

## Klimaat en de oceaan: Dalend zuurstofgehalte

### Leerkrachtenversie

*Het dalend zuurstofgehalte in de oceaan ten gevolge de klimaatverandering is een probleem dat wetenschappers zorgen baart, maar nog maar weinig bekend is bij het brede publiek.. Quasi al het leven op aarde, inclusief wijzelf, hebben zuurstofgas nodig om te overleven. De helft van het al het zuurstofgas op aarde is afkomstig van productie uit de oceaan. Wanneer organismen het moeilijker krijgen in een zuurstofarme oceaan, zal dit een impact hebben op ecologie én economie.*

*Grosso modo zien we twee oorzaken voor de zuurstofdaling. In de open oceaan heeft de klimaatwijziging het grootste effect, in kustgebieden is eutrofiering (algenbloei) de oorzaak van de daling.*

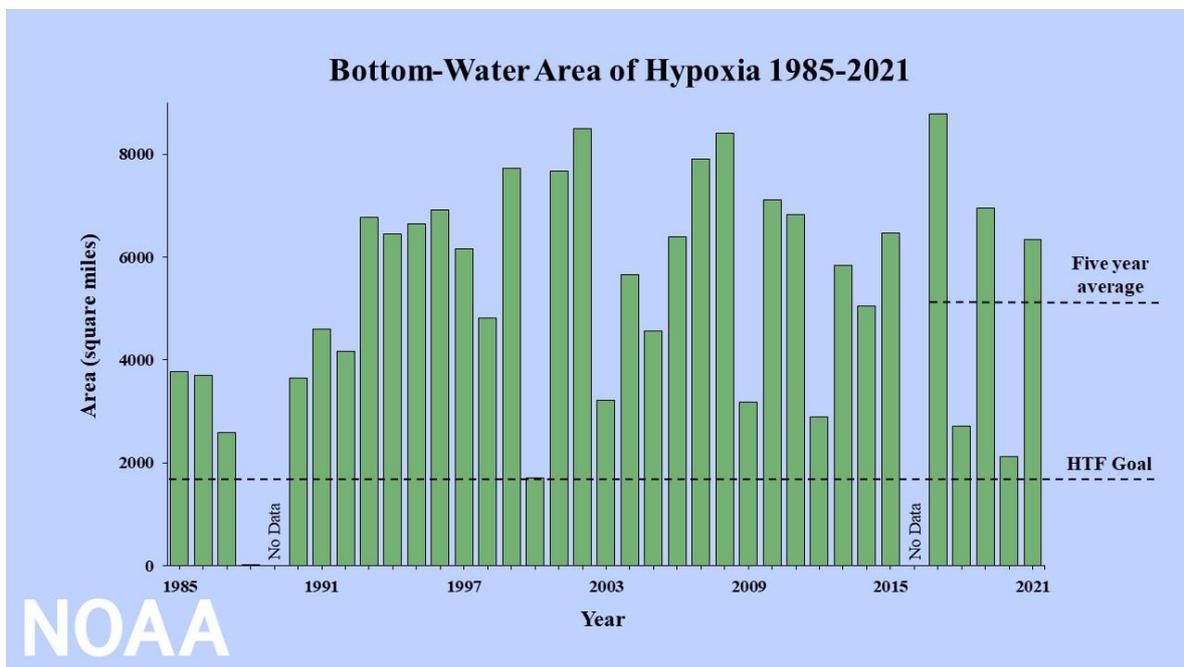
#### OPDRACHTEN:

- Grafiek opstellen van zuurstofwaardes in de waterkolom.
- Stratificatie visueel voorstellen

**Tijdsduur:** één lesuur

**Niveau:** tweede graad middelbaar

We beschikken over een set Excel-files met zuurstofwaarden, gemeten tijdens een expeditie op de Golf van Mexico in juli 1993. Per gevaren transect vonden op verschillende plaatsen (stations) metingen plaats. De keuze viel op dit gebied omdat delen van de Golf van Mexico bekend staan als 'dead zone', met als oorzaak eutrofiering (en dus in mindere mate de klimaatwijziging).



Figuur 1. Oppervlakte (mijl<sup>2</sup>) van de 'dead zone' in de Golf van Mexico sinds begin van de metingen in 1985 © NOAA

De Mississippi, een 3.766 km lange rivier in Noord-Amerika, ontspringt in het noorden van Minnesota en mondt uit in de Golf van Mexico, na 10 Amerikaanse staten te hebben doorkruist. Het stroomgebied van de Mississippi beslaat meer dan 41% van het vasteland van de VS. In de lente is er typisch veel regenval waardoor nutriënten uit meststoffen (stikstof en fosfor) en rioolwater in de Mississippi terechtkomen en uiteindelijk in de Golf van Mexico belanden, met algenbloei tot gevolg. Bacteriën breken deze af, waarbij ze grote hoeveelheden zuurstofgas verbruiken. Dit cyclisch weerkerend fenomeen leidt tot zuurstofarm (< 2mg/l) of zelf zuurstofloos water (0 mg/l). Wetenschappers verwachten dat de klimaatopwarming meer regenval zal veroorzaken in het Middenwesten van de VS, waardoor het nog moeilijker zal worden om meststoffenafvoer te controleren. Met alle gevolgen van dien voor het leven in de Golf van Mexico.



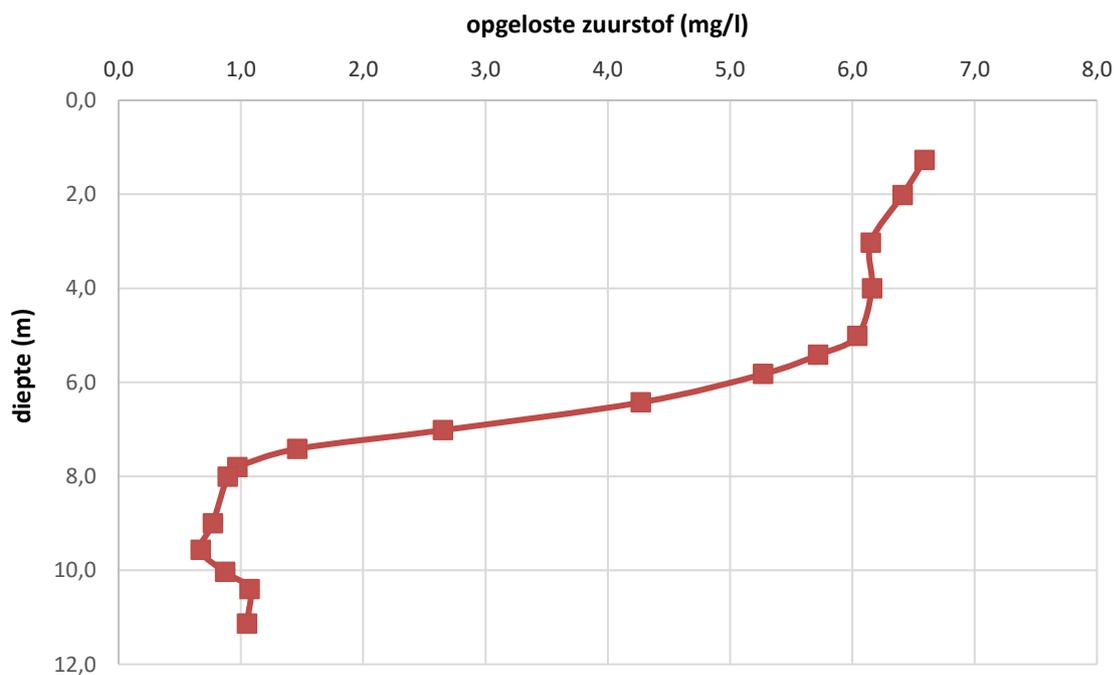
Figuur 2. Mississippi, met dead zone (rood) in de Golf van Mexico © EPA (US Environmental Protection Agency)

OPDRACHT 1: grafieken maken

**Procedure:**

- Maak grafieken van de hoeveelheid zuurstof (DO = dissolved oxygen, in mg/l) t.o.v. de diepte (m) voor elk station.
- Enkele tips:
  - o Zorg dat de as een titel heeft, met eenheid
  - o Plot de diepte van lage naar hoge waarde. Bovenaan de y-as is 0 m (oppervlaktewater), onderaan de y-as is de oceanbodem.
  - o Kies voor een overzichtelijk grafiektype, bvb. 'scatter plot with straight lines and markers'.
  - o Zorg voor een gepaste minimum- en maximumwaarde op een as
  - o Zorg dat je de verschillende grafieken makkelijk met elkaar kunt vergelijken door eenzelfde minimum- en maximumwaarde voor het opgelost zuurstofgas te kiezen.

