waarschijnlijkheid van de te bereiken emissiereductie hangt daarom sterk samen met het marktbeeld van elektriciteitsproductie in de toekomst. Als op een termijn naar 2030 het merendeel van de elektriciteitscentrales uitgevoerd zou worden met CCS (onder de uitgangspunten zoals genoemd in de potentieelstudie<sup>15</sup>) dan zou de CO<sub>2</sub>-emissiereductie onder druk kunnen komen te staan.

In de praktijk zien we geen concurrentie ontstaan tussen de toepassing van CCS bij grote centrales en micro-wkk omdat het totaal verschillende sectoren betreft en CCS waarschijnlijk nageschakeld moet worden op bestaande kolencentrales. Tegelijkertijd is het op basis van recente inzichten de vraag of er voldoende CO<sub>2</sub> afgevangen zal gaan worden om werkelijk op basis van CO<sub>2</sub>-uitstoot te concurreren. In figuur 15 is te zien dat het omslagpunt bij circa 80%-90% afvang ligt terwijl er voor de eerste projecten gesproken wordt over 30-85% afvang. Daarmee ligt de uitstoot van CO<sub>2</sub> van een elektriciteitscentrale met CCS boven die van een micro-wkk.

<sup>15</sup> Post-combustion CO<sub>2</sub>-afvang met een afvangpercentage van 90%



**Figuur 12: Conversie-efficiency van verschillende ketens**

In de figuur is tevens te zien dat het emissieniveau en het energieverbruik per kWh van de micro-wkk voor alle brandstofconversieroutes (aardgas, syngas, biogas) als beste uit de bus komt.

Samenvattend: micro-wkk kan aanzienlijk besparen op het gebruik van fossiele brandstoffen en is tevens een robuuste oplossing op het gebied van CO<sub>2</sub> omdat er ten opzichte van grote elektriciteitscentrales vrijwel altijd een reductie optreedt.

#### 4.2.2 Inzet groen gas

Het Platform Nieuw Gas acht het technisch haalbaar om in 2020 ongeveer 8 tot 12% van het aardgas te vervangen door groen gas [4]. Dit betekent ca. 150 – 230 PJ. Indien ongeveer de helft van dit Groen Gas potentieel (75-115 PJ) wordt gebruikt als brandstof voor een HRe-ketel, dan is de HRe-ketel volledig duurzaam! Tevens kan de HRe-ketel eenvoudig gecombineerd worden met andere duurzame energietechnieken, zoals pv-panelen, zonneboilers en warmtepompen

Naast import van aardgas kan ook brandstofdiversificatie een oplossing zijn voor het betaalbaar en beschikbaar houden van de energievoorziening. Er liggen kansen voor het vergassen van kolen en wordt er hard gewerkt aan de productie van groene gassen op basis van biomassa. Het is hierbij wel van belang om te onderzoeken hoe de bijdrage op milieugebied van andere brandstoffen dan aardgas kan worden gemaximaliseerd. Bijvoorbeeld door vergassing en transport zo dicht mogelijk naar de eindgebruiker.

### 4.3 Werkgelegenheid & concurrentiepositie

De Nederlandse ketelfabrikanten zijn al decennia lang Europees voorloper op het gebied van innovatieve gastoeepassingen. De aanwezige innovatiekracht wordt aangewend om nieuwe producten zoals micro-wkk en warmtepompen te ontwikkelen. Succes met de introductie van micro-wkk zal de Nederlandse marktpositie binnen Europa verder versterken. Dit levert hoogwaardige werkgelegenheid op en schept exportmogelijkheden.

