

Openbaar Eindrapport **CURE**, CO₂ to **URE**_a

Jaap Vente, Paul Cobden, Vassilis Sfakianakis
Sander ten Hoopen, Eric de Coninck

Publicatie datum
1 oktober 2017

www.ecn.nl

Achtergrond

De overgang van een fossiel gebaseerd energiesysteem naar een die wordt gedomineerd door hernieuwbare elektriciteitsopwekking leidt tot belangrijke uitdagingen voor de industriële sector. Ook hier is een transitie van fossiele energiedragers naar elektriciteit te verwachten. Toch zal de ijzer en staalindustrie wegens fundamentele beperkingen voorlopig nog gebonden zijn aan fossiele grondstoffen en daarmee samenhangend CO₂ blijven produceren. Tegelijkertijd is er in de samenleving een grote vraag naar koolstofhoudende verbindingen. De financiële haalbaarheid voor het gebruik van CO₂ als grondstof wordt in het algemeen gehinderd door een, te, hoge prijs voor hernieuwbaar gegenereerde waterstof. Het is dus van belang om de vraag naar waterstof zo laag mogelijk te maken en tegelijkertijd de prijs van het product zo hoog mogelijk, met een verder zo laag mogelijke kosten voor het conversie proces. Om de vraag naar waterstof te verlagen, is het van belang om naar vrijkomende gassen te kijken die nog energie bevatten. Binnen de staal industrie zijn dit bijvoorbeeld de CO houdende hoogoven- en convertorgassen, naar de Engelse namen afgekort tot BF gas en BOF gas. Het verschil in calorische waarde van deze twee gassen creëert een intrinsieke flexibiliteit waar gebruik van kan worden gemaakt door het verhouding van deze twee gassen aan te passen aan de hoeveelheid beschikbare waterstof. Verder is het van belang dat het product zo dicht mogelijk bij de samenstelling van de voeding past.

Doelstelling en samenwerkingsverband



De doelstelling van CURE was om een inschatting te maken voor de productie van een waardevolle koolwaterstof uit met CO en CO₂ uit de ijzer- en staalindustrie uitgevoerd en waterstof gemaakt met hernieuwbare elektriciteit. Het potentieel van deze aanpak is voor zowel de flexibiliteit van het energiesysteem als voor de vermindering van het gebruik van fossiele brandstoffen en de daarmee gepaard gaande vermindering CO₂-uitstoot geschat.

Het CURE project is uitgevoerd in een samenwerking tussen ECN, penvoerder, Hydron Energy en ArcelorMittal



Specificaties van hoogoven- en convertorgassen



Na een analyse van de gassamenstellingen, zie Tabel 1, en de verhoudingen van gasstromen die hieruit afgeleid kunnen worden, bleek het mogelijk om, na de omzetting van CO naar waterstof met water een brede spreiding te zien in de waterstof stikstof verhouding. Bovendien was deze verhouding voor het BOF gas passend voor de samenstelling van een voedingsstroom naar ammonia. Tegelijkertijd wordt er zuiver CO₂ geproduceerd. Uit het CO₂ en NH₃ kan ureum vervaardigd worden.

Door het grote verschil in de H₂/N₂ verhouding, kan op momenten van een groot overschot aan elektrische energie gekozen worden om gebruik te maken van het BF-gas. Op momenten van krapte aan hernieuwbare elektriciteit kan het proces doorlopen met het BOF gas. Hier hoeft namelijk geen of zeer weinig waterstof aan toegevoegd te worden.

