TESN218008

Eindrapport Studie CCUS bij Tata Steel IJmuiden

Document nr. : 58.022271-GEN-00054
Revision : A
Date : 20-6-2019
Status : Final

Responsibility	Name	Function	Signature	Date
Made by	Hans van Zutphen	Project Manager		
Checked by	Angela Kramer	Head Project Management		
Approved by	Marc vd Zon	Manager Projects PTC		

Content

1 Inleiding 3

2 Projectbeschrijving 4

2.1 Huidige situatie 4

2.2 Projectdoel 5

2.3 Project beschrijving 5

2.4 Mogelijkheden om het purge gas te benutten 6

2.5 Wat zijn de alternatieven voor nafta ? 6

2.6 Beoogde locatie 7

3 Verwachte CO_2 reductie bij verdere implementatie 9

3.1 Opschaling binnen Tata Steel 9

3.2 Opschaling binnen Europa 9

4 Financiele analyse 10

5 Niet-technologische factoren 11

6 Vervolgstappen 12

1 Inleiding

Tata Steel IJmuiden onderzoekt de mogelijkheid om CO2 emissies te reduceren op een manier waarbij nuttig gebruik gemaakt wordt van de procesgassen die als bijproduct ontstaan bij de vervaardiging van staal. Om dit algemene concept nader te onderzoeken heeft Tata Steel subsidie aangevraagd bij RVO Nederland in het kader van de Topsector Energie. Deze subsidie is door RVO Nederland verleend en met behulp hiervan heeft Tata Steel een haalbaarheidstudie uitgevoerd in de periode Juli 2018 – Maart 2019.

Gedurende de uitvoering van de studie heeft het project een naam gekregen: Everest. De projectnaam is een engelstalig acronym voor wat Tata Steel uiteindelijk met dit project beoogte te bereiken: **E**nhancing **V**alue by **E**missions **R**e-use and **E**missions **ST**orage.

Tata Steel beoogt Everest tot uitvoer te brengen samen met een partner uit de chemische sector: DOW Chemical. De onderhavige studie is dan ook in samenwerking met DOW uitgevoerd.

De uitkomsten van de studie hebben ertoe geleid dat Tata Steel besloten heeft wederom een subsidie aan te vragen voor een vervolgstudie waarin het ontwikkelde concept verder wordt uitgewerkt en de aanbesteding van de engineering op basis van het uiteindelijke ontwerp wordt voorbereid.

Dit rapport geeft een samenvatting van de bereikte resultaten van de eerste haalbaarheidsstudie.

2 Projectbeschrijving

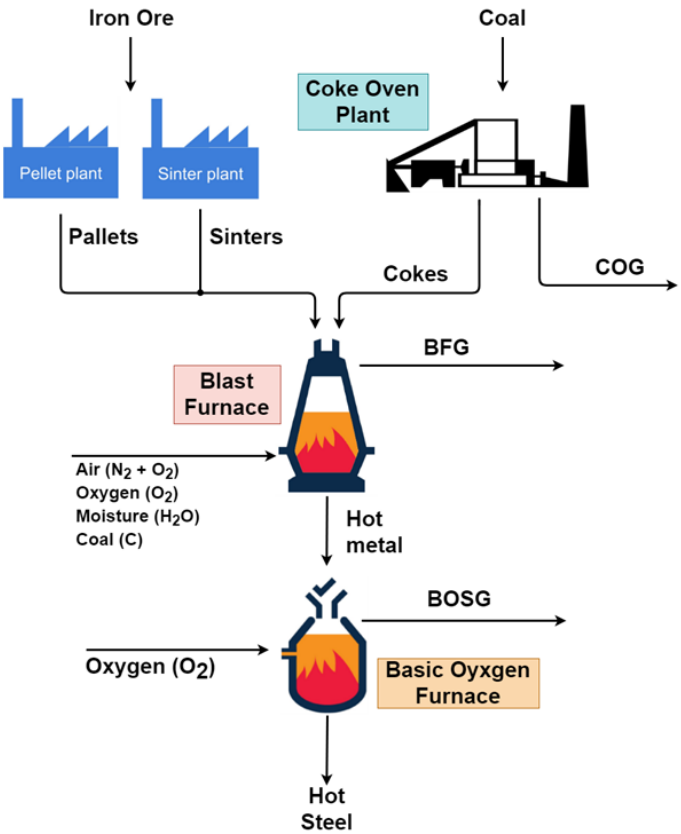
2.1 Huidige situatie

Bij de productie van staal in IJmuiden komen grote hoeveelheden gas vrij op diverse punten in het productieproces. Deze gassen variëren in hoeveelheid en kwaliteit. In alle gevallen gaat het hier om brandbare gassen die, hoewel van een lagere calorische waarde dan aardgas, nuttig kunnen worden ingezet op diverse locaties op het terrein van Tata Steel of in de directe omgeving hiervan.