### 4.4 HRe en infrastructuur

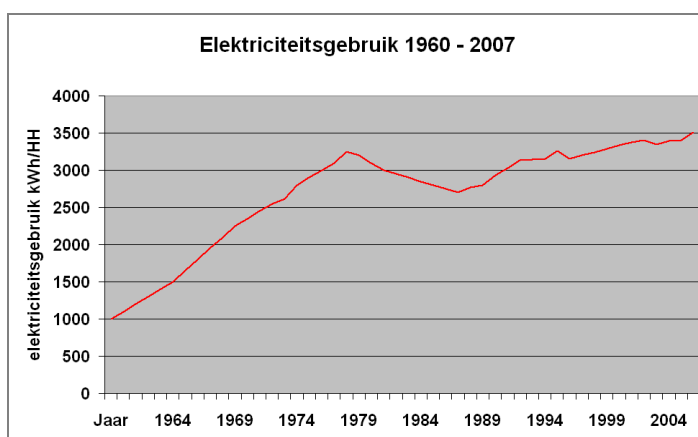
De bestaande infrastructuur voor gas en elektriciteit in woonwijken wordt beheerd door publieke partijen. Eventuele kosten voor netaanpassingen worden gesocialiseerd. Het is daarom wenselijk om bestaande infrastructuren goed te benutten. In het algemeen heeft de gasinfrastructuur een ruime capaciteit door de sterke daling van de gasvraag in de afgelopen jaren. Voor elektriciteitsnetten wordt op basis van de prognoses voor groei in elektriciteitsvraag een netverzwaring verwacht.

De verwachte invloed van de penetratiegraad van verschillende warmte-opwekkers op de bestaande infrastructuur is beschreven in het Actieplan Decentrale Infrastructuur [17]. Technieken als elektrische warmtepompen en hybride ketels zullen meer elektriciteit vragen. Een micro-wkk maakt gebruik van de bestaande gasinfrastructuur en kan de elektriciteitsinfrastructuur ontlasten.

#### *Besparingen op investeringen infrastructuur*

Verspreiding van decentrale opwekkers zoals micro-wkk zal tot gevolg hebben dat het transport van stroom van de elektriciteitscentrale naar de gebruiker afneemt en dat de capaciteitsdruk op het hoog- en middenspanningsnet lager wordt. Hierdoor kunnen de investeringen in infrastructuur beperkt blijven. Dit gaat al snel om investeringen van honderden miljoenen euro's.

Tevens is het denkbaar dat micro-wkk in sommige netten, waar overbelasting dreigt door een toenemende elektriciteitsvraag, wordt ingezet om investeringen op laagspanningsniveau uit te stellen. Het elektriciteitsverbruik van huishoudens is sterk toegenomen in de afgelopen decennia, zie onderstaande figuur:



**Figuur 13: Elektriciteitsgebruik per huishouden**

Het elektriciteitsverbruik is gestegen naar een gemiddelde van 3500 kWh per huishouden. Door een toename van het aantal apparaten en een toenemende gebruiksduur is een verdere stijging voorzien naar 5000 kWh per huishouden in 2020. De beperkingen

zullen daarom optreden op in verouderde netten die niet berekend zijn op het huidige elektriciteitsgebruik en de verwachte toenames daarvan. Voor deze netten moeten normaliter investeringen worden gepleegd in nieuwe transformatoren, dikkere kabels en onderlinge netkoppelingen. De randvoorwaarden en potentiële opbrengsten voor dit alternatief zullen nader in beeld moeten worden gebracht in samenwerking met netbeheerders.

Tot slot zal micro-wkk de transportverliezen verminderen voor netbeheerders, wat de bedrijfskosten voor de netbeheerder reduceert. Dit wordt in studies van netbeheerders ook onderbouwd (Laboralec, 2009).

De kosten voor de totale transportverliezen van de elektriciteitscentrale tot de eindgebruiker bedroegen in 2008 ca. 400 mln euro<sup>16</sup>. Deze kosten worden gesocialiseerd naar de eindverbruiker. De daadwerkelijke vermindering van netverliezen zal middels praktijkproeven verder onderbouwd moeten worden. Een snelle rekensom leert dat met de inzet van 1 miljoen micro-wkk's de kosten voor netverliezen kan beperken met ca. 10 mln euro.

