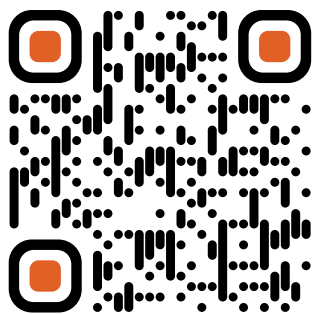


Koolstofknikkers

UITDAGING

Krijg jij de knikker van de startpositie naar de eindpositie, zonder in een gat te vallen?

Tip voor een vlotte start: hou enkel het linkerkoord vast op de startpositie linksonder, neem onderaan een knikker, leg die in het houdertje en pak dan pas het rechterkoord.



*Je vindt deze bundel
ook op onze website.*

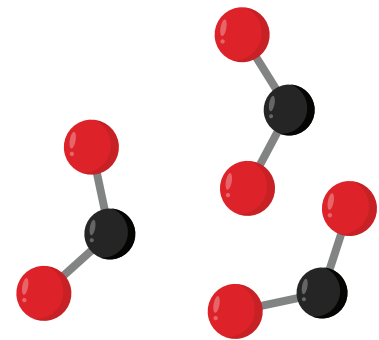
vB

Koolstofdioxide

CO₂ kennen we als een verbrandingsproduct bij het verstoken van klassieke brandstoffen: hout, kool, aardgas, uit aardolie afgeleide brandstoffen zoals benzine, stookolie, kerosine ... Datzelfde koolzuurgas komt ook vrij bij tal van industriële processen: productie van cement of staal, synthese van verscheidene chemicaliën, ... En ook van nature is CO₂ het resultaat van biologische processen: ademhaling bij dieren, decompositie, fermentatie ...

Dat alomtegenwoordig molecuul is een van grote boosdoeners in het kader van de klimaatcrisis (naast bijvoorbeeld methaan). Koolstofdioxide die vrij in de atmosfeer voorkomt, heeft namelijk een isolerend effect – te weinig CO₂ stuurt onze planeet richting ijstijden, maar te veel CO₂ doet de gemiddelde temperatuur stijgen met alle nefaste gevolgen van dien. Gletsjers smelten, de zeespiegel stijgt, weersomstandigheden worden extremer ...

Gezien de uitstoot van CO₂ in zoveel situaties voorkomt, kunnen heel veel verschillende ideeën en technieken helpen om de uitstoot te vermijden of op z'n minst te reduceren. Het probleem stelt zich namelijk in zowat iedere sector en kan dus ook in elke sector worden aangepakt, van energieproductie en transport tot cryptocurrencies en landbouw.



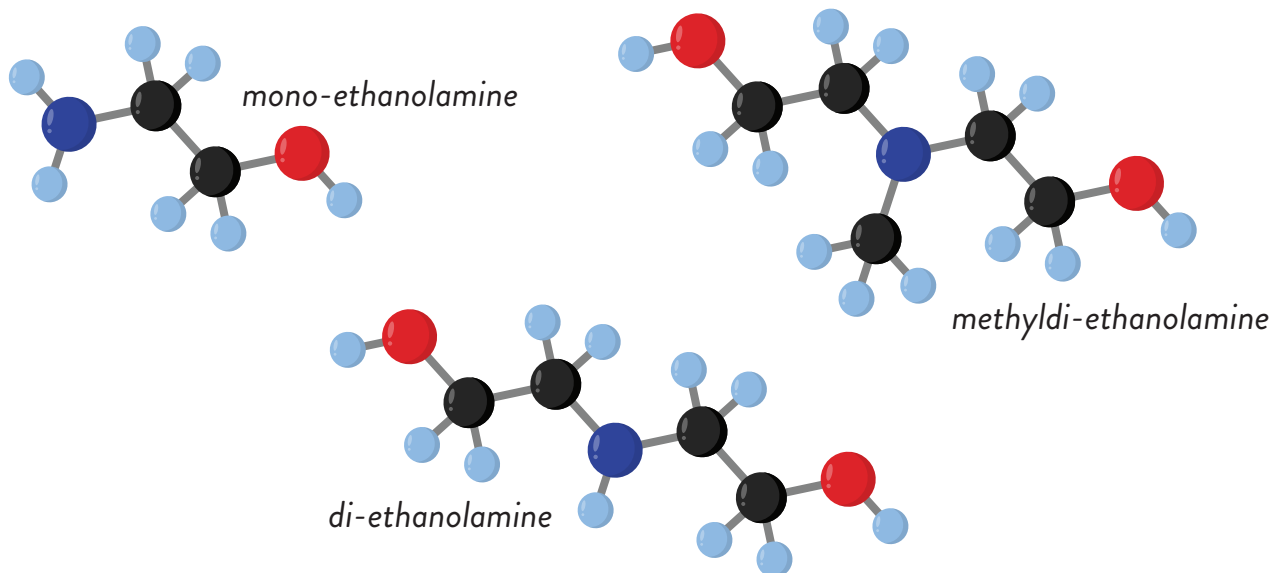
Idealiter gaat men in eerste plaats de productie van CO₂ trachten vermijden, maar soms is dat (nog) niet mogelijk of economisch haalbaar. In die gevallen kan men terugvallen op het onderscheppen van die CO₂, ook wel *carbon capture* genoemd. Gek genoeg vindt een vaak gebruikte technologie daarvoor zijn oorsprong in het verfijnen van aardgas: *amine scrubbing*.

