

Is koolstofafvang economisch haalbaar?

- **Koolstofafvang en -opslag (CCS) is een cruciale technologie voor het bereiken van netto nuluitstoot...**
- **...met name voor sectoren waar emissies moeilijk te elimineren zijn**
- **Hoewel de toepassing ervan momenteel nog beperkt is vanwege de hoge kosten...**
- **... zullen stijgende koolstofprijzen en verbeteringen in de technologie voor koolstofafvang deze oplossing tegen 2030 waarschijnlijk haalbaarder maken.**



Georgette Boele
Senior econoom Duurzaamheid
georgette.boele@nl.abnamro.com

Inleiding

Om de wereldwijde doelstelling van netto nuluitstoot in 2050 te halen en de opwarming van de aarde te beperken tot minder dan 2 °C (bij voorkeur 1,5 °C) boven het pre-industriële niveau, hebben we een mix van oplossingen nodig. Deze omvatten onder andere het verminderen van CO₂-uitstoot, het rechtstreeks afvangen van CO₂ uit verbranding en het verwijderen van CO₂ uit de atmosfeer. Hoewel er veel aandacht is geweest voor het verminderen van emissies (zoals het gebruik van hernieuwbare energie of duurzame brandstoffen), krijgt koolstofafvang en -opslag (CCS) steeds meer aandacht, vooral voor sectoren waar emissies moeilijk te verminderen zijn, zoals de zware industrie en het transport (scheepvaart). Momenteel wordt CCS vooral op kleine schaal toegepast. In 2023 werd slechts 0,1% van de wereldwijde CO₂-uitstoot afgevangen, en zelfs met toekomstige uitbreiding zal dit in 2030 een relatief klein deel van de reducties uitmaken. CCS is echter essentieel als aanvulling op andere oplossingen, met name in sectoren waar emissies moeilijk te elimineren zijn. We hebben uitgebreid geschreven over CCS met betrekking tot koolstofafvang (zie [hier](#)), CO₂-transport (zie [hier](#)), CO₂-opslag (zie [hier](#)) en de mogelijkheden voor het gebruik van CO₂ (zie [hier](#)). In dit rapport zullen we ons concentreren op de kosten voor het afvangen van CO₂, de kosten voor het vermijden van CO₂ en deze vergelijken met de ETS-prijs. Maar we beginnen met uit te leggen wat koolstofafvang (de CC van CCS) precies is.

Koolstofafvang (CC) uitgelegd

Voordat we ons verdiepen in de kosten voor koolstofafvang, is het de moeite waard om uit te leggen wat deze technologie inhoudt. Koolstofafvang houdt in dat CO₂ voor of na de verbranding van fossiele brandstoffen wordt verwijderd voordat het in de atmosfeer terechtkomt. Deze afgevangen koolstof wordt vervolgens getransporteerd en opgeslagen. Er zijn drie belangrijke technologieën voor koolstofafvang.

Afvang na verbranding

- CO₂ wordt na de verbranding van fossiele brandstoffen uit de uitlaatgassen (rookgassen) afgevangen.
- Wordt vaak gebruikt in bestaande energiecentrales.
- Technieken zijn onder meer chemische oplosmiddelen, fysische oplosmiddelen, adsorptie (met behulp van vaste materialen) en membranen.

Afvang vóór verbranding

- CO₂ wordt vóór de verbranding verwijderd, meestal door fossiele brandstoffen om te zetten in een schoner gas (syngas).
- Wordt gebruikt in industriële toepassingen of geïntegreerde vergassingssystemen.

Oxy-brandstofverbranding

- Fossiele brandstoffen worden verbrand in combinatie met zuivere zuurstof, waardoor een zeer zuivere CO₂-stroom ontstaat die gemakkelijker kan worden afgevangen.
- Wordt vaak gebruikt in nieuwe infrastructuurprojecten.