#### *Ontwikkeling moderne locale infrastructuur*

Micro-wkk is één van de bouwstenen van een lokale energievoorziening en vraagt van energiebedrijven en netbeheerders creativiteit op het gebied van systeeminrichting, klantrelaties & netbeheer. Hierdoor ontstaan er kansen voor nieuwe diensten en producten op het gebied van decentrale energievoorziening. Dit gaat goed samen met de reeds ingezette trend naar een slimme infrastructuur, ook wel smart grids genoemd, en de inpassing van andere lokale technieken zoals zonPV en elektrische auto's. Nederland kan hiermee waardevolle exportkennis opbouwen over aanleg, beheer en onderhoud van deze energievoorziening.

---

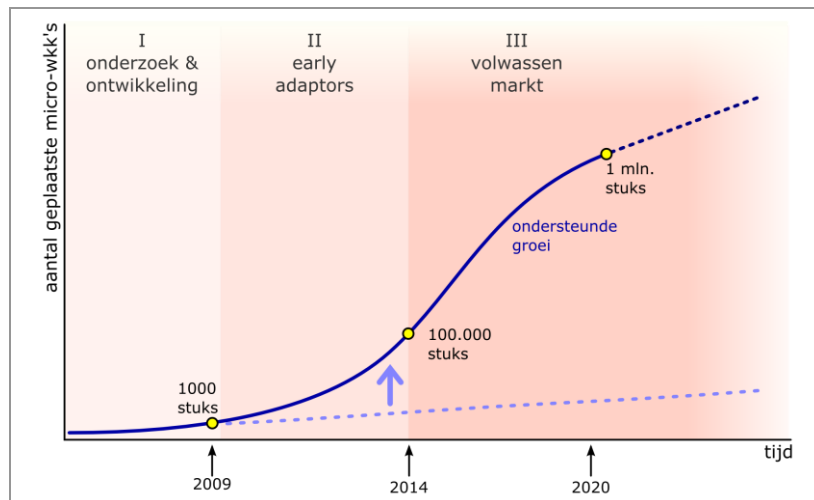
<sup>16</sup> Gegevens uit de openbare jaarverslagen van netbeheerders en TenneT

## 5 Micro-wkk uit de startblokken

Micro-wkk is een gedegen nieuw marktconcept met een groot verduurzamingspotentieel voor Nederland. De afgelopen jaren is de micro-wkk de fase van veldtesten ontstegen en klaar voor de eerste introductie op de markt.

### 5.1 De concrete uitdaging

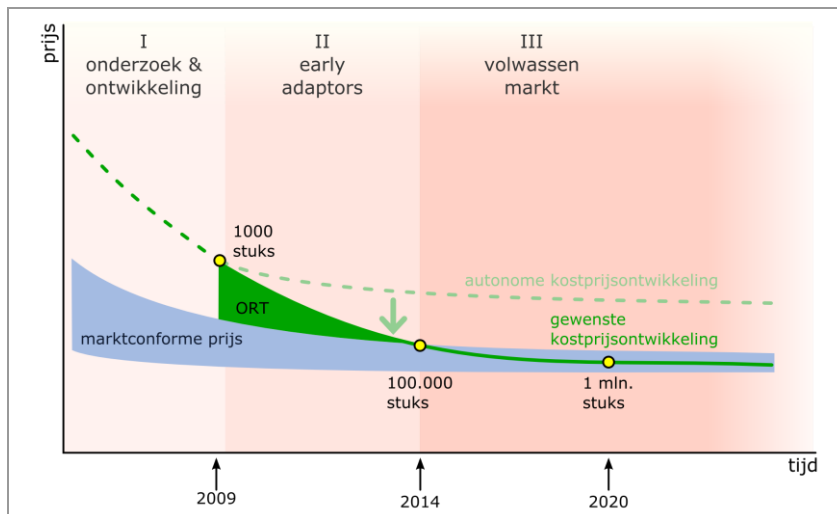
Om het energiebesparingspotentieel van de HRe-ketel te ontsluiten is het van groot belang om de stap van demonstratie naar grootschalige toepassing binnen een zo kort mogelijke termijn te overbruggen. Door de gezamenlijke fabrikanten wordt er nu ingezet op een groeipad van 100.000 eenheden in 2014 doorlopend tot 1 miljoen eenheden in 2020. Om de gang naar een massamarkt mogelijk te maken zal er een snelle marktontwikkeling plaats moeten vinden in de periode t/m 2014. Bij een te langzame volumeontwikkeling zal de toepassing van micro-wkk naar verwachting beperkt blijven tot enkele marktniches. Dit wordt geïllustreerd in figuur 17.



**Figuur 14: Marktversnelling van niche naar massamarkt.**

Door de productie van 100.000 eenheden kunnen de productielijnen van toeleveranciers en micro-wkk fabrikanten stapsgewijs worden opgeschaald. Hierdoor kunnen de productiekosten sterk worden gereduceerd. Ketelfabrikanten hebben zich gecommitteerd om de kostprijs binnen een volume van 100.000 eenheden naar een marktconform niveau te brengen.

De verwachte kostprijsontwikkeling wordt gevisualiseerd in figuur 18.



**Figuur 15: Verwachte kostprijsontwikkeling.**

De kostprijs zal in eerste instantie door kleine marktvolumes nog aanzienlijk hoger liggen dan de marktprijs die voor een gemiddelde consument acceptabel wordt geacht (nl. een terugverdientijd van vijf jaar). De kostprijs zal echter snel afnemen en naar verwachting na de installatie van 100.000 eenheden een marktconform niveau hebben bereikt. In de tussentijd zal de onrendabele top moeten worden ondervangen door de overheid en zal ook het maximale investeringsbereik worden aangesproken bij launching customers.

Het bereiken van een marktconforme prijs vormt de opmaat voor een snelle marktontwikkeling en ontsluit de mogelijkheid van een doorgroei naar 1 miljoen eenheden in 2020.

## 5.2 Wegnemen van de laatste knelpunten

Om een voorspoedige installatie mogelijk te maken is er al veel werk verzet. In de afgelopen jaren heeft dat al geleid tot de volgende resultaten:

- Opname van micro-wkk in de veiligheidseisen voor laagspanningsinstallaties (NEN 1010). Hierin staat dat een micro-wkk met een vermogen van 1 kWe zonder aanpassingen aangesloten mag worden op een bestaande groep.
- Opname van micro-wkk in energieprestatie-eisen. Hierdoor worden de effecten van micro-wkk zichtbaar op het energielabel voor woningen en op de EPC-eisen voor nieuwbouwwoningen
- Verrekening van energiestromen. Er ligt momenteel een wetsvoorstel dat het mogelijk maakt om teruglevering van elektriciteit te salderen met de inkoop. Dit geldt zowel voor de commodity-prijs als voor energiebelasting en BTW. Energiebedrijven richten zich al op de uitvoering van deze wetgeving.

Er wordt nog gewerkt aan een aantal andere zaken:

### *Opleiden van installateurs*

Installateurs vormen een zeer belangrijke schakel in de keten naar de consument. Zij informeren hun klanten over nieuwe verwarmingsopties en dragen zorg voor een correcte installatie en inregeling. Er wordt momenteel al hard gewerkt aan het opleiden van gecertificeerde installateurs door verschillende ketelfabrikanten. Ook de brancheorganisatie UNETO-VNI spant zich in om installateurs vertrouwd te maken met het product micro-wkk.

### *Klantafhandeling bij energiebedrijven*

Voor energieleveranciers is micro-wkk een nieuw fenomeen. Energieleveranciers krijgen daarom te maken met nieuwe processen op het gebied van klantregistratie, facturering en mogelijk ook marktproposities. Hier moet ervaring mee worden opgedaan en er moeten standaard processen worden ontwikkeld voor micro-wkk klanten.

### *Passend ondernemersrisico*

Er worden momenteel veel investeringen gedaan en dat brengt een flink ondernemingsrisico met zich mee, versterkt door een marktrisico doordat het product micro-wkk een nieuw concept is. Investeerders hebben zekerheid nodig over de marktcontext waarin de micro-wkk zich kan ontwikkelen. Voor de opschalingsfase naar 100.000 eenheden zal de overheid een aanjagende rol moeten spelen.

