

# Ecosysteemdiensten

## Gebruiksinfo voor de leerkracht

Dit document omvat een lespakket rond het thema 'Ecosysteemdiensten'.

- In de sectie '**Eindtermen**' kan je nagaan aan welke eindtermen voldaan wordt bij het geven van dit lespakket.
- In de sectie '**Achtergrondinformatie**' kan je je inlezen in het thema. Dit biedt de nodige achtergrond voor de leerkracht om aan de slag te gaan met het thema en kan ook als inleiding dienen voor leerlingen. Onderaan deze sectie vind je ook een aantal betrouwbare en interessante links om verder te lezen, mocht je nog informatie willen.
- De sectie '**Leerkrachteditie**' geeft de volledige ingevulde versie (schuingedrukt) van het document '**Werkbundel**' die er voor de leerlingen is. De werkbundel kan je apart downloaden op de website van PlaneetZee.
- **Videomateriaal** van bepaalde experimenten is voorhanden op de website.

# Ecosysteemdiensten

## Eindtermen

### Nieuwe eindtermen tweede graad doorstroomfinaliteit

6.46 De leerlingen analyseren materie- en energiestromen in een ecosysteem.

*Met inbegrip van kennis:*

- C-cyclus, N-cyclus, watercyclus

*Conceptuele kennis:*

- Ecosysteem
- Positieve en negatieve interactie tussen biotische en abiotische factoren
- Fotosynthese, ademhaling, watercyclus, C-cyclus en N-cyclus
- Ecosysteemdiensten
- De rol van micro-organismen in de materie-omzetting
- Belang van biodiversiteit in een ecosysteem
- Veranderende ecosystemen onder invloed van klimaatsverandering

### Nieuwe eindtermen derde graad doorstroomfinaliteit

10.1.3 De leerlingen analyseren het belang van zeeën en oceanen in het systeem aarde

*Feitenkennis*

- Vakterminologie, waaronder ecosysteemdiensten

*Conceptuele kennis:*

- [..]
- Regulerende en voorzienende ecosysteemdiensten zoals energieverdeling, koolstofcyclus, voedselvoorziening
- [..]

### Leerplan aardrijkskunde 3<sup>de</sup> graad TSO/KSO – VVKSO (D/2017/13.758/010)

7.3.4 De hydrosfeer: de ecosysteemdiensten van de oceanen

- De rol van de oceanen in de zuurstofproductie toelichten.
- De rol van de oceanen in de koolstofcyclus toelichten.
- Aantonen dat oceanen een rijke bron van energie en grondstoffen zijn.

Ook in andere vakken kunnen ecosysteemdiensten aan bod komen: de samenhang en complexiteit van systemen begrijpen en ernaar handelen is een belangrijke stap richting duurzaamheid en kritisch burgerschap - twee stokpaardjes binnen de modernisering van het onderwijs.

# Ecosysteemdiensten

## Achtergrondinformatie

### Sleutelwoorden:

Ecosysteemdiensten – zuurstofgas – grondstoffen – energie – transport – waterkringloop – Blauwe economie – koolstofcyclus – klimaatregeling

Zonder de oceaan kan de mens niet overleven. Een krasse uitspraak? Toch niet... Het leven is niet alleen begonnen in zee, de zee houdt de mens ook in leven. Denk maar aan de productie van zuurstofgas, voedsel en grondstoffen (van geneesmiddelen tot bouwmaterialen), het opwekken van (hernieuwbare) energie, de mogelijkheid tot transport, werk en ontspanning. Allemaal diensten die de oceaan ons dagelijks levert. Maar er is meer. De oceaan speelt een belangrijke rol in grote processen op aarde, zoals het klimaat, zeestromingen en de waterkringloop. Dankzij deze *ecosysteemdiensten* van de oceaan is onze blauwe planeet een leefbare planeet.

### Ecosysteem-wat?

Allerlei processen die zich afspelen in de natuur leveren ons als individu en maatschappij onschatbare, maar niet altijd tastbare voordelen op. De natuurlijke omgeving waarin ze plaatsvinden, zijn ecosystemen. De voordelen die ze opleveren voor de mens noemen we ecosysteemdiensten (vanaf hier vermeld als ESD). We kunnen drie grote categorieën onderscheiden:

- 1) Productiediensten leveren producten op: denk aan voedsel, biomassa voor energie, grondstoffen zoals hout of drinkwater.
- 2) Een regulerende dienst is bijvoorbeeld de opname van overvloedige CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer door de oceaan. Waterzuivering of bestuiving passen hier ook onder.
- 3) Culturele diensten omvatten de mogelijkheden die ecosystemen ons bieden op vlak van recreatie, ontspanning, cognitieve ontwikkeling, inspiratie enzovoort.

Ondersteunende diensten vormen soms de vierde categorie: functies die noodzakelijk zijn voor de productie van alle overige diensten. Denk maar aan de productie van zuurstofgas via fotosynthese, het vormen en vasthouden van bodems, de water- en voedselkringloop, biomassa productie etc.

## Ecosysteem oceaan

De oceaan is een ecosysteem dat erg veel diensten levert. In wat volgt geven we een overzicht van de belangrijkste ESD<sup>n</sup> van onze zeeën en oceaan, zijnde:

- Productie van zuurstofgas
- De oceaan in de koolstofcyclus
- Oceaan als bron van energie
- Oceaan als bron van grondstoffen
  - Aardolie: plastic
  - Voeding
  - Bio-actieve stoffen
  - Grondstoffen voor industrie
  - Deep sea mining
- Blauwe economie

### Productie van zuurstofgas

Bij de productie van zuurstofgas denken we wellicht in eerste instantie aan landplanten. Planten zijn autotroof, wat wil zeggen dat ze in staat zijn om zelf hun organische stoffen aan te maken m.b.v. zonlicht. Ze doen dus aan fotosynthese en zetten CO<sub>2</sub> en water om in energierijke suikers en produceren hierbij O<sub>2</sub> als bijproduct.

Net als landplanten doen ook planten in het water aan fotosynthese en produceren zo zuurstofgas. Planten in het water kennen we als wieren of algen. Grote algen (of macroalgen) zijn misschien wel het 'bekendste' zeewier: roodwieren, bruinwieren en groenwieren. Kleine groenwiertjes, diatomeeën of kiezelwiertjes enzovoort kennen we als microalgen. Deze behoren tot het plankton, dit is de verzamelnaam van alle organismen die niet actief of niet noemenswaardig tegen de stroom in kunnen zwemmen en in de waterkolom zweven. Het fytoplankton (*fyto* staat voor plant) is dan het plantaardige plankton. En hoewel ze onzichtbaar zijn voor het blote oog, mogen we hun zuurstofgasproductie niet onderschatten. Wetenschappers schatten dat minstens de helft van de zuurstofgasproductie op aarde afkomstig is van de oceaan.



Figuur 1 *Prochlorococcus* (Luke Thompson & Nikki Watson)

De redenering doortrekken? Alle landplanten zijn geëvolueerd uit groenwieren. Dan komt alle zuurstofgas die landplanten produceren ook op het conto van de wieren. Of wat dacht je van deze wel erg productieve mariene cyanobacterie, *Prochlorococcus*? Het kleinste fotosynthetiserende organisme op aarde, maar wel

verantwoordelijk voor 20% van de aangemaakte O<sub>2</sub>. Meer dan wat alle tropische regenwouden aan land samen produceren!

Onder andere met satellietbeelden monitoren en volgen wetenschappers het plankton in onze oceaan. Jammer genoeg blijkt dat het niet zo goed gaat met het plankton, en de bijhorende zuurstofproductie. De voorbije 50 jaar is het zuurstofgehalte in de oceaan gemiddeld met 2% gedaald. Dat lijkt misschien niet veel, maar 2% komt overeen met maar liefst 80 miljard ton zuurstofgas. Ook de toekomst oogt weinig rooskleurig. Een verdere daling van minimum 3 tot 4 % tegen 2100. Omdat quasi al het leven op aarde en in de oceaan afhankelijk is van zuurstofgas, is een daling in het zuurstofgehalte iets waarover we ons zorgen moeten maken. Over onze oceaan in ademnood vind je meer info in het betreffende [lespakket](#) op de website van PlaneetZee.



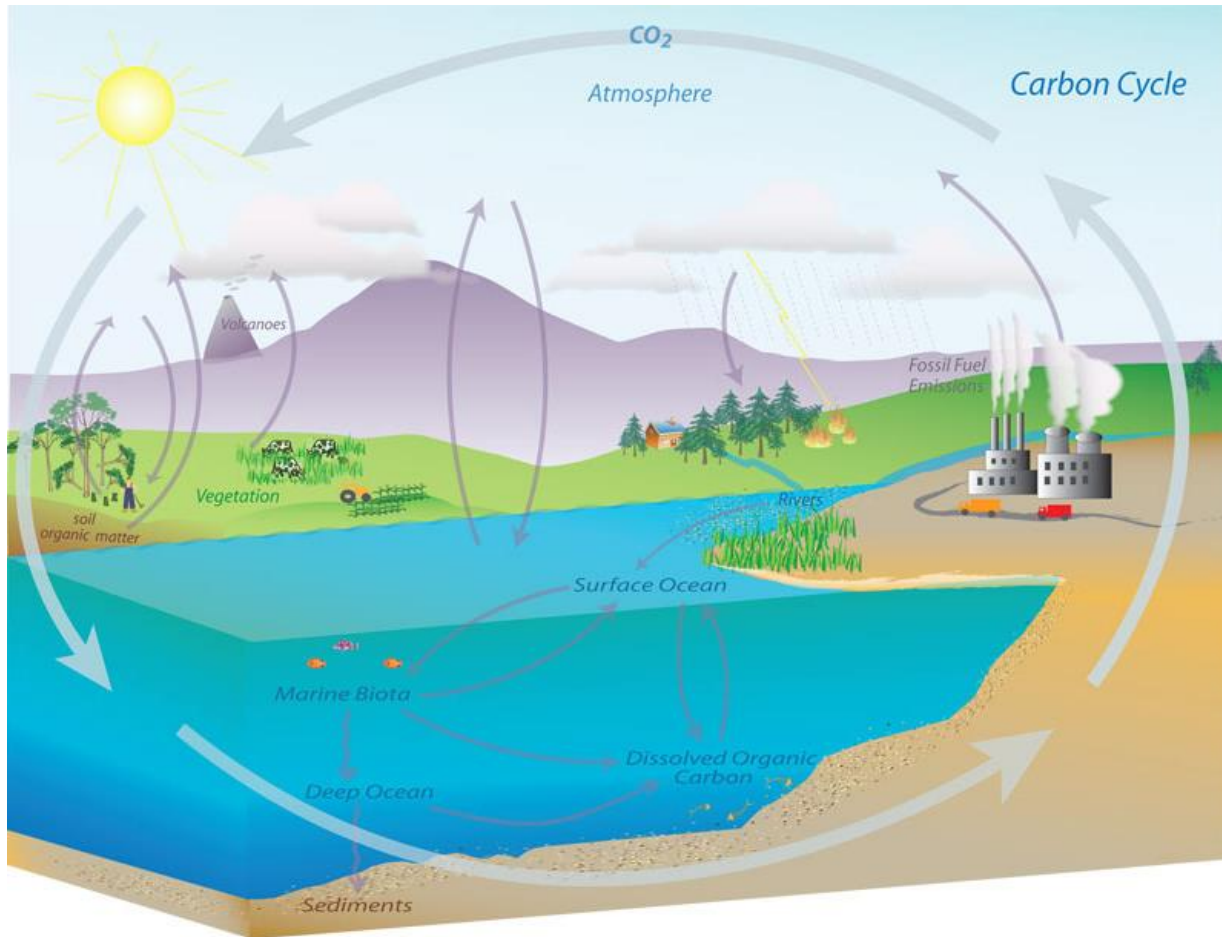
*Figuur 2. De bovenste laag van de oceaan wemelt van plankton dat aan fotosynthese doet. (© NOAA)*

### De oceaan in de koolstofcyclus

Het belang van koolstof kan nauwelijks overschat worden, het is de basis van het leven. Alle levende wezens zijn deels opgebouwd uit koolstof, eten voedsel dat koolstof bevat en hun voornaamste energievoorzieningen draaien op koolstof. Levende wezens kennen vier types moleculen gebaseerd op koolstof. Koolhydraten zoals suikers, nucleïnezuren zoals DNA, proteïnen of eiwitten zoals in aminozuren en lipiden of vetten.

De koolstofcyclus beschrijft de processen waarin het element koolstof in en rond de aarde circuleert, in verschillende gedaanten. We onderscheiden vier verschillende reservoirs: de atmosfeer (de lucht), de hydrosfeer (het water), de lithosfeer (de gesteenten) en de biosfeer (levende organismen). Daarnaast

spreken we van een snelle en een trage C-cyclus, wat slaat op de uitwisselings- en verblijfstijden van de hoeveelheid koolstof in de verschillende reservoirs.

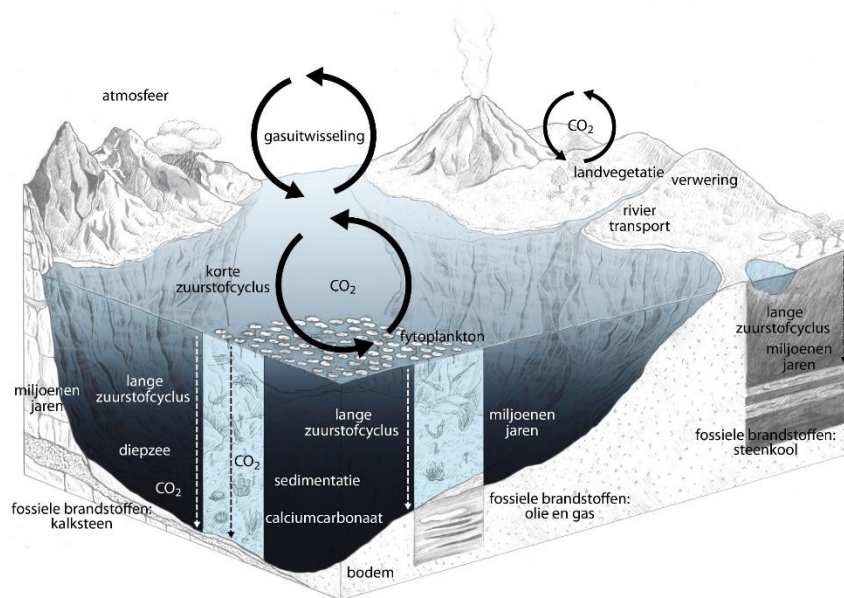


Figuur 3 De koolstofcyclus (NOAA)

Het [lespakket](#) over de koolstofcyclus gaat hier dieper op in. Voor dit onderdeel beperken we ons tot het aandeel van de oceaan.

De oceaan vormt het grootste actieve reservoir binnen de C-cyclus. We delen ze op in twee watermassa's:

1. Het oppervlaktewater waar rechtstreekse uitwisseling van  $CO_2$  tussen atmosfeer en oceaan plaatsgrijpt en waar fytoplankton door fotosynthese  $CO_2$  vastlegt in suikers.
2. De diepzee, waar door gebrek aan licht geen fotosynthese plaatsvindt en ook de rechtstreekse interactie met de atmosfeer een heel stuk moeilijker ligt.



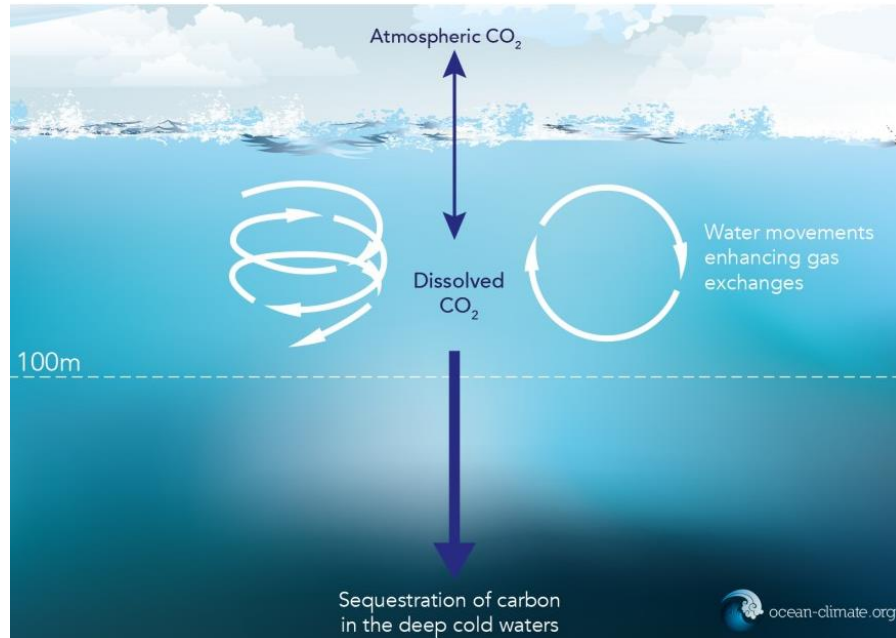
Figuur 4 De koolstofcyclus © Zenith T5/6

CO<sub>2</sub>-uitwisseling tussen de atmosfeer en het oceanoppervlak gebeurt door diffusie, warmtestromen, advectie ('meeliften') en wind-gedreven circulatie. Oppervlaktestromingen transporteren water (en koolstof) van lage naar hogere breedtegraden waarbij het afkoelt. Omdat kouder water meer CO<sub>2</sub> kan bevatten (dubbel zoveel in water van 1°C versus 20°C), kan hier meer atmosferisch CO<sub>2</sub> het oppervlaktewater 'binnendringen'. Binnen het jaar bereikt die oppervlaktelaag een evenwicht met de atmosfeer.

Eens in de oceaan zijn de CO<sub>2</sub>-moleculen een verschillend lot beschoren. Via fysische en biologische processen kunnen ze ofwel terug in de atmosfeer terecht komen óf wel naar de diepzee en oceanbodem getransfereerd worden. Daarbij onderscheiden we een fysische pomp en een biologische pomp – beide cruciaal binnen de koolstofcyclus.

#### Fysische pomp

Wind-gedreven oppervlaktestromingen kunnen CO<sub>2</sub> maar moeilijk naar de diepzee transporteren omwille van de gelaagdheid (stratificatie) van de oceaan. De thermohaliene circulatie (waar we dieper op ingaan in de aparte [lesmodule](#) over oceanocirculatie) kan dit wél op specifieke plaatsen in de wereldzeeën en vormt zo een fysische pomp. Het zijn de wind, temperatuur en zoutgehalte die deze oceanstromingen aansturen. Oppervlaktewater warmt op aan de evenaar en tropen en stroomt richting de polen, terwijl het zijn warmte afgeeft. Het water wordt kouder en daardoor ook dichter en zwaarder. Wanneer dit water aan de polen befrist, laat het zout achter in het omringende water waardoor dat water nog denser wordt. Het water zinkt daar naar de oceanbodem, en neemt het opgeloste koolstof uit het oppervlaktewater met zich mee. Dat dense water stroomt dan in alle oceanbekkens en vervangt er geleidelijk aan 'oud' diepwater dat uiteindelijk op andere plaatsen weer aan het oppervlak komt via opwelling. Deze fysische pomp onttrekt zo koolstof voor honderden tot duizenden jaren aan de atmosfeer.



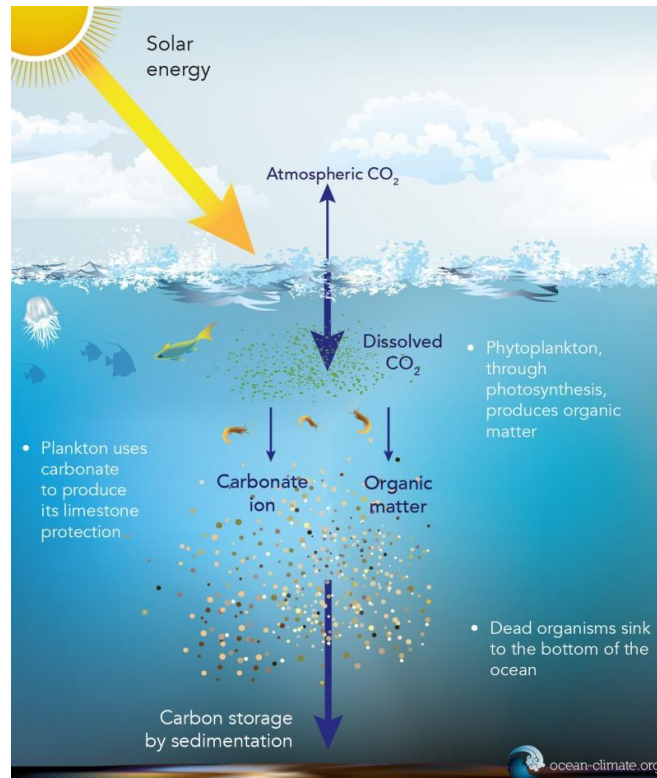
Figuur 5 Fysische pomp in de oceaan © Ocean-Climate.org

### Biologische pomp

Dit zijn alle processen waarbij levende organismen koolstof naar de diepzee transporteren waar het dan niet meer uitwisselbaar is met de atmosfeer op korte termijn. Alles begint bij het fytoplankton dat aan fotosynthese doet en zo koolstof vastlegt onder de vorm van suikers. Wanneer ze sterven, dwarrelt een klein deel van dat koolstof neer op de zeebodem. Dit deel wordt aangevuld met uitwerpselen van plantenetters, die zich tegoed hebben gedaan aan datzelfde fytoplankton. Deze neerddwarrelende organismen vormen samen met deze uitwerpselen 'zeesneeuw', zo genoemd omdat de neerddwarrelende C-bevattende deeltjes er tegen de donkere achtergrond van de waterkolom uitzien als bleke vlokjes. Dit proces verwijdert dus koolstof uit het oppervlaktewater en stelt het ter beschikking in diepere lagen voor remineralisatie (bij afbraak door bacteriën) of consumptie door heterotrofe organismen.

Ook verticaal migrerend zoöplankton speelt hierbij een rol. Deze voeden zich 's nachts in het oppervlaktewater met fytoplankton en keren overdag terug naar de diepzee. Zo nemen ze koolstof uit het oppervlaktewater mee naar de diepzee. De biologische pomp vervoert dus CO<sub>2</sub> van het oppervlaktewater naar de diepzee, wat resulteert in een onderverzadiging van CO<sub>2</sub> in de bovenste lagen. Dit stimuleert de instroom van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer en voert koolstof naar de oceaanbodem (de lithosfeer), waar het een lange tijd bewaard blijft.





Figuur 6 Biologische pomp in de oceaan © Ocean-Climate.org

De oceaan neemt zo'n 25% van het door de mens uitgestoten CO<sub>2</sub> op en mildert zo de opwarming van ons klimaat. Meer nog, de voorbije 20 jaar nam de oceaan meer CO<sub>2</sub> op dan ze eerder deed. Maar een oceaan die extra CO<sub>2</sub> opneemt, wordt ook zuurder (zie aparte [lesmodule](#) over oceaanzuurdering).

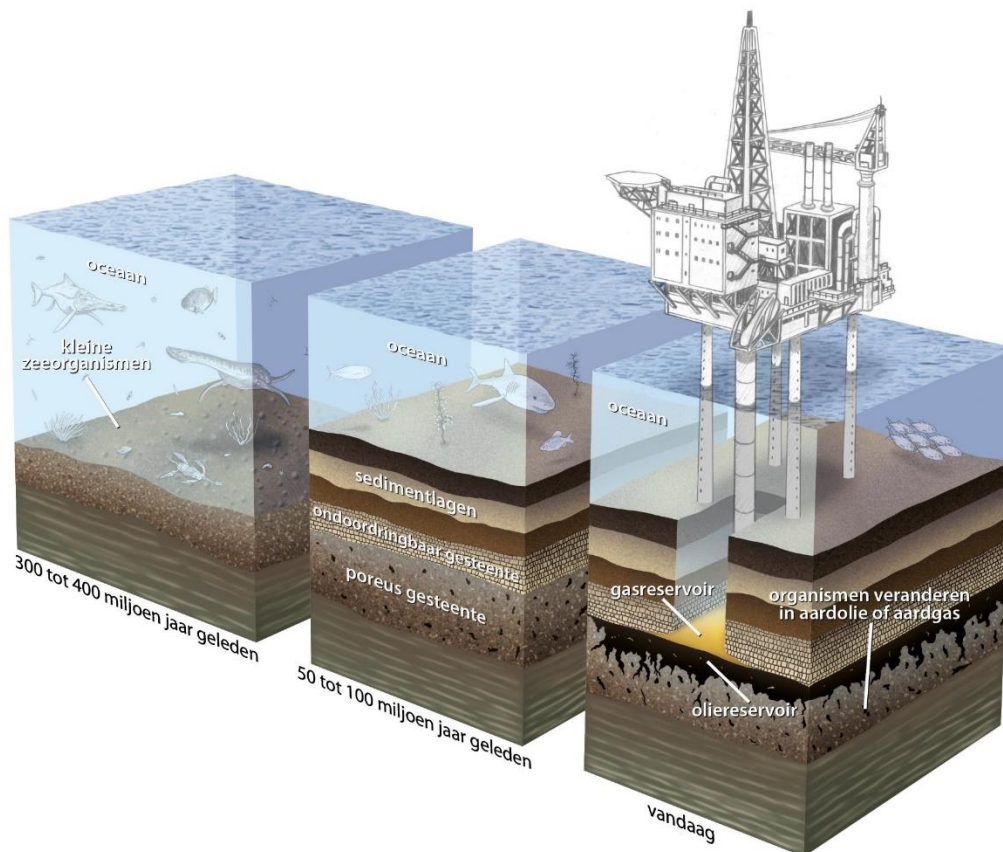
En natuurlijk zorgt een opwarmende atmosfeer ook voor een opwarmende oceaan met hogere watertemperaturen, smeltend ijs en een zeespiegelstijging tot gevolg (zie aparte lesmodule over [zeespiegelstijging](#)). Die hogere watertemperaturen zorgen er dan weer voor dat heel wat mariene soorten op zoek zijn naar frisser water en noordelijker gaan migreren (zie aparte [lesmodule](#) over soortenverschuiving). En dat warmer water is ook minder in staat om zuurstofgas vast te houden. De oceaan verkeert meer en meer in ademnood (zie aparte [lesmodule](#) over dalend zuurstofgasgehalte).

Het is dus duidelijk dat de menselijke ingreep in de koolstofcyclus verregaande gevolgen heeft.

## Bron van energie en grondstoffen

### *Energie*

Onze meest voor de hand liggende energiebron en oorzaak van de klimaatcrisis: fossiele brandstoffen. Die hebben hun oorsprong meer dan 300 miljoen jaar geleden. We spreken over ‘fossiele brandstoffen’ omdat steenkool, aardolie en aardgas afkomstig zijn van levende en met koolstof volgestouwde organismen. Op de laag afgestorven organismen kwam zand, klei en andere sedimenten. Hoe dieper, hoe hoger de temperatuur en druk waardoor die organismen omgezet werden in aardolie, aardgas en steenkool. En dit tijdens een proces van miljoenen jaren.

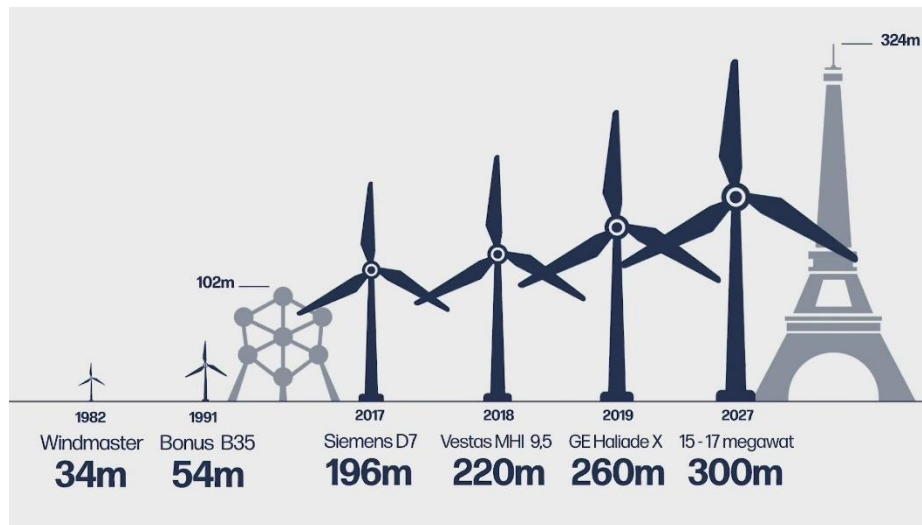


Figuur 7 Fossiele brandstoffen © Zenith T5/6

De oceaan is daarnaast een bron van verschillende soorten *hernieuwbare* energie. Windenergie staat op één, met in Vlaanderen 573 windturbines op land en in de Belgische Noordzee anno 2022 nog eens 399. In 2009 werd op de Belgische Noordzee een eerste windpark geïnstalleerd. Sindsdien behoort ons land tot de internationale top. We staan wereldwijd op een 5<sup>de</sup> plaats na China, het VK, Duitsland en Nederland en dit ondanks ons kleine stukje Noordzee. De windturbines op zee worden ook steeds groter, zowel in de lengte

van de bladen als in vermogen. Omdat ze groter zijn, kunnen ze ook meer wind vangen en dus meer elektriciteit produceren.

De windmolenparken in de Belgische Noordzee moeten tegen 2030 driemaal meer stroom produceren dan nu. De verdriedubbeling zorgt ervoor dat elk Belgisch gezin elektriciteit zal kunnen krijgen vanuit de Noordzee. Die totale capaciteit van 5,8 GW is ongeveer een derde van de totale elektriciteitsvraag die we hebben in ons land.



Figuur 8 Evolutie windmolens © VRT

Hoewel windenergie met stip op één staat, zijn er nog vormen van hernieuwbare energie. Getijden vormen een bron van energie met een constante regelmaat. In tegenstelling tot zon en wind bijvoorbeeld, zijn die niet weersafhankelijk. Er bestaan twee types getijde-energiewinning. Ofwel maakt men gebruik van de horizontale stromingen die optreden ten gevolge van de getijverschillen. Ofwel benut een getijdencentrale het hoogteverschil tussen hoog en laag water. Een getijdencentrale werkt door water tijdens vloed te verzamelen (achter een dam of in een ander reservoir) en het bij eb via turbines terug naar zee te laten stromen. De energieopbrengst wordt bepaald door het hoogteverschil tussen eb en vloed en de oppervlakte van het reservoir. Dat zorgt ervoor dat dit voor ons land niet de meest ideale optie is.

Nog in onderzoek en ontwikkeling: golfslag gebruiken om energie op te wekken. Mogelijkheid genoeg: het water in de oceaan is constant in beweging. Als een soort van onderwater-windmolen, kan golfslag gebruikt worden om turbines aan te drijven. Het constante op-en-neer bewegen van water herbergt een heleboel energie. Die golven ontstaan meestal door wind. Daarmee is golfenergie indirect ook windenergie. Een apparaat dat golfenergie opvangt is in theorie veel betrouwbaarder dan een windmolen, omdat er bijna altijd golven zijn terwijl het regelmatig niet waait. Bovendien is de energiepotentie van water groter dan die van lucht. Onderzoek loopt volop, want het is lastig om de onregelmatige beweging van water om te zetten in een heleboel stroom. Waar windturbines vaak langere tijd kunnen draaien, moeten golfturbines op onvoorspelbare momenten aan en uit kunnen, en meteen veel

stroom op kunnen wekken. Veel universiteiten, bedrijven en startups werken dan ook hard aan innovaties om dat te doen.

Bijkomend voordeel is wel dat dit mogelijk is tussen windturbines in windmolenparken om zo nog optimaler gebruik te maken van de beschikbare ruimte op zee. Net als drijvende zonnepanelen op zee, die ook tussen windmolens kunnen. Boven de Noordzee is er minder bewolking, wat resulteert in een groter rendement. Ook het koelend effect van het water zorgt voor een betere werking in vergelijking met zonnepanelen op daken.

En misschien is het maken van biodiesel of –gas een veelbelovende piste om aan onze energienoden te voldoen. Uit algen kan in theorie tweemaal zoveel brandstof per hectare gehaald worden als uit suikerriet en zelfs vijfmaal zoveel als uit maïs. De microalgen groeien ook snel in vergelijking met andere ‘gewassen’. Er zijn bij de kweek ook geen traditionele meststoffen of drinkwater nodig. Niet alleen op algen wordt onderzoek gedaan, ook op mariene bacteriën. Zo zijn er bacteriën ontdekt die zich gedragen als een elektrochemische batterij. Vandaag de dag zijn deze technieken echter nog niet efficiënt genoeg om toegepast te worden.

### Grondstoffen

- Plastic is niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven. Om dat plastic te produceren, heb je aardolie nodig. De chemische industrie gebruikt zo’n 4 tot 6 % van de totale aardolieproductie voor de aanmaak van kunststoffen. In de [plasticmodule](#) is nog veel meer achtergrondinfo te vinden.
- De oceaan is voor de mens ook een bron van voeding.
  - i. De wereldwijde [visconsumptie](#) is nog nooit zo groot geweest als nu. Sinds de jaren ‘60 is de per capita consumptie verdubbeld. Belgen zijn gemiddelde visconsumenten: zo’n 9-11 kg schoongemaakt/verwerkt product. Belgen blijken verzot op kabeljauw en zalm, samen goed voor de helft van de volumes verse vis die thuis klaargemaakt wordt. De andere helft betreft populair wordende soorten als heilbot, zeebaars, roodbaars en ook tong. Daarnaast blijven ook mosselen en garnalen populair. Wij eten jaarlijks zo’n 2,2 kg per persoon. Of de oceaan hieraan kan blijven voldoen is maar de vraag. Naast overbevissing ervaren mariene organismen nog meer druk door [plasticvervuiling](#), een [dalend zuurstofgehalte](#), [oceaanverzuring](#) en warmer wordend water.
  - ii. De wereld consumeert ook steeds meer [zeewier](#), ook in westerse landen. Aziatische landen blijven qua productie en consumptie wel de koplopers. Zeewier maakt er deel uit van het dagelijks dieet en het verbruik ervan blijft exponentieel stijgen. Japanners consumeren 7-9 kg vers zeewier per jaar, wat evenveel is als het gemiddeld jaarverbruik van sla door de Fransen. In België blijft de consumptie van zeewier eerder bescheiden, maar is er wel een toename merkbaar de afgelopen jaren. In Vlaanderen lopen momenteel verschillende projecten die onderzoeken of een zeewierkweek in Belgische wateren economisch haalbaar is. Vanuit ecologisch standpunt is zeewier eten alvast interessant, ze belasten het milieu veel minder

dan dierlijke eiwitbronnen zoals vlees en vis. Er is weinig of geen grond, zoet water en fossiele brandstof nodig om ze te laten groeien. Zeewier filtert zeewater, het slaat CO<sub>2</sub> uit de zee op en ademt zuurstofgas uit. Daarnaast zijn wieren een goede bron van eiwitten, ijzer en vezels. In een kleine hoeveelheid zeewier zitten vaak meer voedingsstoffen dan in dezelfde hoeveelheid groenten die op het land groeit.

iii. Extracten uit algen maken al langer deel uit van ons voedingspatroon, vaak zonder dat we het zelf weten. Allerlei extracten om te stabiliseren, te verdikken of te geleren halen we uit algen. Denk aan alginaten, carrageenen en agar. Enkele voorbeelden:

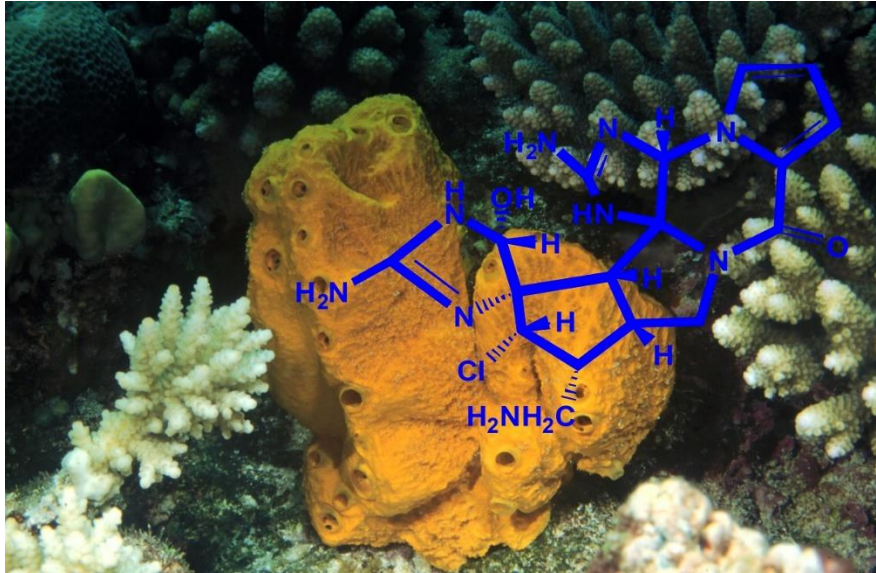
- Carrageen (E407): een verdikkingsmiddel en stabilisator voor voedingsmiddelen met een verhoogde viscositeit (strokerigheid) o.a. gebruikt in chocolademelk, dressings, ijs en tandpasta.
- Agar agar (E406): een vegetarisch alternatief voor gelatine in bijvoorbeeld confituur en pudding.
- Natriumalginaat (E401): vaak toegevoegd om de textuur van een product te verbeteren.
- Mononatriumglutamaat (E621): een smaakmaker die de umami-smaak geeft aan Oosterse gerechten.



*Figuur 9. De oogst van roodwier om er agaragar uit te onttrekken.*

### *Zee-apotheek*

De oceaan vormt een belangrijke bron voor het biotechnologisch onderzoek. De farmaceutische industrie haalt steeds meer bruikbare moleculen uit de oceaan. Daarmee kan ze ziekten, gaande van diabetes, kanker, Parkinson, spierziekten, blindheid tot onvruchtbaarheid bestrijden.



Een aantal voorbeelden:

- Uit het gif van een vleesetende kegelslak (*Conus magus*, gif = conotoxine) isoleert men ziconotide. Dit is een pijnstillertje en komt voor in het geneesmiddel Prialt® voor de verlichting van ernstige en chronische pijn.
- Binnen kankeronderzoek blijkt o.a. de kwal *Cotylorhiza tuberculata* veelbelovend te zijn. Extracten uit de kwal zijn in staat kankercellen te vergiftigen.
- Sponzen zijn ook interessante organismen voor medisch onderzoek. Al in 1959 werd een kankerremmende stof gesynthetiseerd: Ara-C. Deze stof was geïnspireerd op spongothymidine, de oorspronkelijke stof in sponzen. Ook een afgeleid product vond zijn weg naar de markt en is inzetbaar in de behandeling van pancreas-, borst-, blaas- en longkanker. Momenteel worden meer dan 50 bioactieve stoffen met kankerremmende activiteit uit sponzen in een (pre)klinische fase getest voor ze daadwerkelijk op de markt kunnen komen. Twee producten zijn al op de markt.
- Op basis van dezelfde werkzame stof (spongothymidine), kennen we Zovirax® als middel tegen koortsblaasjes. Dit is een actieve virusremmer die de vermenigvuldiging van het koortslipvirus *Herpes simplex* bestrijdt.
- Het groen-fluorescerend-eiwit of GFP-eiwit komt in zee voor bij sommige kwalsoorten. De ontdekking en extractie van dit eiwit uit de kwal *Aequorea victoria* leverde in 2008 de Nobelprijs voor de scheikunde op. Men gebruikt het in geneeskundig onderzoek als een soort verklekker, om zichtbaar te maken wat eerder onzichtbaar was. Onderzoekers planten een GFP-gen afkomstig van de kristalkwal in bij tal van organismen, zodat bepaalde cellen gaan oplichten. Dat bevordert onder meer het onderzoek naar ziektes zoals Alzheimer, Parkinson, kanker en malaria. Je kan er meer over lezen in de [lesmodule](#) over bioluminescentie.
- Ook nog bijzonder zijn mosselkleefstoffen. Als een mossel zich wil vasthechten, schuift ze haar voet naar buiten en geeft kleine bolletjes kleefstof af (byssusdraden). Met gemodificeerde mosselkleefstoffen kunnen zelfs gebroken menselijke botten aaneengezet worden.

## Industrie

- De bouwsector is een belangrijke afnemer van zeezand. De productie van beton, asfalt en metselmortel gebruikt zo'n 75% van het ontgonnen zeezand. Het wordt ook voor kustbescherming gebruikt, onder de vorm van zandopspuitingen. Die maken stranden hoger en breder om de kust bij zware stormvloed te beschermen. De zandwinning vindt plaats in vijf wettelijke afgebakende zones waar grote zandbanken liggen. Elke zandbank heeft ook een specifieke korrelgrootte en een verschillend schelpengehalte. Om ervoor te zorgen dat er voldoende zand overblijft, is er een strikte reglementering voorzien: zo moet een bedrijf dat zeezand wil ontginnen, over een concessievergunning beschikken. Ontginning gebeurt met een sleepopperzuiger. Dat is een schip dat met sterke pompen zand en klei van de zeebodem zuigt. De zuigbuis wordt over de bodem voortgesleept, een beetje zoals een stofzuiger.
- De mijnbouw kijkt ook steeds meer richting oceaan. Op zoek naar kostbare metalen bereidt ze zich voor op winning van dit 'blauwe goud' op de diepzeebodem. De diepzeemijnbouw is geïnteresseerd in metalen die voorkomen op de zeebodem. Waar tektonische platen uit elkaar bewegen, krijgen we spreidingsruggen waar nieuwe oceanabodem gevormd wordt. Op deze plekken is intense vulkanische activiteit waardoor metalen van dieper gelegen lagen in het zeewater terechtkomen. Deze concentreren zich vervolgens tot afzettingen op de zeebodem. We onderscheiden drie grote groepen metaalhoudende afzettingen:

- i. Manganodules of mangaanknollen

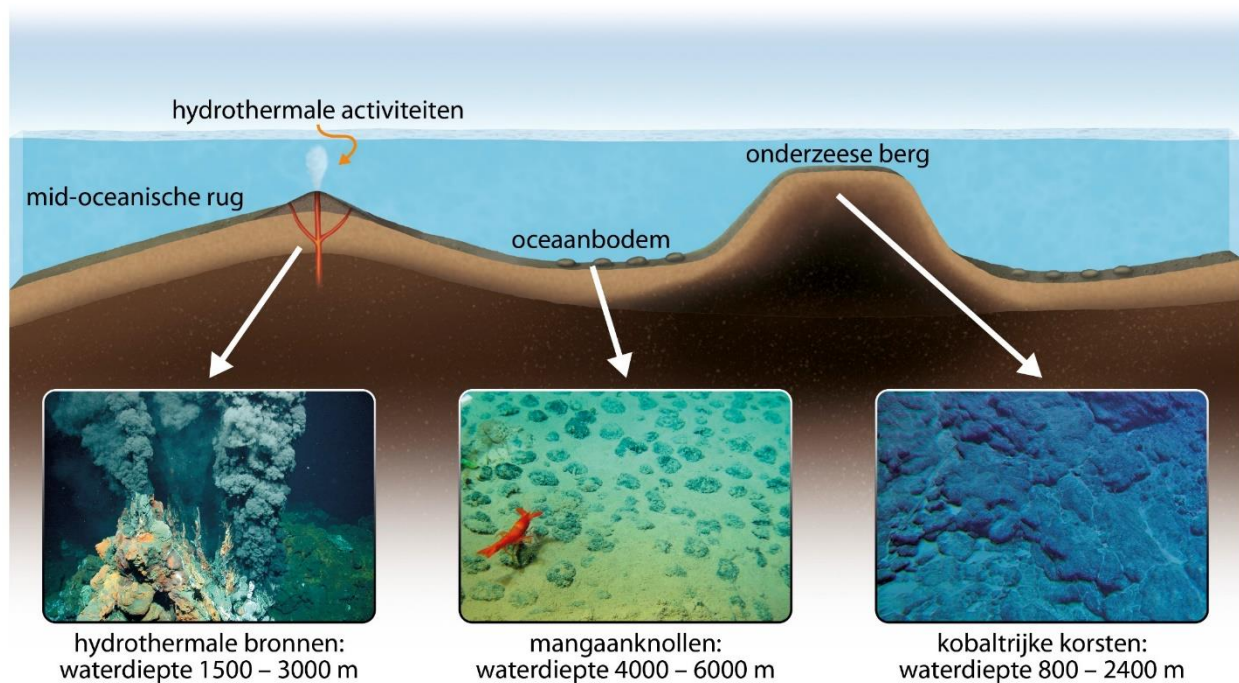
Deze zien eruit als knollen ter grootte van een aardappel. Ze bestaan uit concentrische lagen van ijzer en mangaan rond een kern. Die kern kan een schelpje of steentje zijn. De groei van deze nodules neemt miljoenen jaren in beslag. Daarnaast komen nog andere stoffen in kleine hoeveelheden voor: nikkel, koper, kobalt. Stoffen die erg gegeerd zijn voor de productie van smartphones, batterijen, magneten en windmolens. Via lange kabels met emmers, die over de zeebodem slepen, zouden deze knollen mogelijk kunnen worden 'geoogst'.

- ii. Kobaltrijke korsten

Deze afzettingen zijn voornamelijk opgebouwd uit ijzer en mangaan, maar door de relatief hoge concentratie aan kobalt (tot zo'n 1,7%) spreekt men over 'kobaltrijke korsten'. Deze worden door bacteriële activiteit gevormd, en groeien erg traag aan. Met enkele millimeters per jaar kunnen ze 25 cm dik worden. Ook hierin heeft de industrie sterke interesse voor het vervaardigen van staal, supergeleiders, speciale legeringen etc. Ontginning is moeilijker dan voor de mangaanknollen. Hier is een voertuig nodig dat over de bodem kruipt en de korst losmaakt om die vervolgens met een hydraulisch systeem naar het schip te brengen. Onderzoek loopt nu om na te gaan of chemische oplossing een optie is om de korst los te maken, of een krachtige waterstraal.

- iii. Afzettingen van metaalsulfiden

Metaalsulfiden komen voor op de oceaانبodem als schoorsteenachtige structuren. In sommige gevallen spuwen ze zwarte, hete vloeistof uit wat hen de naam 'black smokers' opleverde. De sulfiden bevatten lood, zink, koper maar ook zilver en goud. De omvang van zo'n sulfide kan heel groot zijn: tot 100 miljoen ton. Ze worden gevormd rond warmwaterbronnen die ontstaan doordat zeewater via breuken in de aardkorst doordringt en opgewarmd wordt door ondergronds magma. Het hete zeewater wordt naar boven uitgespuwd en neemt zo metalen met zich mee. Die stoffen zullen na aanraking met het koude zeewater neerslaan en schoorstenen van metaalsulfiden vormen. Ten noorden van Papoea-Nieuw-Guinea exploreert de firma Nautilus Minerals deze metaalsulfiden commercieel m.b.v. een voertuig op de zeebodem.



Figuur 10 Mijnbouw in de diepzee © Zenith T5/6

Diepzeemijnbouw is gericht op zeldzame aardmetalen: een groep van zeventien metalen die noodzakelijk zijn voor de productie van tal van hightech producten, zoals smartphones, batterijen, displays en zelfs windturbines. Ze hebben fantasierijke namen zoals dysprosium, praseodymium, ytterbium en yttrium. En ze zijn dus een integraal onderdeel geworden van moderne technologieën. Het voorvoegsel zeldzaam is eigenlijk een beetje misleidend. Met uitzondering van promethium zijn ze niet zo zeer moeilijk te vinden, maar zitten ze meestal sterk verspreid in de bodem. Daardoor zijn ze nauwelijks te winnen op geconcentreerde plekken. Wanneer ze worden aangetroffen, zijn ze vaak vermengd met andere stoffen en kunnen ze moeilijk worden gescheiden.

Maar wat met het milieu? De snelle ontwikkelingen in de diepzeemijnbouw is voer voor discussie. De centrale vraag is of de laatste maagdelijke ecosystemen op aarde al dan niet moeten worden blootgesteld aan menselijke activiteit. Gevolgen voor het milieu kunnen niet uitgesloten worden en kunnen afhankelijk van het type mijnactiviteit meer of minder ernstig zijn. Vernietiging van habitats, het ontstaan van



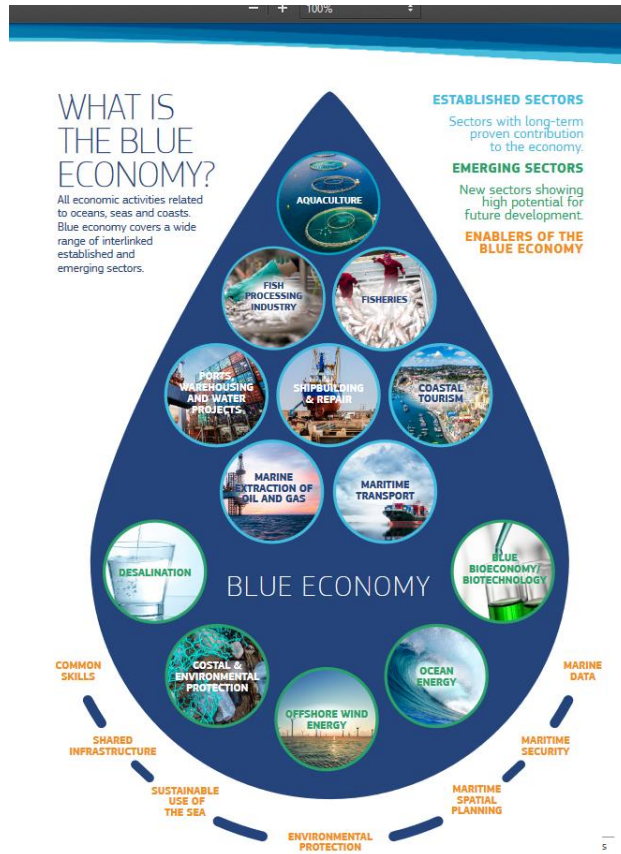
sedimentpluimen en het vrijkomen van giftige stoffen in de waterkolom zijn slechts enkele. Onze kennis van deze ecosystemen is nog heel beperkt. Wat zijn de effecten op lange termijn? Hoe groot is de veerkracht van deze ecosystemen? Want heel wat sites zijn biologisch ook zeer interessant. Zo bevinden die kobaltrijke korsten zich in een bijzonder en soortenrijk ecosysteem. Ze vormen een oase op een eerder eentonige zeebodemvlakte. En ook warmwaterbronnen herbergen bijzonder leven.

Belangrijk hier is de International Seabed Authority (ISA). Die staat in voor de controle en het beheer van de mijnactiviteiten in die delen van de oceaan die niet aan een staat toebehoren. Zij ontwikkelden een 'mining code': regelgeving, procedures en aanbevelingen om de impact van de mijnactiviteiten op te volgen en te beperken en zo het mariene milieu te beschermen. ISA heeft tot op heden 26 exploratielicenties afgegeven, telkens voor 15 jaar. In totaal bestrijken die concessies een oppervlakte van 1,2 miljoen vierkante kilometer – zoets als Frankrijk en het Iberisch schiereiland samen. Ook België is actief in de sector. In 2013 tekende een nu Belgisch bedrijf een contract voor een concessiezone voor mangaanknollen van 76.728 km<sup>2</sup> in de Stille Oceaan. Die zone is 22x groter dan het Belgische deel van de Noordzee. De komende jaren moet verder blijken of het beleid, de industrie en de wetenschap de nodige oplossingen kunnen aanreiken om op een duurzame manier om te gaan met de grondstoffen uit de diepzee.

### Economie

Met de Blauwe Economie bedoelt men alle economische activiteiten die verband houden met de zee, oceaan en de kusten. Zo omvat die een breed netwerk van onderling verbonden sectoren, die kunnen bijdragen aan de algehele welvaart. Ze zorgt voor investeringen, jobs en economische groei. Op Europees niveau alleen al brengen de verschillende ecosysteemdiensten van de oceaan zo'n 566 miljard euro op en voorzien ze werk voor bijna 3,5 miljoen mensen.

Het concept van de blauwe economie legt de nadruk op behoud en duurzaam beheer, gebaseerd op het idee dat gezonde oceaanecosystemen productiever zijn en fundamenteel zijn voor duurzame economieën. Duurzaam beheer houdt in dat de economische activiteit in evenwicht is met de capaciteit van oceaanecosystemen om deze activiteit te ondersteunen. Met het besef dat het natuurlijk kapitaal van deze ecosystemen afneemt, hebben veel landen meer aandacht besteed aan de herwaardering van hun kusten en oceaan. Dit leidt tot strategieën om een duurzame blauwe economie te ontwikkelen



Figuur 11 De Blauwe Economie (uit The 2018 Annual Economic Report on EU Blue Economy)