**Hoeveelheid opgeloste zuurstof t.o.v. diepte**

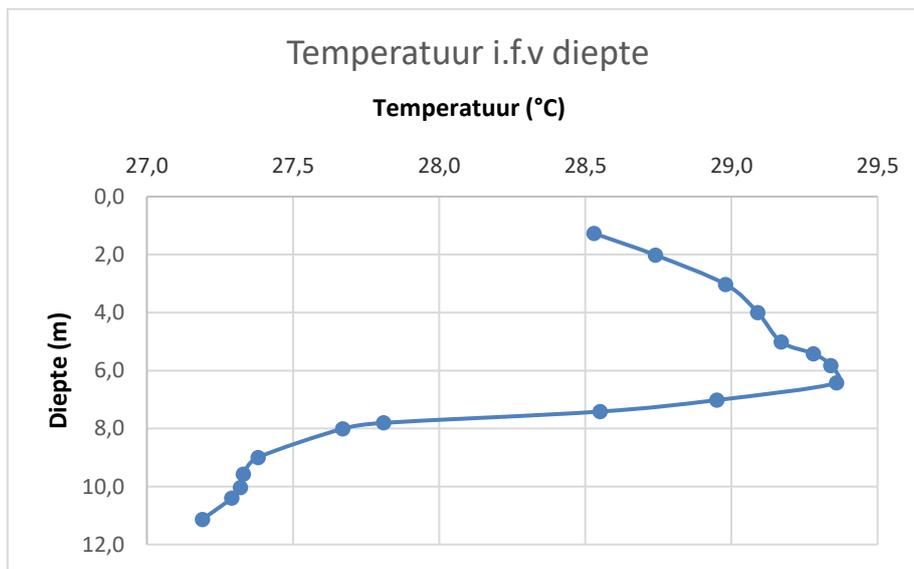


Figuur 3. Hoeveelheid opgelost zuurstofgas t.o.v. de diepte voor transect A, station 3

**Reflectie:**

- Duid de datapunten aan in een andere kleur waarbij het water zuurstofarm is (< 2 mg/l). *In de bovenstaande grafiek gaat het om de gemeten waarden vanaf 7,4 m diepte.*
- Plak hieronder alle grafieken van jouw transect. Kies wat volgens jou de meest interessante grafiek is (duid deze aan) en beantwoord hierover volgende vragen:
  - o Hoe diep is jouw station?  
11,1 m

- Wat was de maximum- en minimumtemperatuur in de waterkolom?  
29,4 °C – 27,2 °C
- Op welke diepte tref je die maximum- en minimumtemperatuur aan?  
6,4 m – 1,1 m
- Stijgt of daalt de temperatuur met de diepte?  
*De temperatuur stijgt van 28,5°C op 1,3 m diepte tot 29,4°C op 6,4 m diepte. Deze laag wordt opgewarmd door de zon. Vanaf dan daalt de temperatuur geleidelijk tot 27,2°C op 11,1 m diepte.*



Figuur 4. Temperatuur t.o.v. diepte, voor transect A, station 3

- Wat was de maximum en de minimum hoeveelheid zuurstofgas in de waterkolom?  
6,6 mg/l - 0,7 mg/l
- Op welke diepte trof je die aan?  
1,3 m (bovenste gemeten waarde) - 9,6 m
- Verandert de hoeveelheid zuurstofgas consistent met de diepte? Waarom wel of niet?  
*De hoeveelheid opgelost zuurstofgas daalt geleidelijk aan vanaf het oppervlak tot op een diepte van 9,6 m. Vanaf daar merken we een kleine stijging tot 1,1 mg/l op een diepte van 11,1 m. Het zuurstofgehalte blijft daar echter wel zeer laag.*
- Zijn er zones die zuurstofarm (< 2 mg/l) zijn?  
*Vanaf 7,4 m diepte tot op de oceaانبodem is het water zuurstofarm.*
- Zijn er zones die zuurstofloos (0 mg/l) zijn?  
*Neen.*

- Wat is de hoogte van de 'dead zone' in meter?  
*Wanneer leerlingen hier moeite mee hebben, kan je duiden dat dit het verschil is tussen de minimale en maximale diepte van de zuurstofarme zone.  
De 'dead zone' bevindt zich tussen 7,4 en 11,1 m diepte. Deze is dus 3,7 m diep.*
  
- Welk percentage van de waterkolom is zuurstofarm?  
*Wanneer leerlingen hier moeite mee hebben, kan je duiden dat dit de diepte van de 'dead zone' is gedeeld door de totale diepte van de waterkolom, vermenigvuldigd met 100.  
33 % van de waterkolom in dit station is zuurstofarm.*

## OPDRACHT 2: Stratificatie

Een (eventuele) uitbreidingsopdracht kan eruit bestaan om een dwarsdoorsnede op te stellen van de data van een volledig transect. Dat geeft een doorsnede van de waterkolom, van station 1 (dichtst bij de kust) tot het station dat het diepst is gelegen in zee. Leerlingen hebben papier, een lat en kleurpotloden (grijs, rood) nodig. Dit geeft hen een beeld van hoe groot een zuurstofarme zone kan zijn in de Golf van Mexico. Door toenemende stratificatie (zie ook *achtergronddocument*) is er verminderde zuurstofhernieuwing in de diepere lagen van de oceaan.

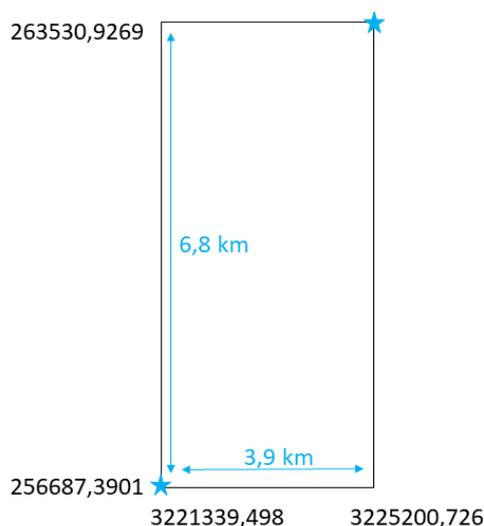
**Procedure:**

Aangezien we over data beschikken van verschillende stations over een transect (A), kan een dwarsdoorsnede opgesteld worden. Je hebt papier, een lat, kleurpotloden (grijs, rood) en een rekenmachine nodig. Ga als volgt te werk:

- Bereken de afstand tussen de verschillende stations. Start hiervoor vanaf onderstaande tabel. Dit geeft de breedte- en lengtegraden van de stations (in decimale graden), alsook de UTM-coördinaten. UTM staat voor *universele transversale mercatorprojectie*. Deze projectie is net als de breedte- en lengtegraden een horizontale positieweergave die geen rekening houdt met de kromming van de aarde. Omdat de stations hier vrij dicht bij elkaar liggen, is de fout echter verwaarloosbaar klein. UTM verdeelt de aarde in 60 zones waarop het de projectie maakt.

Station	breedtegraad (N)	lengtegraad (W)	utm_x	utm_y
1	29.13333333	-89.43055556	263530.9269	3225200.726
2	29.09722222	-89.5	256687.3901	3221339.498
3	29.03333333	-89.53333333	253289.8844	3214326.772
4	28.98333333	-89.56666667	249922.0632	3208854.416
5	28.95	-89.58055556	248487.6868	3205188.868

- Om de berekeningen te maken, plot je de UTM-coördinaten op een rechthoek. Zie hieronder het voorbeeld voor station 1 (ster rechtsboven) en station 2 (ster linksonder).



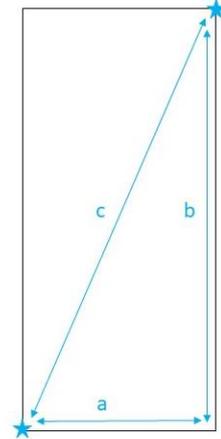
Je kan snel berekenen wat de positie is van station 2 t.o.v. station 1 (door de UTM-waarden van elkaar af te trekken): 3,9 km meer naar het westen en 6,8 km meer naar het zuiden.

- Vervolgens gebruik je driehoeksmmeetkunde, de stelling van Pythagoras, om de afstand tussen beide stations te berekenen.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$\rightarrow c = \sqrt{3,9^2 + 6,8^2}$$

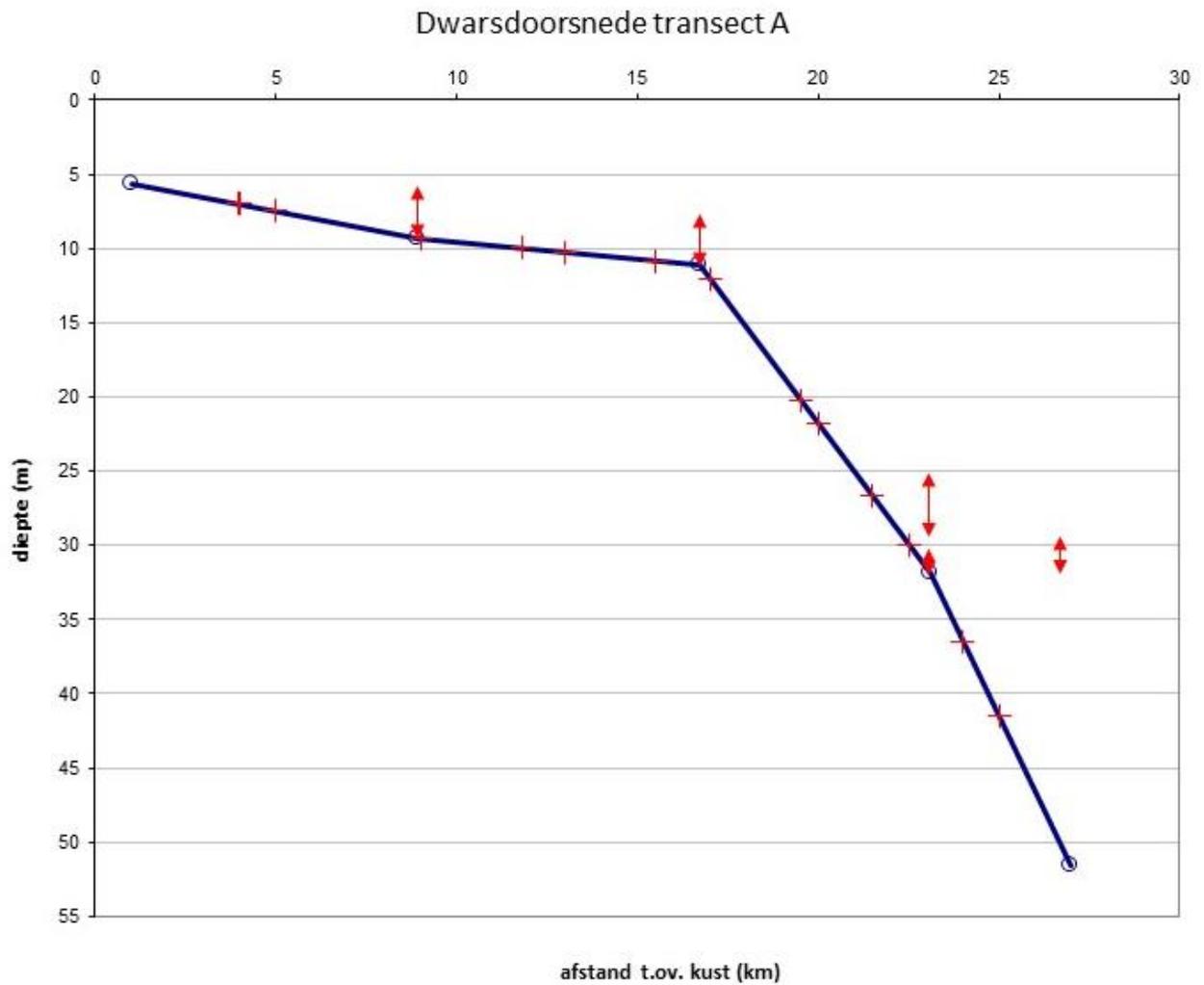
$$\rightarrow c = 7,9 \text{ km}$$



Doe dit voor alle stations.

Afstand station 1 – station 2	7,9 km
Afstand station 2 – station 3	7,8 km
Afstand station 3 – station 4	6,4 km
Afstand station 4 – station 5	3,9 km

- Zet de verschillende stations uit op de x-as. Zet de diepte uit op de y-as.
- Teken de zeebodem door te interpoleren tussen de stations en kleur of arceer het gebied onder de zeebodem grijs.
- Markeer het bovenste en onderste uiteinde van de zuurstofarme zone van elk station in het rood.
- Teken de boven- en ondergrens van de zuurstofarme zone rood door te interpoleren tussen stations. De ondergrens kan overeenkomen met de zeebodem.



Figuur 5. Dwarsdoorsnede transect A. Rode kruisjes zijn geïnterpoleerde data tussen de stations. Rode pijlen duiden de zuurstofarme zones aan per meetstation.

- Wat valt er je op aan de positie van de zuurstofarme zone?  
*De waterkolom is gestratificeerd, de zuurstofarme zone bevindt zich in een diepere waterlaag, tot op de oceaانبodem.*