Dat de overheid dit traject belangrijk vindt heeft zij al onderstreept door voor de circa 2500 eenheden al een bedrag van 10 miljoen euro te reserveren. Voor dit bedrag zullen circa 2500 installaties gerealiseerd kunnen worden. Deze ervaringen zijn zeer belangrijk voor een continue leerproces & kennisontwikkeling bij marktpartijen en geven het vertrouwen voor bredere toepassing.

## **5.3 Samen toewerken naar benutting voordelen micro-wkk**

Micro-wkk kan een zeer kosteneffectieve maatregel voor energiebesparing worden. De uitdaging is om gezamenlijk de eerste commercialiseringsstap van 100.000 te realiseren. Daarna kunnen alle betrokken partijen: de rijksoverheid, industrie, netbeheerders en eindgebruikers profiteren van het gebruik van micro-wkk.

De volgende stap naar de markt voor de micro-wkk vereist visie en vooral ook doorzettingsvermogen van de koplopers in de verwarmingsindustrie, installateurs, energiebedrijven, netbeheerders en overheid. Voor een voorspoedige uitrol hebben zij allen hun uitdagingen:

- Allereerst zullen ketelfabrikanten zich inspannen om de kennis uit de veldtesten toe te passen om de HRe-ketel te vervolmaken tot een volwaardig alternatief voor de HR-ketel. Momenteel wordt volop gewerkt aan het rendementsoptimalisatie en het opstarten van moderne productielijnen. Tot slot zullen ketelfabrikanten opleidingsprogramma's op moeten starten voor installateurs;
- Installateurs zullen daarnaast goed opgeleid moeten worden op het gebied van in klantvoorlichting, installatie van en onderhoud aan de HRe-ketel. De brancheorganisatie Uneto-VNI heeft hier een voortrekkersrol in;
- Energiebedrijven zullen hun routines aan moeten passen om aanmelding van de HRe-ketel mogelijk te maken zodat de energiebesparing ook vertaald wordt naar een lagere energierekening. Mogelijk gaan energiebedrijven ook nieuwe diensten aanbieden aan de micro-wkk klant;
- Netbeheerders moeten zorg dragen voor de juiste bemetering en registratie.
- De overheid kan voor deze startende technologie een aanjagende rol vervullen. De micro-wkk moet worden ingebed in regelgeving en een tijdelijke ondersteuning gedurende de eerste marktintroductie is noodzakelijk voor een snelle groei.
- Eindklanten zoals woningcorporaties zullen goed moeten samenwerken met leveranciers en installateurs om zorg te dragen voor de juiste randvoorwaarden en projecten tot een succes te maken.

In het najaar van 2009 heeft VROM de markt uitgedaagd om 100.000 micro-wkk's in de sociale woningbouw te plaatsen. Deze combinatie is logisch om een aantal redenen. Ten eerste hebben woningcorporaties grote ambities om de energetische kwaliteit van hun

---

woningbestand te verbeteren. Daarbij biedt micro-wkk een kans om een labelverbetering te combineren met woonlastenreductie. Tot slot maakt projectmatige installatie een snelle en gecontroleerde uitrol mogelijk. Daarom wordt er nu een start gemaakt met de invulling van deze uitdaging.

## Uitgangspunten berekeningen

Huishoudelijk energieverbruik in Nederland			bron
<b>Nederland BV</b>			
Aantal huishoudens	7,0 mln.		[7]
Gasvraag totaal	298 PJ		[4]
Elektriciteitsvraag totaal	89 PJ		[4]
Primaire energie totaal	510 PJ		E-rendement 42%
<b>Individuele huishoudens</b>			
Gasvraag per huishouden	1650 m <sup>3</sup>	(52,2 GJ)	[3]
waarvan ruimteverwarming	1350 m <sup>3</sup>	(42,7 GJ)	[3]
waarvan tapwater	300 m <sup>3</sup>	(9,5 GJ)	[3]
Elektriciteitsvraag per huishouden	3500 kWh	(30,0 GJ)	[3]
<b>Besparingsdoelen overheid</b>			bron
Jaarlijkse besparing	2%		[12]
Cumulatief 2010 → 2020 (10 jaar)	22%	(1,02 <sup>10</sup> )	[12]
Totaal absoluut	112 PJ		22% x 510 PJ
<b>Emissies en opwekefficiency centraal park</b>			bron
Emissie aardgas	1,78 kg CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>		[2]
Emissie centrale E-opwek	0,566 kg CO <sub>2</sub> / kWh		[2]
Efficiency centrale E-opwek	42%	bij gebruiker	[5]
<b>Energieprijzen</b>			bron
Elektriciteit (incl. BTW, EB)	€0,23 per kWh		prijspeil okt. 2009
Gas (incl. BTW, EB)	€0,52 per m <sup>3</sup>		prijspeil okt. 2009
Energiebelasting el. (excl. BTW)	€0,1085 per kWh		stand 2009
Energiebelasting gas (excl. BTW)	€0,1580 per m <sup>3</sup>		stand 2009
<b>Technische gegevens</b>			bron
<b>HR107-ketel</b>			
efficiency	107%	onderwaarde	[1]
<b>Stirlingmotor</b>			
efficiency verwarmen	90%	onderwaarde	fabrikanten
efficiency elektriciteit	17%	onderwaarde	fabrikanten
efficiency totaal	107%	onderwaarde	fabrikanten
dekking ruimteverwarming	93,5%	bij 1350 m <sup>3</sup> warmtevraag	fabrikanten
dekking tapwater	0%		fabrikanten
<b>Hybride warmtepomp</b>			
COP gemiddeld	4,5		fabrikanten
dekking ruimteverwarming	60%		fabrikanten
dekking tapwater	0%		fabrikanten

---

## Literatuur

- 1 Stichting Energie Prestatie Keur, [www.epk.nl](http://www.epk.nl).
- 2 Cijfers en Tabellen 2007, AgentschapNL (voorheen SenterNovem), april 2007.
- 3 Centraal Bureau voor de Statistiek, [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl).
- 4 Milieu & NatuurCompendium, [www.milieuennatuurcompendium.nl](http://www.milieuennatuurcompendium.nl).
- 5 Duurzame energie in Nederland 2008, CBS, 2009.
- 6 Kengetallen warmtevraag woningen, Energie onderzoeksCentrum Nederland, 2009.
- 7 Een blik op de toekomst met SAWEC, Energie onderzoeksCentrum Nederland, juli 2005.
- 8 Technisch energie- en CO<sub>2</sub>-besparingspotentieel van micro-wkk. in Nederland (2010-2030), Werkgroep Decentrale Gastoepassingen (Platform Nieuw Gas), juli 2006.
- 9 Energie- en CO<sub>2</sub>-besparingspotentieel van micro-wkk in Nederland (2010-2030) UPDATE 2008, Werkgroep Decentrale Gastoepassingen (Platform Nieuw Gas), mei 2008.
- 10 Marktstudie warmtepompen in de bestaande bouw, SenterNovem, oktober 2008.
- 11 Energiebesparing- en CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel hybride lucht/water warmtepomp in de bestaande woningbouw, Ecofys, januari 2009.
- 12 Werkprogramma schoon en zuinig, Ministerie van VROM, september 2007.
- 13 Warmte op stoom: Werkprogramma voor verduurzaming van de warmte- en koudevoorziening, Ministerie van EZ, december 2008.
- 14 Meer met minder, convenant tussen ministers van VROM, WWI, EZ, bouwers en installateurs om energie te besparen in de bestaande bouw, [www.meermetminder.nl](http://www.meermetminder.nl), januari 2008.
- 15 Lente-akkoord: Energiebesparing in de nieuwbouw, convenant tussen ministers van VROM, WWI, bouwers en projectontwikkelaars om energie te besparen in de nieuwbouw, april 2008.
- 16 Gas aan het werk! Visie op gastoepassingen in de gebouwde omgeving, Platform Nieuw Gas, april 2008.
- 17 Actieplan decentrale infrastructuur, Werkgroep Decentrale Infrastructuur (Platform Nieuw Gas / Platform Duurzame ElektriciteitsVoorziening), mei 2008.