Hoe CO₂ uit gasen te scheiden

Het scheiden van CO₂ uit rookgasen (zoals die worden uitgestoten door energiecentrales of fabrieken) is essentieel voor koolstofafvang. Er zijn verschillende technieken om dit te bereiken, en elk heeft zijn eigen voordelen en uitdagingen. De eerste techniek is absorptie met behulp van vloeistoffen (oplosmiddelen). De CO₂ wordt geabsorbeerd in een vloeibaar oplosmiddel (zoals een spons die water opzuigt). Het oplosmiddel wordt vervolgens verwarmd om de CO₂ vrij te maken, waarna deze klaar is voor opslag of gebruik. Daarna wordt het oplosmiddel opnieuw gebruikt in het proces. Er zijn chemische oplosmiddelen en fysieke oplosmiddelen. Het nadeel van deze techniek is dat het een energie-intensief proces is, vooral voor chemische oplosmiddelen.

De tweede techniek is adsorptie met behulp van vaste stoffen. In plaats van vloeistoffen maakt deze techniek gebruik van vaste stoffen om CO₂ aan hun oppervlak te "vangen". De CO₂ hecht zich aan het oppervlak van de vaste stof (zoals een magneet). De CO₂ wordt later vrijgegeven door de temperatuur of druk te veranderen. Deze techniek verbruikt minder energie om te regenereren in vergelijking met oplosmiddelen, maar is nog in ontwikkeling, vooral voor grootschalig gebruik.

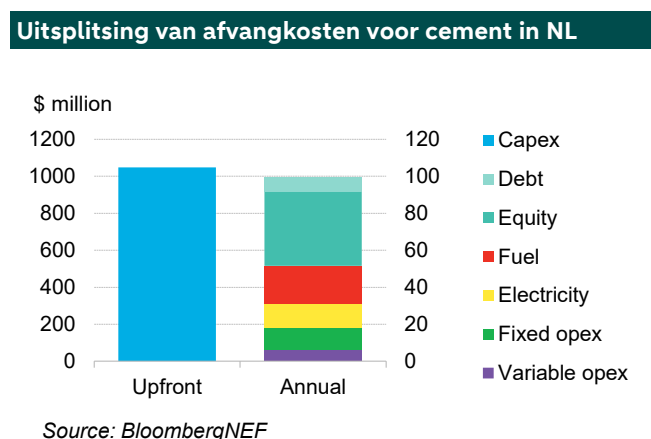
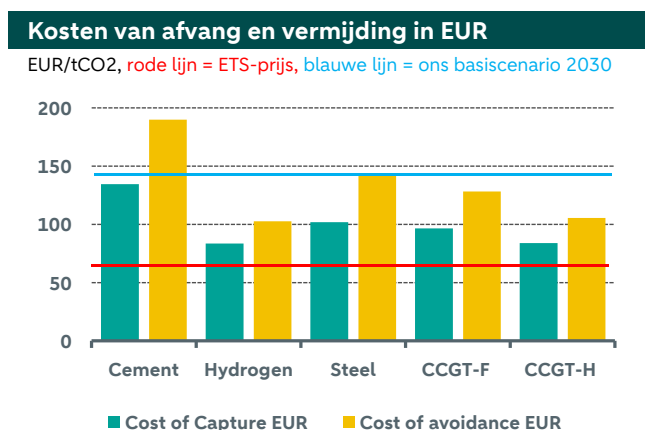
De derde techniek is membraanscheiding. Denk aan een filter dat CO₂ doorlaat en andere gasen tegenhoudt. Bij deze techniek zijn geen chemicaliën nodig, waardoor deze schoner en eenvoudiger is. Bovendien kan het energieverbruik worden verminderd in vergelijking met andere methoden. Maar de membranen zijn nog niet efficiënt genoeg voor grootschalig gebruik.

De vierde techniek is cryogene koolstof, waarbij CO₂ wordt bevroren. Bij deze methode worden gasen zo sterk gekoeld (-100 °C tot -135 °C) dat CO₂ in een vaste stof verandert en kan worden afgescheiden. De bevroren CO₂ wordt verzameld en weer omgezet in een gas of vloeistof voor opslag. Deze techniek kan ook water en andere verontreinigende stoffen verwijderen. Er is echter veel energie voor nodig.

Tot slot is er een nieuwere techniek waarbij een speciaal oplosmiddel (kaliumcarbonaat) wordt gebruikt om CO₂ te absorberen. Dit proces vereist minder energie dan traditionele technieken. Bovendien is het efficiënter en gaat het langer mee zonder snel te degraderen.