Er zijn drie gassoorten die worden geproduceerd:

- Hoogovengas (in het Engels Blast Furnace Gas genoemd en daarom in dit rapport aangeduid met “BFG”). BFG wordt in grote hoeveelheden geproduceerd tijdens het reduceren van ijzererts (Fe2O3) in hoogovens 6 en 7 van Tata Steel.
- Oxystaalgas (in het Engels Basic Oxygen Steel Gas genoemd en daarom in dit rapport aangeduid met “BOS”). BOS wordt geproduceerd tijdens de zuivering van het ruwijzer in de oxystaalfabriek.
- Kooksovengas (in het Engels Coke Oven Gas genoemd en daarom in dit rapport aangeduid met “COG”). COG wordt in Kooksfabriek 1 en 2 geproduceerd tijdens de productie van cokes uit kolen.

Onderstaande figuur geeft het ontstaan van de verschillende gassen schematisch weer.



Figuur 1. Het ontstaan van brandbare gassen tijdens staalproductie.

Op jaarbasis wordt ongeveer 55 PJ aan genoemde gassen geproduceerd. Van deze hoeveelheid beschikbare energie wordt ongeveer 30 PJ benut voor diverse toepassingen binnen Tata Steel, voornamelijk voor stoom- en

warmteproductie. De resterende 25 PJ wordt benut als brandstof voor een drietal electriciteitscentrales van Vattenfall. Het betreft hier IJmond 01 (Stoom en gasturbine) en Velsen 24 en 25 (combi-centrales). Op deze wijze wordt het geproduceerde gas weliswaar nuttig gebruikt om een product te maken (elektriciteit), maar vindt wel een significante CO_2 productie plaats.

2.2 Projectdoel

Het beoogde project, Everest genaamd, heeft tot doel een andere bestemming te vinden voor (een groot deel van) het BFG en BOS gas dat nu aan Vattenfall centrales VN 24 en VN 25 wordt geleverd. Hier wordt invulling aan gegeven door een deel van de CO_2 aanwezig in de BFG en BOS af te vangen en ondergronds op te slaan. Van de resterende C-atomen in het gas wordt het grootste deel vastgelegd in naphtha, een grondstof voor onder andere ethyleenproductie.

Op deze wijze worden de emissies die nu plaatsvinden bij Vattenfall centrales VN 24 en 25 voorkomen. Hiermee verwacht Tata Steel tussen de 4 en 5 Mton CO_2 emissies per jaar te voorkomen.

2.3 Project beschrijving

Om het beoogde doel te bereiken wordt een grootschalige CCUS (Carbon Capture Utilisation & Storage) installatie gebouwd. Deze installatie zal het reeds in het BFG aanwezige CO_2 afvangen en leveren aan een nog te bouwen pijpleiding[1] die het CO_2 uiteindelijk in lege gas- of olievelden in de Noordzee opslaat.

Voordat de afvang van CO_2 plaatsvindt, wordt eerst de samenstelling van het BFG op een andere manier gewijzigd: Door middel van een Water-Gas-shift reactor wordt een deel van het CO in het BFG geconverteerd naar H_2. Deze stap is nodig om uiteindelijk een gas te produceren dat een mol verhouding H_2:CO heeft die ongeveer 2.1 is.

Nadat de CO_2 door middel van een amine was proces is afgevangen, vindt compressie plaats naar ongeveer 20 bar(g). In deze (gasvormige) toestand wordt de CO_2 geleverd aan de eerder genoemde pijpleiding.

Het resterende, bewerkte gas bestaat nu een mengsel van H_2 en CO en een aanzienlijke hoeveelheid inert gas in de vorm van N_2. Dit gas wordt vervolgens door een Fischer-Tropsch reactor geleid. In deze reactor wordt de H_2 en CO katalytisch omgezet naar hogere koolwaterstoffen, voornamelijk moleculen met 5 tot 12 C-atomen. Dit product heet nafta en wordt gebruikt als grondstof door diverse chemische bedrijven voor de productie van onder andere ethyleen.