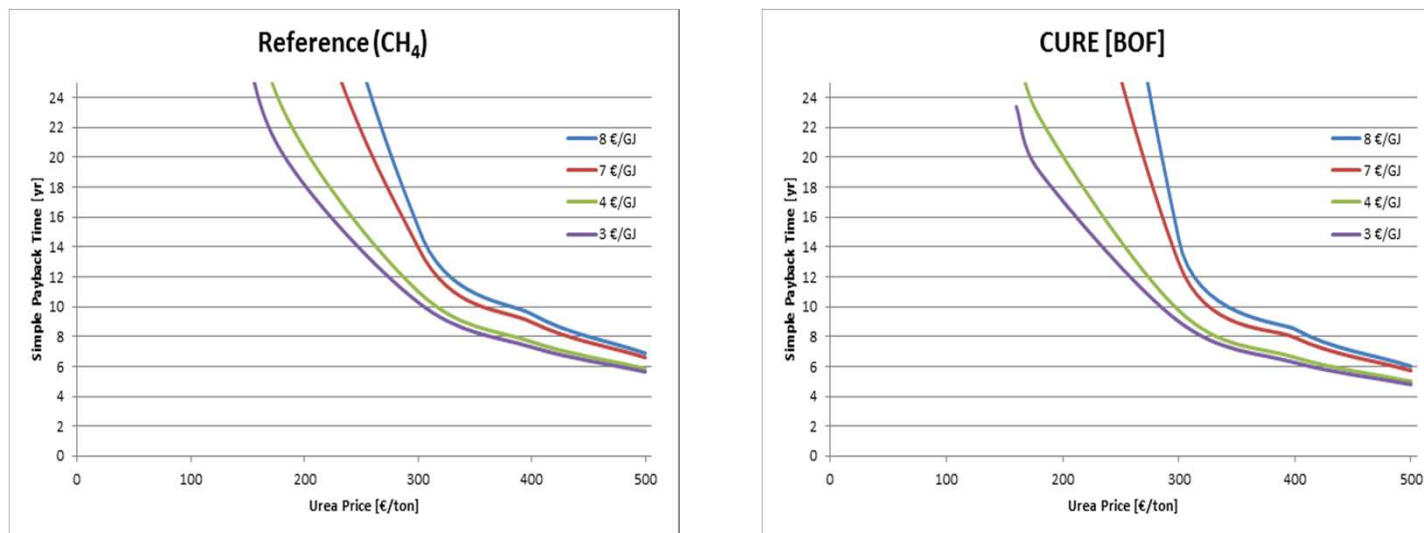
Op grond van deze bevindingen is ureum (CO(NH₂)₂) geselecteerd als product.

Tabel 1: Typische gegevens van BOF en BF gassen

Gas type Mol%	CO ₂	CO	N ₂	H ₂	CH ₄	H ₂ /N ₂ verhouding na behandeling	Calorische waarde (MJ/Nm ³)
BOF gas	19	58	20	3	--	~3	8
BF gas	24	23	49	4	--	~0,6	3,5

Techno-economische afschatting

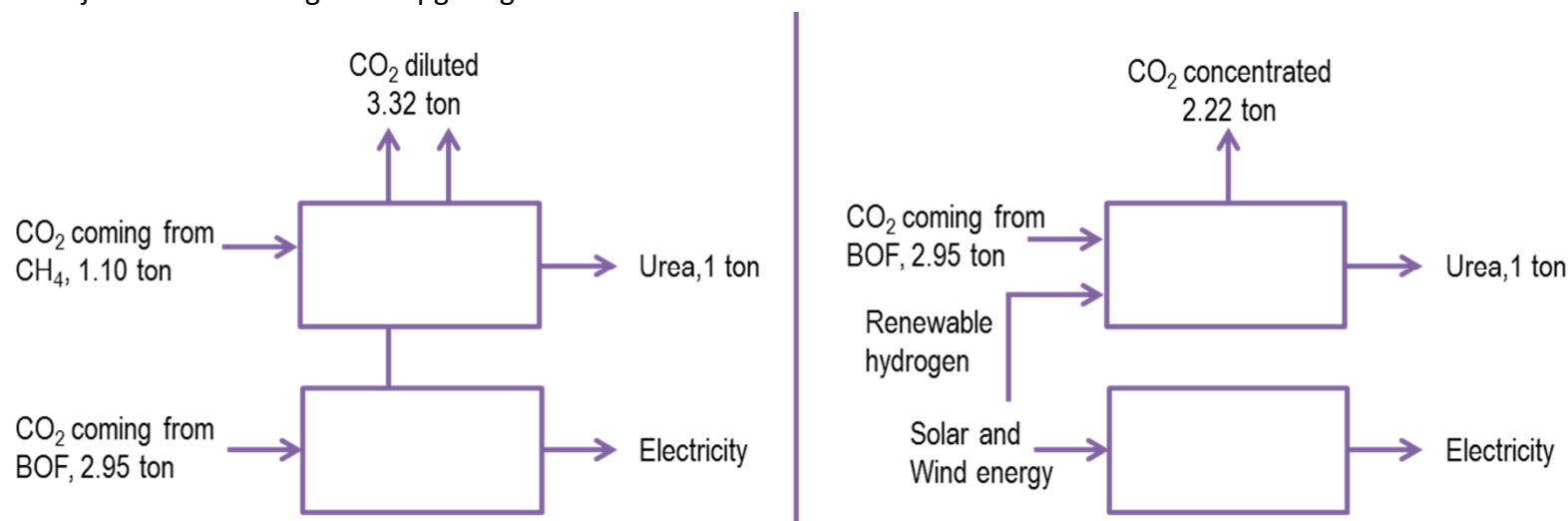
Om de potentiële winstgevendheid van de CURE benadering in te schatten is een vergelijking gemaakt met de conventionele manier van ureum maken vanuit aardgas. Uit deze analyse is gebleken dat beide gevallen even rendabel zijn. Bij een lagere waarde van het BOF-gas tov aardgas per GJ, wordt de CURE benadering zelfs winstgevender.



