

Klimaat en de oceaan:

Oceaancirculatie

Werkbundel

De watermassa's van de oceaan herverdelen warmte over onze planeet. Oppervlaktewater dat opwarmt aan de tropen stroomt naar hogere breedtegraden en geeft zijn warmte geleidelijk aan af aan de atmosfeer. Zo heeft oceaancirculatie een bepalende invloed op ons globale en regionale klimaat. De warme Golfstroom die hier onderdeel van uitmaakt, zorgt ervoor dat West-Europa een milder klimaat kent in vergelijking met de regio's in het westen van de Atlantische Oceaan die zich op dezelfde breedtegraad bevinden.

In de hiernavolgende experimenten creëer je verschillende waterlagen en bestudeer je hoe die met elkaar interageren.

Doelstellingen:

- Bepalen van densiteit.
- Inzicht verkrijgen in densiteit (van zoet- en zoutwater; van warm en koud water).
- Een gestratificeerde oceaan maken met verschillende waterlagen (oppervlaktewater, intermediair water en diepwater).
- De link leggen tussen de opwarming van het klimaat en de thermohaliene circulatie.

Klimaat en de oceaan:

Oceaancirculatie

Deel I: Het bepalen van de dichtheid van zoet- en zoutwater

Materiaal deel I: maatcilinder (100 ml), balans, pipet, peer, horlogeglas, spatel, gedestilleerd water, zout

Procedure deel I:

- Bepaal de massa van de lege maatcilinder. Noteer alle waarden hieronder bij 'Reflectie deel I'.
- Vul de maatcilinder met 100 ml gedestilleerd water.
- Bepaal de massa van de maatcilinder met gedestilleerd water. Vul in.
- Hieruit kan je de massa van het gedestilleerde water berekenen. Vul in.
- Bepaal de dichtheid van het gedestilleerd water: deel de massa door het volume. (Tip: 1 ml komt overeen met 1 cm³). Vul in.
- Gebruik een pipet om 5 ml gedestilleerd water te verwijderen uit de maatcilinder.
- Weeg 5 g zout af op een horlogeglas en voeg dit toe aan de maatcilinder met gedestilleerd water.
- Lees het waterniveau af. Dit is het nieuwe volume. Vul in.
- Bepaal de nieuwe dichtheid. Vul in.

Reflectie deel I:

- Massa lege maatcilinder = g
- Massa maatcilinder met gedestilleerd water = g
- Massa gedestilleerd water = g
- Dichtheid gedestilleerd water = g/cm³
- Volume na verwijderen van 5 ml water en toevoegen van 5 g zout = ml
- Dichtheid zoutwater = g/cm³
- Vergelijk de dichtheid van zoetwater en zoutwater door onderstaande vragen te beantwoorden:

Vraag 1. Wanneer 5 g zout werd opgelost in 95 ml gedestilleerd water, veranderde dan het volume?

Vraag 2. Wanneer 5 g zout werd opgelost in 95 ml gedestilleerd water, veranderde dan de dichtheid van dit zoutwater t.o.v. de dichtheid van het zoetwater? Leg uit.

Klimaat en de oceaan:

Oceaancirculatie

Deel II: Thermohaliene Circulatie

Materiaal deel II: aquarium, balans, horlogeglas, maatbeker 1 l (2), maatbeker 100 ml, maatbeker 500 ml, roerstaaf, cultuurfles, elektrische thermometer, bunsenbrander, driepikkel, draadnet, kroestang, spatel, voorwerp om als platform in het aquarium te gebruiken (bv. een grote maatbeker), stift, lucifers of aansteker, gedestilleerd water, drie verschillende kleuren kleurstof (bv. blauw, rood, geel), zout, geruit A4-blad (theoretische opdracht), kleurpotloden (theoretische opdracht)

Procedure deel II:

- Weeg 17,5 g zout af op een horlogeglas.
 - Voeg dit zout toe aan een maatbeker gevuld met 0,5 l gedestilleerd water. Zorg dat al het zout is opgelost. Label: zoutwater.
 - Giet 100 ml van dit zoutwater in een cultuurfles en voeg enkele druppels (blauwe) kleurstof toe. De rest van het zoutwater heb je later in dit experiment nog nodig.
 - Vul het aquarium met gedestilleerd water. Zowel het zoutwater als dit zoetwater moeten dezelfde temperatuur hebben.
 - Plaats een grote maatbeker rechtop aan de ene kant van het aquarium. Dit dient als platform (zie illustratie rechts).
 - Leg de cultuurfles (zonder dop) met (blauw)gekleurd zoutwater plat op het platform (de maatbeker).
 - Beschrijf je waarneming verder in het laborrapport. Beantwoord bijgevoegde vragen (1-2).
-
- Kook 100 ml gedestilleerd water in een maatbeker (opstelling: bunsenbrander, driepikkel, draadnet) en voeg een (rode) kleurstof toe.
 - Gebruik de kroestang om de maatbeker met (rood)gekleurd warm water rechtop in het aquarium te plaatsen (zie illustratie rechts), aan de andere zijde. Let op, doe dit voorzichtig!
 - Beschrijf je waarneming verder in het laborrapport. Beantwoord bijgevoegde vragen (3-4).
-
- Kook opnieuw een hoeveelheid gedestilleerd water (300 ml) in een grote maatbeker.
 - Maak een 50/50 mengsel van het zoutwater op kamertemperatuur en het kokend water en kleur dit in een andere kleur (geel).
 - Bereken het zoutgehalte en meet de temperatuur van het mengsel en noteer dit in het laborrapport (5).
 - Voorspel vervolgens waar dit (gele) water terecht zal komen wanneer je het in het aquarium brengt met een kroestang (zie illustratie rechts) (6).
 - Breng het (gele) mengsel in het aquarium met een kroestang en noteer je observaties in het laborrapport (7).

Reflectie deel II:

1. Wat gebeurt er nadat je de cultuurfles met (blauw)gekleurd zoutwater in het aquarium met zoetwater hebt gelegd?
2. Wanneer je een gelaagdheid (stratificatie) waarneemt in het water, hoe wordt die veroorzaakt?
3. Wat gebeurt er nadat je de maatbeker met (rood)gekleurd warm water in het aquarium hebt geplaatst?
4. Wanneer je een gelaagdheid (stratificatie) waarneemt in het water, hoe wordt die veroorzaakt?
5. Wat is de temperatuur en het zoutgehalte van het 50/50 mengsel? Noteer ook je berekeningen. Vergeet geen eenheden.
6. Waar zal dit (gele) water terechtkomen wanneer je het in het aquarium giet?
7. Wat observeer je wanneer je het (gele) mengsel in het aquarium giet?

Theoretische opdracht

De uitgevoerde experimenten tonen aan dat er twee factoren zijn die de densiteit van water beïnvloeden, nl.:

-
-

Omdat oceaانwater verschillende densiteiten heeft, vormt het verschillende lagen. Water met een hogere densiteit zinkt naar de bodem terwijl water met een lagere densiteit erboven drijft. Water met een hogere densiteit is over het algemeen kouder en zouter, terwijl water met een lagere densiteit warmer en zoeter is.

Algemeen zijn er drie verschillende lagen in de oceaan:

- Het **oppervlaktewater** is de warmste laag omdat het opgewarmd wordt door de zon. De wind mengt dit water zodat de volledige laag ongeveer dezelfde temperatuur heeft.
- De **thermocline** is een laag waar de temperatuur snel daalt met de diepte. Deze valt vaak samen met de **halocline**, een laag waar het zoutgehalte snel verandert met de diepte.
- De **diepwaterlaag** is gelegen onder de thermocline en wordt gekenmerkt door kouder, denser en zouter water. Zowel de temperatuur als het zoutgehalte blijven nagenoeg constant in deze laag. Het grootste volume water wereldwijd bevindt zich in de diepwaterlaag.

De diepte van de verschillende lagen is afhankelijk van de breedtegraad en van het seizoen.

Opdracht 1. Stel, op basis van onderstaande data van een gematigde breedtegraad in de winter, een temperatuurprofiel op van het oppervlaktewater tot een diepte van 2000 m (bron: NOAA, National Oceanic and atmospheric Administration).

Maak een grafiek op een geruit A4-blad:

- X-as: temperatuur (°C) van 0 tot 12°C, met een interval van 2°C.
- Y-as: diepte (m) van 0 tot 2000 m, met een interval van 125 m.

Duid vervolgens de drie hierboven beschreven waterlagen aan.

Diepte (m)	Temperatuur (°C)
0	10,2
125	10,2
250	10,1
375	10
500	8,7
625	7,5
750	6,5
875	5,8
1000	5,1
1125	5
1250	3,8
1375	3,2
1500	3,1
1625	3
1750	2,8
1875	2,6
2000	2,5

Analyseer de data en beschrijf de verschillende waterlagen.

Extrapoler de data van het temperatuurprofiel en voorspel de temperatuur op 3000 m diepte.

Opdracht 2. Reflectievragen.

1. De laag waarin temperatuur het meest verandert met diepte, noemen we:
 - a) Op de oceaانبodem
 - b) Bij het wateroppervlak
 - c) In de thermocline
 - d) Tussen 500 en 1000 m

3. Waarom blijft warm water aan het oppervlak?

4. Welk kenmerk beschrijft het water onder de thermocline het best?
 - a) Zeer variabel in temperatuur
 - b) Warmer dan het meeste oppervlaktewater
 - c) Vrij uniform in temperatuur en koud
 - d) Variabel per breedtegraad

5. Een verhoging van het zoutgehalte zal onder normale omstandigheden ook een verhoging veroorzaken van:
 - a) Temperatuur
 - b) Druk
 - c) Densiteit
 - d) Alle bovenstaande

6. De oceaanlaag waarin de snelste verandering van zoutgehalte met de diepte plaatsvindt, noemen we:

Opdracht 3. Inzichten in de thermohaliene circulatie.

Je plaatste koud zoutwater aan één zijde van het aquarium en warm zoetwater aan de andere zijde. Maak nu zelf de link met onze oceaan, de evenaar en de polen.

We maken nu de link met de **thermohaliene circulatie** (figuur rechts). Globale stromingen worden aangedreven door **temperatuur** (thermo) en **zoutgehalte** (halien), die beiden een invloed hebben op de **densiteit** van water.

Warmer en minder dens water ontstaat aan de tropen en stroomt richting de polen. Onderweg geeft het zijn warmte af zodat het water kouder wordt. Aan de polen bevriest een deel van dit water. Zoutkristallen blijven echter achter in het water en verzwaren het achterblijvende koude water waardoor het zinkt. Deze koudwaterstromingen vloeien op grote diepte terug naar de tropen. De thermohaliene circulatie is dus belangrijk voor het verspreiden van warmte over onze planeet. Ze heeft een effect op zowel het globale als het regionale klimaat.

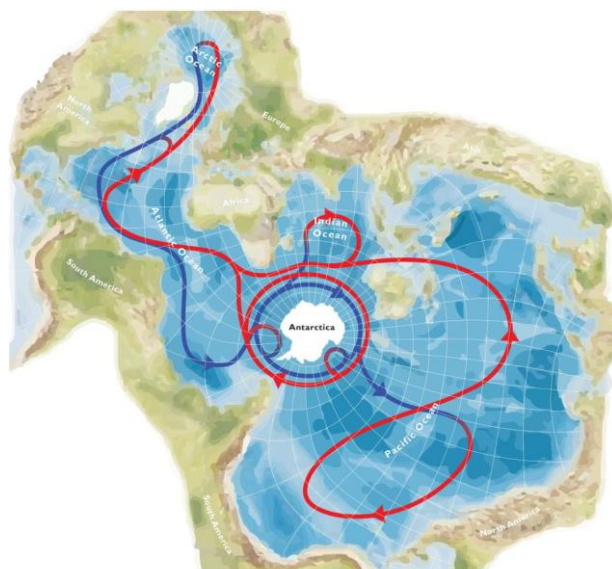
De figuur toont dat de thermohaliene circulatie een gesloten systeem vormt. Het duurt ongeveer 1000 jaar vooraleer water de volledige thermohaliene circulatie heeft doorlopen.

Wanneer water op onze planeet allemaal ongeveer dezelfde temperatuur zou hebben, zou warmte veel minder verspreid worden. De temperatuurverschillen tussen het evenaarsgebied en de polen zou groter zijn. Het evenaarsgebied zou dus nog warmer zijn en de polen nog kouder. Grotere temperatuurverschillen tussen watermassa's zorgen voor sterkere stromingen die warmte verspreiden en dus opnieuw verdelen.

Bestudeer nu de figuur op de volgende bladzijde.

1. Wat is de beste beschrijving voor nummer 1 op de kaart?
 - a) De Golfstroom vervoert warmte van de tropen naar West-Europa.
 - b) De Golfstroom vervoert warmte van de tropen naar de Middellandse Zee.
 - c) De Golfstroom vervoert koud water naar West-Europa.
 - d) De Golfstroom vervoert koud water van de tropen naar Groenland.

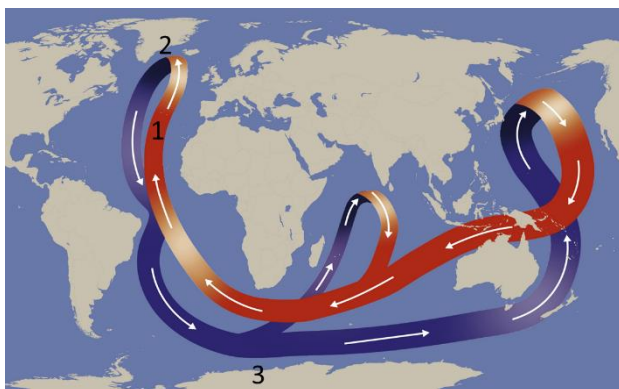
2. Omschrijf wat er gebeurt bij nummer 2 op de kaart.



Figuur. Globale oceaancirculatie op een Spilhausprojectie, met centraal Antarctica en daarrond de verbonden oceaانبekkens tot één globale oceaan. Rode stromingen stellen warm oppervlaktewater voor, blauwe stromingen wijzen op koud diepwater (©Michael Meredith).

3. Wat is de beste beschrijving voor nummer 3 op de kaart?
 - a) Diepwatervorming rond Antarctica.
 - b) Diepwatervorming in de Arctische Oceaan.
 - c) Opwarming van het water rond Antarctica.
 - d) Opwarming van het water in de Arctische Oceaan.

4. Wat gebeurt er precies rond Antarctica (m.a.w. hoe verklaar je bovenstaande)?



Figuur. Vereenvoudigde weergave van de thermohaliene circulatie. Legende: 1. Golfstroom; 2. Noord-Atlantisch Diepwater; 3. Antarctisch bodemwater.

De thermohaliene circulatie zorgt ervoor dat wij in West-Europa een zachter klimaat hebben. Het kritisch deel van de thermohaliene circulatie is het zinken van koud water in de Noord-Atlantische Oceaan.

We maken nu de link tussen de **klimaatverandering** en de thermohaliene circulatie. Door de enorme toename in broeikasgassen sinds de Industriële Revolutie, stijgt de temperatuur op aarde, zowel van de atmosfeer als van de oceaan. Eveneens smelt er meer ijs aan de polen. Wat kan volgens jou hiervan het effect zijn op de thermohaliene circulatie?