De geproduceerde nafta bevindt zich in een vloeibare toestand en wordt, na diverse zuiveringstappen, per schip afgevoerd naar een afnemer in de chemische industrie. Naast de vloeibare nafta wordt echter ook een gasvormige component geproduceerd, purge gas genaamd. Dit purge gas bestaat uit de inerte N_2, een kleine fractie ongeconverteerde CO en H_2 en een fractie lagere koolwaterstoffen (met name methaan, CH_4). Het resulterende gas heeft een vergelijkbare stookwaarde als BFG, maar heeft wel een afwijkende samenstelling. Een belangrijk onderdeel van het project bestaat uit het zoeken naar de best mogelijke aanwending van dit purge gas.

[1] Deze pijpleiding, met bijbehorend compressie-station en infrastructuur voor injectie in gasvelden wordt ontwikkeld binnen het project Athos, een samenwerking van EBN, Gasunie, Havenbedrijf Amsterdam en Tata Steel.

2.4 Mogelijkheden om het purge gas te benutten

Het kan aantrekkelijk zijn om het purge gas op diverse plekken in te zetten als alternatief voor BFG. Hierdoor kan namelijk meer BFG worden vrijgespeeld voor het CCUS proces of als vervanging voor het gebruik van fossiel aardgas.

Het geproduceerde purge gas heeft een calorische waarde die in de buurt ligt van BFG, maar is opgebouwd uit andere bestanddelen. De inzet van purge gas als alternatief voor BFG is daarom niet vanzelfsprekend en dient per toepassing afzonderlijk onderzocht te worden. De volgende mogelijkheden om purge gas in te zetten op de locatie van Tata Steel zijn onderzocht:

- Brandstof voor de windverhitters van Hoogoven 7
- Brandstof voor de stoomketels van Centrale 1
- Brandstof voor IJmond 01

Hoewel geen van de opties na het onderzoek als onhaalbaar kan worden bestempeld, zijn er wel mogelijke complicaties geïdentificeerd die nader onderzoek vereisen. Hierbij valt te denken aan zaken als lagere vlamtemperaturen bij gebruik van purge gas ipv BFG, de wellicht minder goede beschikbaarheid van het purge gas en mogelijke hogere NO_x waarden bij verbranding door de grotere hoeveelheden stikstof in het gas.

Naast de technische overwegingen speelt nog een ander belangrijk aspect een rol bij de benutting van purge gas. Indien Tata Steel het purge gas gaat inzetten als alternatief voor BFG in haar bedrijfsprocessen, betekent dit dat de staalproductie in IJmuiden tot op zekere hoogte afhankelijk zal zijn van de goede werking van de installaties van Everest. Het hiermee gepaard gaande bedrijfsrisico voor Tata Steel zal moeten opwegen tegen eventuele voordelen van de inzet van purge gas ten faveure van BFG.

In de vervolgfase zal een nadere analyse van het purge gas gedaan worden. Hierin wordt onder andere meer in detail onderzocht hoeveel purge gas beschikbaar zal zijn onder verschillende bedrijfsomstandigheden en welke mogelijkheden er zijn om het gas te “bewerken” (bijvoorbeeld d.m.v. membranen) zodat het minder afwijkt van BFG.

Omdat op dit moment echter voor geen enkele benutting van purge gas in Tata Steel installaties onomstotelijk kan worden vastgesteld dat dit haalbaar is, heeft het projectteam de keuze gemaakt te werken met een basisconfiguratie waarin alle purge gas wordt benut voor stoom- en elektriciteitsproductie.

2.5 Wat zijn de alternatieven voor nafta ?

In een apart project onderzoekt Tata Steel samen met DOW, ArcelorMittal, ISPT, ECN en de Universiteit van Gent de Fischer-Tropsch synthese die nodig is om nafta uit syngas te produceren. Er zal een pilot installatie voor syngas conversie worden gebouwd die gekoppeld zal worden aan een reeds gebouwde pilot installatie voor CO_2 afvang uit BFG. Deze gezamenlijke installatie zal het proof of concept vormen voor de techniek waarop Everest gebaseerd is.

Indien echter blijkt dat de FT-synthese technisch of economisch niet haalbaar is, zal Tata Steel een alternatieve techniek kiezen om het synthesegas te verwaarden. De voorkeur gaat hierbij uit naar een alternatieve vorm van CCU, door bijvoorbeeld methanol, kerosine, azijnzuur, etc te produceren. Indien ook dit niet haalbaar blijkt, bestaat nog de mogelijkheid om het geproduceerde syngas te benutten voor elektriciteitsproductie.

2.6 Beoogde locatie

De beoogde locatie van Everest op het terrein van Tata Steel is hieronder weergegeven. Het betreft een momenteel grotendeels braakliggend terrein. Het terrein is circa 8 hectare groot, en meet 400 m bij 200 m. Aan de zuidrand van het terrein bevinden zich twee installaties die niet zullen worden verwijderd: HVS 3 en Gasontvangststation Zuid.

Figuur 2. Beoogde locatie Everest op het Tata Steel terrein

Indien mogelijk zal de gehele CCUS installatie van Everest op deze locatie gebouwd worden. Of dit daadwerkelijk genoeg is, is nog onzeker. Een tweede locatie op het terrein is aangewezen als “spill over area”. Dit is het voormalige terrein van Hoogovens 4 en 5. Indien nodig kan een deel van de installatie van Everest op deze locatie worden gebouwd als de beschikbare ruimte op de beoogde locatie onvoldoende is.

De beoogde locatie is in de figuur hieronder aangemerkt als “site 1”. De reservelocatie is aangegeven met “site 2”.

Figuur 3. Ligging van Everest op het Tata Steel terrein ("site 1") en de locatie waar eventueel een deel van de installatie gerealiseerd kan worden in geval van ruimtegebrek ("site 2").

3 Verwachte CO_2 reductie bij verdere implementatie

Het project zal op twee manieren CO_2 uitstoot verminderen:

- Door CO_2 af te vangen uit het BFG en op te slaan in gasvelden in de Noordzee (via Athos)
- Door C-atomen vast te leggen in nafta via Fischer-Tropsch synthese.

Het totale volume aan CO_2 uitstoot dat op deze manier wordt vermeden is afhankelijk van de hoeveelheid BFG die aan de installatie geleverd wordt. In de basisconfiguratie wordt uitgegaan van 20 PJ aan BFG op jaarbasis, maar er zijn mogelijkheden geïdentificeerd om deze waarde naar 24 PJ te brengen. Op basis van deze waarden is berekend dat het project tussen de 4 en 5 Mton CO_2 per jaar zal besparen.

De verhouding tussen de CCS en CCU component ligt niet op voorhand vast. De meest bepalende factor hiervoor is de beschikbaarheid van waterstof. In de huidige configuratie wordt naftaproductie (de CCU component) beperkt door de hoeveelheid waterstof die aanwezig is in het BFG. Indien een externe bron van waterstof beschikbaar gemaakt wordt of waterstof wordt teruggewonnen in het proces, neemt de naftaproductie toe. Op de langere termijn is dit een van de twee routes die moet leiden tot een mindere afhankelijkheid van CCS voor de CO_2 reductie. Een andere manier om de verhouding CCU/CCS te verhogen is wanneer er technologieën beschikbaar komen om CO_2 rechtstreeks te converteren naar nuttige producten, zonder dat er waterstof of CO benodigd is.

3.1 Opschaling binnen Tata Steel

Tata Steel is bij de keuze van de schaalgrootte van Everest ervan uitgegaan dat alleen het BFG afkomstig uit Hoogoven 7 als potentiele brandstof kan worden benut. Het project maakt deel uit van het algehele palet aan mogelijke maatregelen om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Om dit laatste doel te bereiken zijn meerdere scenario's mogelijk. Indien uiteindelijk een route wordt gekozen waarbij staal nog steeds geproduceerd op basis van twee hoogovens kan de installatie van Everest in schaal worden uitgebreid en kan een verdere CO_2 reductie en naftaproductie worden bewerkstelligd. Indien op termijn Hoogoven 6 wordt vervangen door een andere technologie voor het vervaardigen van ruwijzer is verdere opschaling van Everest binnen Tata Steel niet nodig.

Met de keuze van een 20 PJ installatie wordt op de maximale CO_2 reductie op de korte termijn bereikt zonder dat andere veelbelovende technologieën in de toekomst worden uitgesloten.

3.2 Opschaling binnen Europa

Het project is in principe herhaalbaar op diverse staalproductie locaties binnen Europa. Iedere geïntegreerde staalfabriek genereert een vergelijkbare set van gassen en kan dus het principe van Everest toepassen. Wel dient er een goede infrastructuur aanwezig te zijn om de CO_2 te kunnen opslaan danwel naar een locatie te transporteren waar deze nuttig gebruikt kan worden. Dit laatste punt kan op sommige locaties een beperking vormen.

4 Financiele analyse

De exploitatie van Everest zal hoofdzakelijk in kwalitatieve termen worden besproken. De business case van Everest bevat veel bedrijfsgevoelige informatie. De totale investering is voorlopig geraamd op circa 1,5 miljard Euro. Dit is een eerste zeer grove schatting en kan in latere fases van het project, wanneer verfijning plaatsvindt, nog veranderen.