Figuur 1: Gevoeligheidsanalyse voor de referentie en de CURE methodiek op basis van BOF gas. De terugverdientijd als functie van de ureum verkoopprijs voor energieprijzen tussen de 3 en 8 €/GJ.

Potentie verlaging CO₂ uitstoot

Een eerste inschatting van de koolstofhuishouding is uiteengezet in Figuur 2. Tegenwoordig wordt van het BOF gas voornamelijk elektriciteit gemaakt. In de toekomst zal deze rol worden overgenomen door hernieuwbare bronnen zoals zon en wind. Elektriciteit zal dus wegvallen als product. Het BOF gas komt hiermee vrij voor andere toepassing, zoals de productie van ureum. Ureum wordt tegenwoordig met name gemaakt uit aardgas. In het huidige scenario komt per ton ureum meer dan 3 ton CO₂ vrij in een verdunde vorm. In het toekomst scenario van CURE komt er ruim 2,2 ton zuivere CO₂ vrij dat direct ondergronds opgeslagen kan worden.

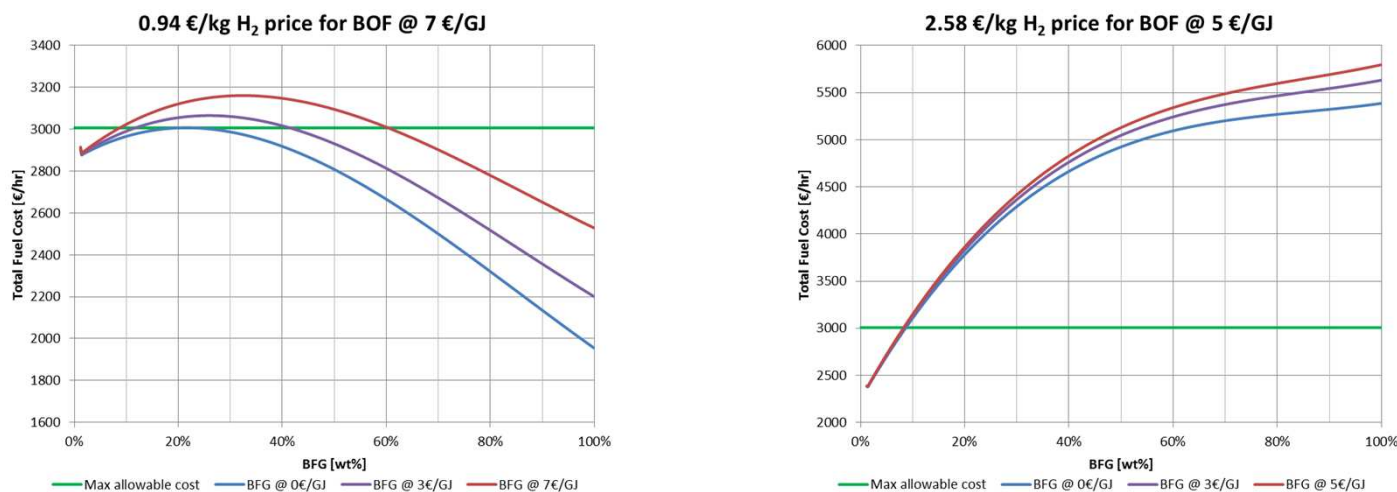


Figuur 2: 1^{ste} afschatting van de koolstofhuishouding van de methaan en de CURE implementatie

Bijdrage aan een flexibele inzet van hernieuwbare elektriciteit



In een toekomst waar hernieuwbare elektriciteitsopwekking de energiemarkt domineert zal de elektriciteitsprijs gaan fluctueren als gevolg van verschillen in vraag en aanbod. In het CURE concept komt dit terug in de waterstof prijs. Bij een overschot aan elektriciteit zal de waterstof prijs laag en wordt het gebruik van het CO arme BF gas aantrekkelijker. Echter bij knappe op de markt neemt de waterstof prijs toe en wordt het gebruik van BOF gas aantrekkelijker. Voor twee realistisch waterstofprijzen is dit weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: vergelijking van het effect van de waterstofprijs op de keuze van het voedingsgas.

Overige aspecten

- **Openbare publicaties**

Op het moment van schrijven, maart 2017, zijn er nog geen openbare publicatie beschikbaar.

- **Contact persoon**

Voor meer informatie over dit project kunt terecht bij:

Jaap Vente

ECN

Westerduinweg 3

1755 LE Petten

T +31 88 515 49 16

vente@ecn.nl

- **Verkregen subsidie**

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ - subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland