OPENBAAR EINDRAPPORT H2 SERIE CV KETEL, TWAS117009

Dick Lieftink

DIT PROJECT IS UITGEVOERD MET TOPSECTOR ENERGIESUBSIDIE
VAN HET MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

P.O.Box 5280 6802 EG Arnhem The Netherlands
info@hygear.com T +31 88 9494 300 F +31 88 9494 399

REPORT	
Title	Openbaar eindrapport H2 serie CV ketel, TWAS117009
Document number	HYG-HCV-RP.007(2)
Issue	1
Date	17-3-2021
External distribution	RVO
Page / Annexes	8 / 0

	NAME	FUNCTION	DATE	SIGNATURE
Author(s)	Dick Lieftink	Manager TDV	21/01/2021	

CHANGE RECORD			
Issue	Date	Pages	Description of modifications
1	7-1-2021	8	Original issue
2	17-3-2021	8	Update by request

Table of Content

1 Inleiding 4
1.1 Energiebehoefte van huishoudens 4
1.2 Projectorganisatie 4
1.3 Doelstelling 5
2 Werkwijze 6
2.1 Evaluatie katalytische branders 6
2.2 Brander testen 6
3 Resultaten 7
3.1 Katalytische brander 7
3.2 Cv-brander testen 7
4 Conclusie en aanbevelingen 8

1 Inleiding

Waterstof heeft een belangrijke rol in de energietransitie. De toepassing van waterstof raakt de gehele Nederlandse energiehuishouding van transport tot opwekking en opslag. Met het verwachte toenemende gebruik van wind- en zonne-energie ontstaat ook de noodzaak om energie op te slaan voor tijden dat de productie lager is dan de vraag. Naast dat er buffering van energie gedurende de dag steeds noodzakelijker wordt, wordt het ook belangrijk om energie gedurende het seizoen op te slaan. Waterstof is een serieuze kandidaat als oplossing voor dit energieopslagprobleem.

1.1 Energiebehoefte van huishoudens

De energiebehoefte van huishoudens is voor het merendeel warmte. Deze warmte wordt gebruikt voor hoofdzakelijk het verwarmen van het huis en voor tapwater. In nieuwbouw wordt voor het verwarmen van het huis steeds vaker gebruik gemaakt van warmtepompen met zeer goede isolatie. Helaas hebben warmtepompen een zeer laag rendement bij de productie van hoge temperatuurwarmte. Hierdoor zijn deze minder geschikt voor het opwarmen van tapwater. Bestaande woningen hebben veelal een minder goede warmte-isolatie. Hierdoor is de warmtevraag voor verwarming van het huis veel groter. Hiervoor zijn de geïnstalleerde Cv-installaties dan ook ontworpen voor het gebruik van relatief hoge verwarmingstemperaturen van het water dat naar de radiatoren gepompt wordt (>60-65°C). Het verlagen van deze temperaturen is niet mogelijk zonder de radiatoren te vervangen in de woning. Een kostbare investering voor de huiseigenaren. Het opwekken van deze hoge temperaturen door middel van warmtepompen zal een laag rendement leveren waardoor de elektriciteitsvraag naar de woning sterk verhoogt wordt. Het huidige elektriciteitsnet is niet voldoende om deze vraag te kunnen leveren. Hierdoor zijn grote investeringen noodzakelijk om het elektriciteitsnet in de steden sterk te verzwaren. Een mogelijke, en goedkopere, oplossing is om deze energie naar de woningen te transporten door middel van waterstof. Deze kan dan met een hoog rendement omgezet worden in de benodigde warmte. Het meest kosteneffectieve methode hiervoor is het gebruik van Cv-ketels. Deze systemen zijn relatief goedkoop, nagenoeg storingsvrij en hebben zeer hoge rendementen. Het ombouwen van bestaande Cv-ketels naar de mogelijkheid om met waterstof te werken heeft hierbij een sterke voorkeur.

1.2 Projectorganisatie

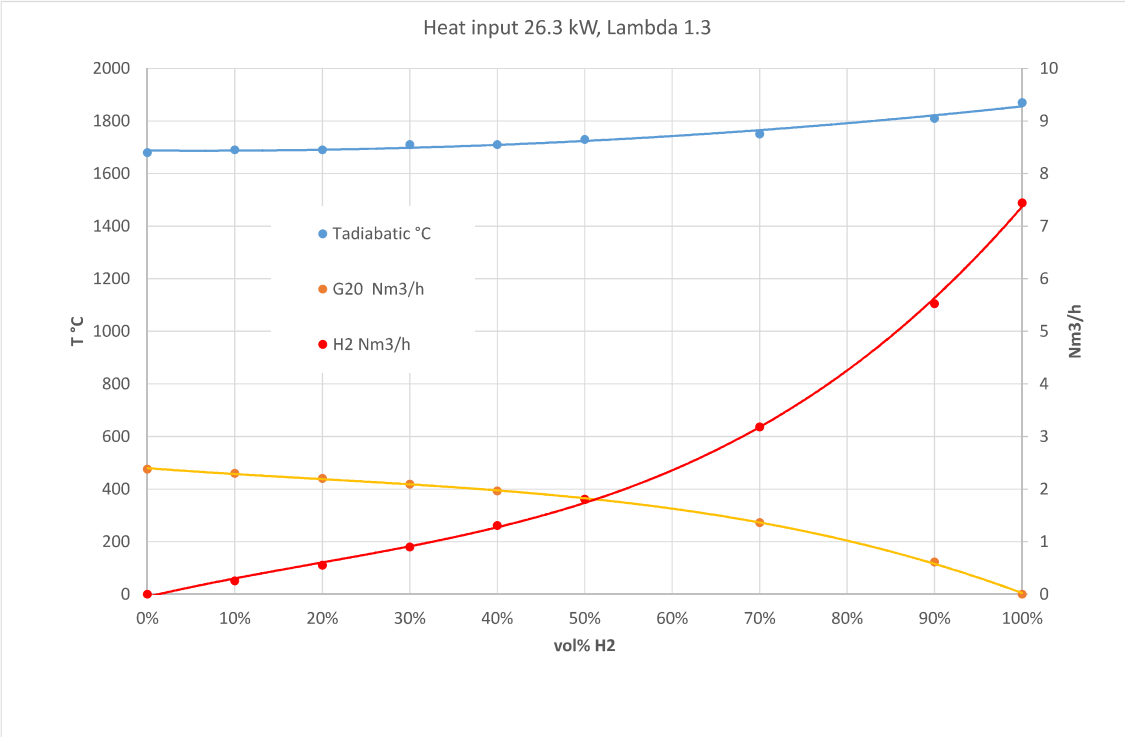
Het project is uitgevoerd in een samenwerking van HyGear en ATAG verwarming Nederland. Binnen dit consortium heeft HyGear kennis en testgegevens geleverd over katalytische verbranding van waterstof, aardgas en mengsels daarvan. Tevens zijn testfaciliteiten opgebouwd voor het testen van ATAG verwarmingsketels en zijn testen uitgevoerd. ATAG verwarming heeft nieuwe kennis en technologie toegepast in haar i-serie Cv-ketel en de hardware geleverd voor de testen in het HyGear laboratorium.

HyGear ontwikkelt waterstofproductie en verbruikssystemen. Binnen HyGear, en haar dochteronderneming HyGear Fuel Cell Systems, is er een hoog kennisniveau van kleinschalige waterstofverbranding- en veiligheidssystemen. ATAG Verwarming is een grote producent van Cv-ketels die al jaren op rij de meest efficiënte verwarmingsketel van Nederland produceert. Zij wilt deze koppositie handhaven, ook als de gassamenstelling zal veranderen van (groen)gas naar waterstof. Binnen het consortium zal zij het waterstofsysteem integreren in haar i-serie CV-ketellijn.

1.3 Doelstelling

De doelstelling van het H2-serie Cv-ketel project is de ontwikkeling en toepassing van een innovatieve waterstofbrandertechnologie. Deze zal toegepast worden in een Cv-ketel zodat met een hoog rendement en lage emissies waterstof om kan zetten in warmte voor huishoudens. Er is gekozen om als basis de i-serie van ATAG als productplatform te gebruiken. Het doel is om een brandersysteem te ontwikkelen die de huidige aardgasbrander kan vervangen. Hierdoor kunnen toekomstige Cv-ketels voor waterstof geproduceerd worden, maar kunnen ook geïnstalleerde Cv-ketels met een retro-fit omgebouwd worden. ATAG en HyGear hebben nauw samengewerkt om deze technische oplossing te ontwikkelen.

Omdat er verschillende scenario's mogelijk zijn in de toekomst met betrekking tot het bijmengen van waterstof bij aardgas is gekozen om de hele mengreeks van methaan (G20) tot 100% waterstof te testen.



Figuur 1: veranderingen van verbrandingsparameters als functie van waterstof bijmenging bij aardgas

De verandering van gas debiet door de CV ketel en de adiabatische temperatuur verhoging bij het bijmengen is weergegeven in *Figuur 1*. De berekeningen van de fysische parameters zijn gedaan bij een vastgesteld vermogen van een in deze studie gebruikte ketel van 263kW en een lambda (brandstof/lucht verhouding) van 3.3. Bij een volledige vervanging van waterstof door methaan wordt het brandstof debiet bijna 3 keer zo hoog.

Het doel is om in de eerste plaats te bekijken hoeveel bijmenging de huidige ketelconfiguratie kan verwerken en wanneer er wijzigingen moeten worden aangebracht. Indien nodig kunnen aanpassingen gedaan worden aan de hardware bij hogere concentraties waterstof.

2 Werkwijze

Het project is gestart met het definiëren van de veranderingen van het verbranden van waterstof in plaats van aardgas voor de verschillende brander- en Cv-ketel parameters tot gevolg hebben. Vervolgens is gekeken naar de verschillende mogelijkheden voor de verbranding van waterstof/aardgas mengsels.

2.1 Evaluatie katalytische branders

In dit onderdeel van de studie is katalytische brander technologie tegenover branders met een vlam geëvalueerd. Experimenten van katalytische verbranding van waterstof en methaan leveren informatie over deze technologie, waaruit bleek dat de keuze van een katalytische oplossing groot en duur zou worden. Op basis van deze evaluatie is gekozen verder te gaan op het pad van de brander met een vlam.

2.2 Brander testen

In eerste instantie was het idee om een losse brander te testen in het laboratorium. Het bleek echter als snel dat de omgeving van de brander in een Cv-ketel ontworpen is om de vlam stabiel te houden en de functionaliteit van de ketel waarborgen. Het testen van een brander zonder de omliggende hardware is daarom niet zinnig. Er is besloten direct testen in een Cv-ketel te gaan uitvoeren met een eerste concept brander. Dit maakt het prepareren en testen van de brander wel meer complex, maar geeft ook betere en betrouwbaardere data. Een installatie is opgebouwd om een Cv-ketel van ATAG te testen op aardgas en waterstof en alle mengverhoudingen (Figuur 2).

Figuur 2: testopstelling van de Cv-ketel voor aardgas, waterstof en alle mengverhoudingen

3 Resultaten

3.1 Katalytische brander

In een katalytische reactor is een verbrandingskatalysator getest op de verbranding van met name methaan, het belangrijkste bestanddeel van aardgas. De katalytische verbranding van waterstof gaat, bij gebruik van een droog gas, bij lage temperatuur, zelfs al bij kamertemperatuur wanneer een edelmetaal als platina gebruikt wordt. De minimale temperatuur waarbij methaan conversie compleet is, is voor een verse katalysator rond de 550ºC. Het nadeel van deze relatief lage temperatuur is dat de verblijftijd van het gas in de katalysator zodanig moet zijn dat er een volume van zo'n 3.5 liter katalysator nodig is. De coating van de benodigde edelmetaalhoudende katalysator resulteert in hoge kosten: tussen de 500 en 1000 euro, hetgeen bezwaarlijk is voor het gebruik in een Cv-ketel.
Alternatief is het verhogen van de temperatuur van de katalysator. Hierdoor gaat de reactiesnelheid omhoog, maar degradeert de katalysator ook snel, waardoor telkens een hogere temperatuur nodig is om alle methaan volledig om te zetten. De temperatuur in de katalysator wordt gecontroleerd en laag gehouden door de hoeveelheid lucht te verhogen. Hierdoor wordt de flow in de katalysator verhoogd en daarmee de verblijftijd verlaagt waardoor weer meer katalysator nodig is. Het is dus zeer moeilijk haalbaar om een kleine, goedkope en stabiele katalysator te bedrijven voor de het verbranden van de voeding wanneer deze methaan bevat. Een katalytische brander is daarom alleen zinnig voor systemen die alleen op waterstof werken. Het doel binnen dit project is om een Cv-ketel te ontwikkelen die met verschillende gassamenstelling veilig kan opereren. Een katalytische brander blijkt hiervoor dan niet geschikt.

3.2 Cv-brander testen

Toen bleek dat een katalytische oplossing niet haalbaar was is er ingezet op het verbranden van waterstof/ aardgas mengsels in de door ATAG ontwikkelde branden met aanpassingen voor waterstof. Deze aanpassingen worden onderzocht op octrooieerbaarheid en daarom hier niet beschreven.
De testresultaten van de eerste concept brander zijn weergegeven in plots van de in- en uitgaande temperatuur van het water in de Cv-ketel. Deze laten de performance van de ketel het beste zien zonder grote veranderingen aan de Cv-ketel toe te passen. De ketel is ingesteld dat het de maximale hoeveelheid gas toelaat om het water te verwarmen. De cv-ketel vraagt de hoeveelheid brandstof van de buffertank. Het debiet wordt gemeten met een gasmeter. Bedrijf met aardgas levert bij deze cv-ketel een debiet van rond de 1.9 nm^3/h. Bij vervanging van aardgas met waterstof zal de totale gasflow naar de Cv-ketel verhoogd moeten worden. Waterstofgas bevat per nm^3 namelijk slechts een derde van de energie die een nm^3 aardgas bevat. Om evenveel energie naar de Cv-ketel toe te voeren zal dus drie maal zoveel waterstofgas nodig zijn vergeleken met de vermindering van het aardgasverbruik.

De standaard brander van de i-serie ketels van ATAG verbrandt aardgas/waterstof mengsels tot 70% waterstof zonder enig probleem en aanpassing. Bij hogere concentraties wordt de ketel op enkele punten aangepast en kan tot 100% waterstof gebruikt worden.

4 Conclusie en aanbevelingen

Deze studie heeft aangetoond dat de huidige i-serie Cv-ketel van ATAG geschikt is om waterstof concentraties tot 70% in aardgas te gebruiken.
Bij gebruik van 100% waterstof zou een katalytische brander mogelijk zijn. Wanneer mengsels van aardgas en waterstof aangeboden worden zal de methaan het gebruik van een katalysator technisch en economisch ongeschikt maken.

De testen bij hoge waterstof gehaltes is bij de niet aangepaste Cv-ketel, boven 70% waterstof, instabiel brander gedrag gemeten. Hiervoor zijn aanpassingen voorgesteld aan de brander, die doorgevoerd en getest zijn tot en met de 100% waterstof voeding. Van de aanpassingen worden bekeken of ze kunnen leiden tot octrooien.

Als aanbeveling wordt voorgesteld een vervolg project te definiëren waarin de verdere werking van de Cv-ketel op waterstof aangetoond kan worden zoals moduleren. Daarbij zouden duurtesten op basis van gebruikersprofielen gedaan moeten worden waarbij alle operationele parameters van de Cv-ketel getest zullen worden.