Zoals gesteld in de inleiding zijn Tata Steel en DOW de mogelijkheid aan het onderzoeken om Everest gezamenlijk uit te voeren. Er is daarom een gezamenlijke business case ontwikkeld door DOW en Tata Steel.

In het model dat DOW en Tata Steel momenteel voor ogen hebben wordt deze investering gedaan door een hiervoor op te richten onderneming, vooralsnog SPV (Special Purpose Vehicle) genaamd. Deze SPV zal haar investering terug dienen te verdienen door CO_2 uitstoot te verminderen en nafta te produceren en verkopen. Een derde bron van inkomsten van de SPV kan de verkoop van purge gas zijn, of de verkoop van elektriciteit geproduceerd uit het purge gas.

De exploitatie van de SPV is daarom afhankelijk van de toekomstige ontwikkelingen van een aantal marktfactoren, waarvan de belangrijkste zijn:

- CO_2-prijs
- Elektriciteitsprijs
- Olie prijs (hieraan is de nafta prijs gekoppeld)

DOW en Tata Steel hebben ieder afzonderlijk verwachtingen opgesteld t.a.v. de ontwikkeling van bovengenoemde prijzen. Daarnaast zijn er berekeningen gedaan welke CO_2-prijs minimaal vereist is voor de SPV om een acceptabel rendement te bereiken.

Uit de analyses is gebleken dat enige mate van subsidiering via één of meerdere instrumenten (EU, SDE++) benodigd zal zijn om het project economisch haalbaar te maken.

5 Niet-technologische factoren

In eerste instantie lag de aandacht van het project op het ontwikkelen van een haalbaar technisch concept voor CCUS, alvorens andere factoren in ogenschouw te nemen. Indien het project technisch niet uitvoerbaar zou blijken, zouden andere aspecten van het project er immers niet meer toe doen.

Inmiddels is er voor een aantal niet technologische factoren ook vooruitgang geboekt. Zo is onder andere een “permitting road map” opgesteld waarin wordt aangegeven welke stappen dienen te worden doorlopen om een project als Everest vergund te krijgen. Het vergunningentraject zal zeker enkele jaren bestrijken en deels in samenspraak met het Athos project uitgevoerd worden.

Tevens is er voor het project een risico register opgesteld waarin de belangrijkste risico’s voor het project geïdentificeerd zijn en mogelijke mitigaties bepaald zijn. Ook hierin blijkt een aanzienlijke rol voor niet-technologische factoren zoals bijvoorbeeld maatschappelijke acceptatie, risico’s m.b.t. prijsvolatiliteit en de onzekerheden die gepaard gaan met het sluiten van allianties tussen bedrijven die van oorsprong uit geheel verschillende sectoren komen.

Als laatste stap in deze projectfase heeft Tata Steel in kaart gebracht welke stakeholders bij dit betrokken zijn. Hieruit is een uitgebreid overzicht gegenereerd van belanghebbenden met wie Tata Steel op het geschikte moment de dialoog aan zal gaan.

6 Vervolgstappen

Naar aanleiding van de resultaten van de haalbaarheidstudie heeft Tata Steel besloten een volgende fase van het project in te gaan, de Conceptual Design fase. Deze projectfase vormt de overbrugging tussen de eerdere eerste haalbaarheidsfase en de daadwerkelijke uitvoering (beginnend met engineering) van het project. Om deze overbrugging te realiseren is een aantal werkpakketten gedefinieerd, die vrij uiteenlopend van aard zijn. Voor een deel kunnen de werkpakketten onafhankelijk van elkaar worden uitgevoerd.

Het geheel van activiteiten in deze fase heeft tot doel het project gereed te krijgen voor uitvoering van de basic engineering in een volgende fase. Dit houdt in dat alle belangrijke beslissingen t.a.v. technische uitvoeringsvarianten moeten worden genomen en dat een organisatie van DOW en Tata Steel gezamenlijk opgetuigd moet worden.

In de Conceptual Design fase zullen de volgende activiteiten plaatsvinden:

- Beoordelen van varianten (de zogenaamde Value Engineering items) op de basisconfiguratie die tot verbetering van het algehele project kunnen leiden
- Het uitvoeren van simulaties om te bepalen onder welke omstandigheden de beoogde technologie zal kunnen omgaan met de onvermijdelijke schommelingen in samenstelling en hoeveelheid BFG
- Het optuigen van een gezamenlijke organisatie van DOW en Tata Steel
- Het aanbesteden van de basic engineering van in ieder geval het CCS deel
- Diverse activiteiten met betrekking tot omgevingsmanagement