Kosten van afvang en vermijding

Nu we hebben uitgelegd wat CC is en welke technieken worden gebruikt, gaan we dieper in op de kosten voor het afvangen van CO₂ en de kosten voor het vermijden ervan. Hiervoor gebruiken we de CCS-modellen van Bloomberg New Energy Finance (BNEF) voor de industrie, energie en hoge concentraties (ethanol, ammoniak, aardgasverwerking). Hoge concentratie betekent dat het rookgas een hoge CO₂-concentratie heeft van 93,5% of hoger. De industrie produceert bijvoorbeeld rookgas met een CO₂-concentratie van 13-23%, dus dit moet verder worden verwerkt om de CO₂ te zuiveren voor transport en opslag.



Bron: Bloomberg NEF, ABN AMRO Economisch Bureau

Hoewel de kosten van afvang en de kosten van vermijding op elkaar lijken, is er toch een belangrijk verschil. De afvangkosten geven aan hoeveel het kost om een ton CO₂ af te vangen. De totale kosten van vermijding omvatten namelijk ook de vermijdingskosten van de emissies die vrijkomen bij het produceren van de energie die nodig is om de afvanginstallatie te laten draaien.

De grafiek linksboven toont de kosten van afvang en de kosten van vermijding voor de cement-, waterstof- en staalindustrie en voor de gecombineerde cyclus gasturbine (of CCGT) in de energiesector. CCGT combineert twee energieopwekkingsprocessen – gasturbines en stoomturbines – om elektriciteit te produceren. CCGT kan worden ingedeeld in de F- of H-klasse, waarbij de H-klasse de nieuwste generatie gasturbines vertegenwoordigt. CCGT-H is een met waterstof aangedreven gecombineerde cyclus gasturbine en CCGT-F is een met fossiele brandstof aangedreven CCGT. De CCGT-H's produceren minder CO₂ dan CCGT-F's. Deze kosten zijn berekend op basis van aardgas als brandstofbron, met een bouwjaar van 2025, een bouwtijd van 3 jaar en een levensduur van 30 jaar. De kosten zullen naar verwachting vergelijkbaar zijn voor Nederland en Duitsland.

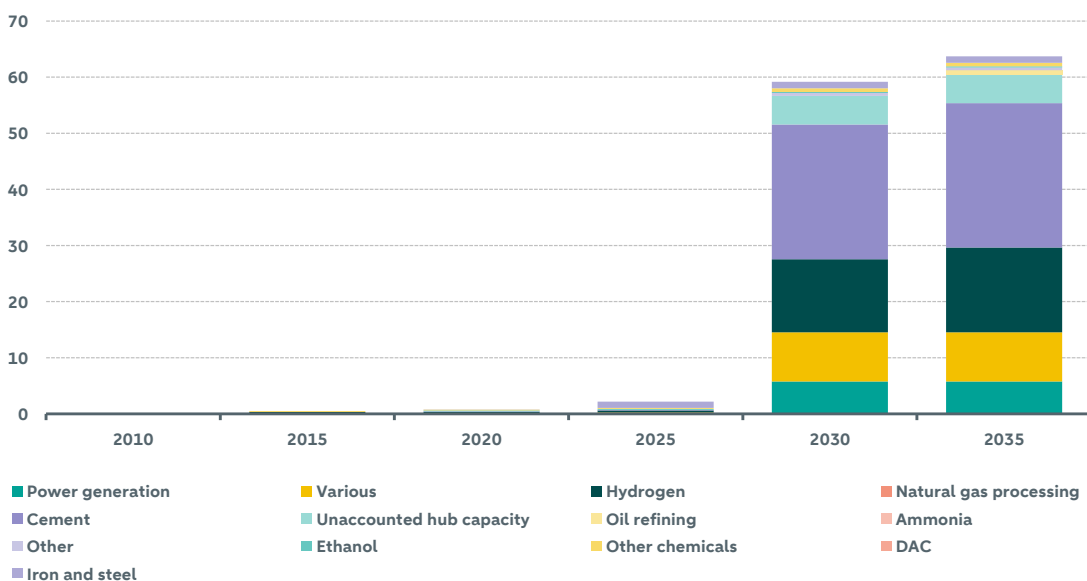
Zoals uit bovenstaande grafiek blijkt, is het voor de energiesector op dit moment niet aantrekkelijk om te investeren in CCS, aangezien de kosten voor afvang en de kosten voor vermijding boven de huidige ETS-prijs liggen. Dat geldt ook voor de cement-, waterstof- en staalindustrie. Dit betekent dat het voor deze bedrijven momenteel goedkoper is om ETS-emissierechten te kopen dan te investeren in koolstofafvangtechnologie. Tegen 2030 zal het investeren in koolstofafvangtechnologieën pas een aantrekkelijkere oplossing worden, aangezien onze basisscenario voorziet dat de ETS-prijzen tegen 2030 zullen stijgen tot EUR 145 /tCO₂ (de blauwe lijn in de linkergrafiek hierboven, zie [hier](#) voor meer informatie).