In deze video van CrashCourse Chemistry legt Hank Green uit hoe koolstofdioxide op globale schaal in de natuur optreedt en alle leven mogelijk maakt, en hoe menselijke activiteit daarin tussenkomt.

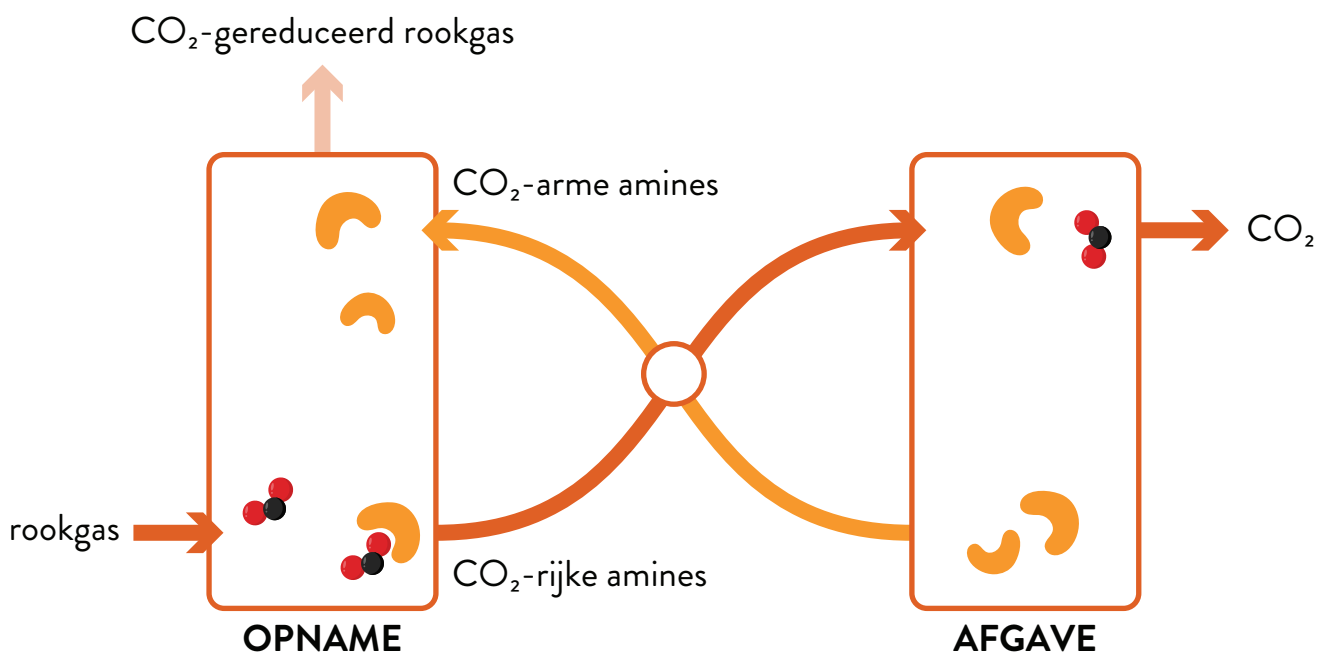


Amine scrubbing

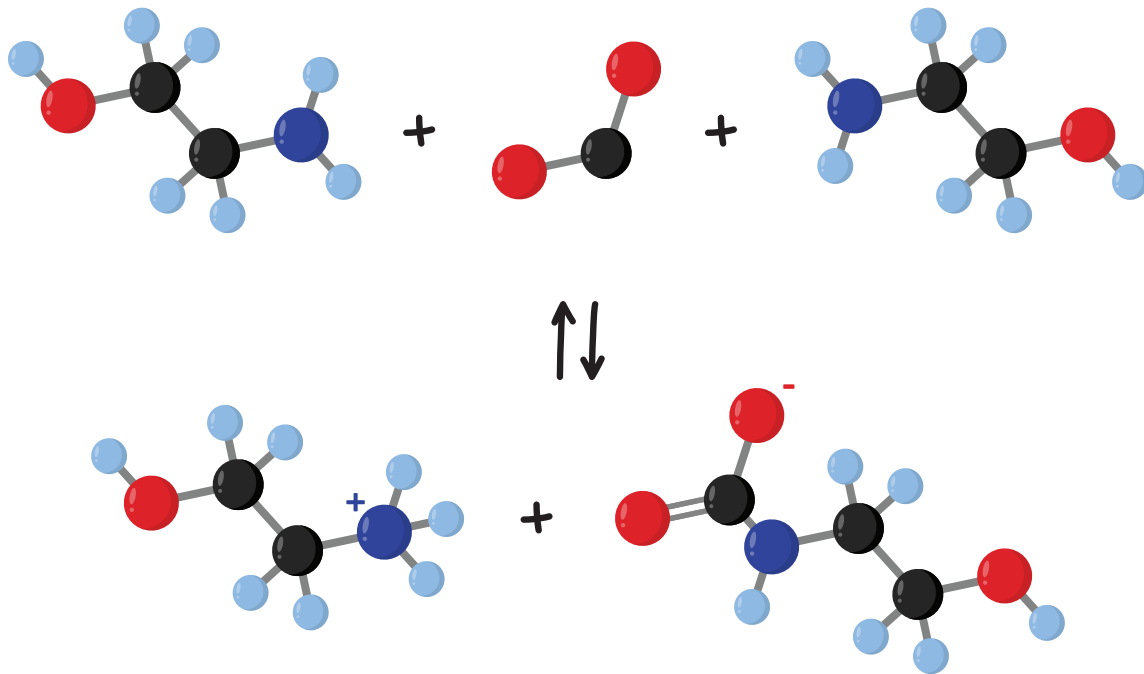
Amines zijn niet meer dan een vrij ruime categorie aan chemische stoffen die allemaal eenzelfde karakteristieke structuur delen, opgebouwd uit stikstof, koolstof, waterstof en in dit geval ook zuurstof. Niet alle amines zijn even bruikbaar voor deze toepassing, maar met namen als mono-ethanolamine of methyl-di-ethanolamine korten we dat hier af tot *amines*.



In feite is de puzzel maar één helft van het systeem — het koolstofvangende gedeelte. Men wil de amines immers graag hergebruiken, en dus moet die opgevangen CO_2 ook weer vrijgemaakt kunnen worden. Daartoe circuleert het geheel eigenlijk voortdurend tussen een “opnametank” en een “afgavetank”.



In de “opnametank” (links) laat men de vervuilde lucht door een oplossing van amines in water opborrelen. Dankzij hun chemische eigenschappen gaat een groot deel van de CO₂ (en bovendien ook enkele andere ongewenste stoffen zoals zwaveldioxide) reageren met de amines.



De oplossing wordt dan onderaan weggepompt naar een tweede “afgavetank” (rechts) en verhit – idealiter aan de hand van restwarmte of groene stroom – zodat de CO₂ daar terug vrijkomt. De amines gedragen zich namelijk anders bij koude dan wel warme temperaturen. Eenmaal hun CO₂ vrijgegeven, worden de amines weer gekoeld – idealiter met een warmtewisselaar – en opnieuw naar de opnametank overgebracht, waar ze bovenaan terug instromen en het proces kan herbeginnen. De intussen vrijgelaten CO₂ kan dan (vaak ondergronds) worden opgeslagen, gebruikt in toepassingen (van isolerende bouwmaterialen tot frisdranken), gekoeld tot droog ijs of omgezet in synthetische brandstoffen.

Een heel aantal stappen in deze procedure vereisen actief opwarmen of juist afkoelen van de amine-oplossing. Daar efficiënt mee aan de slag gaan wordt mogelijk gemaakt door een goed gebruik van heat exchangers of warmtewisselaars. Hier vind je meer informatie over hun werking en integratie in alledaagse toestellen.



Carbon capture in de praktijk

Het zijn vaak atmosferische carboncaptureprojecten die het nieuws halen, waarbij rechtstreeks uit de atmosfeer wordt gefilterd. Toch wordt de grootste impact nog altijd gemaakt door het installeren van CO₂-vangende systemen in de afvoer van energiecentrales, verbrandingsovens, fabrieken ... Het is namelijk veel efficiënter om CO₂ af te vangen bij de bron dan om het achteraf uit de atmosfeer te halen. Niet zo onlogisch eigenlijk, als je weet dat minder dan 0,05% van de atmosfeer uit koolstofdioxide bestaat, terwijl er uit de schoorsteen van die gebouwen vaak 10% (en soms zelfs tot 80%) CO₂ vrijkomt.

Er bestaan trouwens heel wat verschillende types CO₂-scrubbers. In principe is iedere stof die met koolstofdioxide reageert een CO₂-scrubber te noemen (zelfs water!) maar voor praktisch gebruik zoekt men een stof waarbij die reactie ook energie-efficiënt om te keren valt, zodat de stof herbruikbaar is en de CO₂ geïsoleerd opgeslagen of gebruikt kan worden.

Verschillende amines voldoen aan deze vereisten, zoals de drie kleinste in de puzzel. Amines zijn zeker niet de enige optie: ook sterke basen zoals natrium-, kalium- of lithiumhydroxide worden in een heel gelijkaardige setup gebruikt. Ook bestaan andere technieken die met vaste stoffen of membranen werken in plaats van met vloeistoffen. En CO₂ uit de atmosfeer filteren mag dan wel onefficiënt zijn, er vindt ook onderzoek plaats naar technieken om koolstofdioxide uit de oceanen te filteren – zeewater houdt immers zo'n 150 keer meer CO₂ vast dan lucht.

De opname van koolstofdioxide in de oceanen is niet onschuldig, maar heeft verregaande gevolgen voor de mariene biologie en – bij uitbreiding – voor het leven op de hele planeet.



Meer weten?

De eerste industriële implementatie van *carbon capture & storage* gebeurde in het aardgasveld Sleipner in Noorwegen, gebouwd in 1996 door energiebedrijf Statoil om te ontsnappen aan de Noorse CO₂-taksen. Jaarlijks wordt een miljoen ton koolstofdioxide ondergronds opgeslagen.

- Anne-Kari Furre, Ola Eiken, Håvard Alnes, Jonas Vevatne, Anders Kiær, *20 years of monitoring CO₂-injection at Sleipner*. Energy Procedia, vol. 114, 2017, p. 3916–3926.

Intussen kent men echter een enorme veelheid aan mogelijke technieken voor het reduceren van CO₂-uitstoot en *carbon capture* in het bijzonder. Deze lange, maar best leesbare paper geeft een overzicht van de huidige opties en stand van zaken.

- Paweł Madejski, Karolina Chmiel, Navaneethan Subramanian, Tomasz Kús, *Methods and Techniques for CO₂ capture: review of potential solutions and applications in modern energy technologies*. Energies, vol. 15, no. 3, 2022, 887.

De oorsprong van amine scrubbing ligt in “zoeten” (*sweetening*) van aardgas. Een goede uitleg van wat daarmee bedoeld wordt én gedetailleerde uitleg van hoe amine scrubbing praktisch in zijn werk gaat vind je hier.

- Carver Pump, *Amine scrubbing system overview: how amine treating works*.

Zoals vermeld blijft men werken aan innovatieve methoden om CO₂ uit de atmosfeer te halen, door bijvoorbeeld ook CO₂ uit oceaanwater te extraheren.

- UCLA Newsroom, *Could the ocean hold the key to reducing carbon dioxide in the atmosphere?*