De grafiek rechtsboven toont de schatting van Bloomberg NEF van wat er nodig is om een CC-systeem te bouwen voor een cementfabriek in Nederland met een productie van 1,3 Mt cement per jaar. De kapitaaluitgaven (Capex) vormen het grootste onderdeel. De initiële investering voor een dergelijke fabriek bedraagt dus USD 1.048,5 miljoen, en daar komen nog de jaarlijkse kosten bij. De vaste operationele kosten (Opex) zijn met USD 11,5 miljoen per jaar ook aanzienlijk. Het grootste deel van de Capex en Opex is vast.

De onderstaande grafiek toont de historische en voorgestelde capaciteit per CO₂-bron voor de EU. Hieruit blijkt dat er in 2025 slechts een beperkt aantal projecten voor koolstofafvang zijn. Tegen 2030 zou koolstofafvang meer kunnen worden toegepast in de cement- en waterstofindustrie en bij de opwekking van elektriciteit. Maar de kosten voor deze technologieën moeten dalen of de ETS-prijs moet stijgen.

Historische en voorgestelde capaciteit per CO₂-bron voor de EU

Miljoen ton CO₂



Bron: Bloomberg NEF

Conclusie

Koolstofafvang en -opslag (CCS) is een cruciale technologie voor het bereiken van netto nuluitstoot, met name voor sectoren waar emissies moeilijk te elimineren zijn. Hoewel de huidige toepassing ervan (zoals blijkt uit het lage aantal projecten) beperkt blijft vanwege de hoge kosten, zullen stijgende koolstofprijzen en vooruitgang in CCS-technologie het waarschijnlijk tegen 2030 tot een meer haalbare oplossing maken vanwege stijgende ETS-prijzen. Van afvang na verbranding tot cryogene methoden: voortdurende innovatie is essentieel om de kosten te verlagen en de schaalbaarheid van CCS te vergroten voor een duurzame toekomst.

DISCLAIMER

ABN AMRO Bank
Gustav Mahlerlaan 10 (visiting address)
P.O. Box 283
1000 EA Amsterdam
The Netherlands

This document has been compiled by ABN AMRO. Its sole purpose is to provide financial and general information about the economy and sustainability. ABN AMRO reserves all rights in relation to the information in the documents the document is provided to you for your information only. You may not copy, distribute or transmit this document (in whole or in part) to any third party or use it for any other purpose than that referred to above.

This document is informative and does not constitute an offer of securities to the public, or a solicitation of an offer. You should not for any reason rely on the information, opinions, estimates and assumptions contained in this document or that it is complete, accurate or correct. No warranty, express or implied, is given by or on behalf of ABN AMRO, its directors, officers, representatives, affiliates, group companies or employees as to the accuracy or completeness of the information contained in this document, and no liability is accepted for any loss arising directly or indirectly from the use of this information. The views and opinions contained herein may be subject to change at any time and ABN AMRO is under no obligation to revise the information contained in this document after the date hereof.

Before investing in any ABN AMRO product, you should inform yourself about the various financial and other risks, as well as possible restrictions on you and your investments due to applicable laws and regulations. If, after reading this document, you are considering making an investment in a product, ABN AMRO recommends that you discuss such an investment with your relationship manager or personal adviser to further consider whether the relevant product - taking into account all possible risks - is appropriate for your investments. The value of investments may fluctuate. Past performance is no guarantee for the future. ABN AMRO reserves the right to make changes to this material.

© Copyright 2025 ABN AMRO Bank N.V. ABN AMRO Bank N.V. and affiliates ("ABN AMRO"). All rights reserved. No part of the contents of this publication may be reproduced, distributed or copied for any purpose without the express prior consent of ABN AMRO Bank.