

Noordzee: meer dan een plas water



NLT-module
vanaf 5-vwo

Colofon



De module Noordzee: meer dan een plas water is bestemd voor de lessen Natuur, Leven en Technologie (NLT). De module is op 22 september 2015 gecertificeerd door de Stuurgroep Verankering NLT voor gebruik op het vwo in het domein C1: Processen in levende natuur, aarde en ruimte.

De module is gecertificeerd tot 1 augustus 2021 met certificeringsnummer 5132-078-VC1

De originele gecertificeerde module is in pdf-formaat downloadbaar via ► <http://www.betavak-nlt.nl>.

Op deze website staat uitgelegd welke aanpassingen docenten aan de module mogen maken, voor gebruik in de les, zonder daardoor de certificering teniet te doen.

De module is gemaakt in opdracht van het Landelijk Coördinatiepunt NLT en Rijkswaterstaat.

Deze module is ontwikkeld door:
Almende College, Silvolde, Harrie Jorna
Hofstad Lyceum, Den Haag, Rob Diependaal
OSG De Hogeberg, Den Burg, Lutz Lohse

Bij deze module heeft Rijkswaterstaat een Noordzee-atlas beschikbaar gesteld, deze is door de school tegen verzendkosten aan te vragen bij vaksteunpunt Noord.

Aangepaste versies van deze module mogen alleen verspreid worden, indien in dit colofon vermeld wordt dat het een aangepaste versie betreft, onder vermelding van de naam van de auteur van de wijzigingen.

Bij deze module heeft Rijkswaterstaat een Noordzee-atlas beschikbaar gesteld, deze is door de school tegen verzendkosten aan te vragen bij vaksteunpunt Noord.

Overige materialen die leerlingen nodig hebben bij deze module zijn beschikbaar via het vaklokaal NLT:

► <http://www.vaklokaal-nlt.nl/>. Op dit vaklokaal staat ook de meest recente versie van de URL-lijst.

Het auteursrecht op de module berust bij SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling). SLO is derhalve de rechthebbende zoals bedoeld in de hieronder vermelde creative commons licentie.

De auteurs hebben bij de ontwikkeling van de module gebruik gemaakt van materiaal van derden en daarvoor toestemming verkregen. Bij het achterhalen en voldoen van de rechten op teksten, illustraties, enz. is de grootst mogelijke zorgvuldigheid betracht. Mochten er desondanks personen of instanties zijn die rechten menen te kunnen doen gelden op tekstgedeeltes, illustraties, enz. van een module, dan worden zij verzocht zich in verbinding te stellen met SLO.

De module is met zorg samengesteld en getest. Landelijk Coördinatiepunt NLT, Stuurgroep Verankering NLT, SLO en auteurs aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor onjuistheden en/of onvolledigheden in de module. Ook aanvaarden Coördinatiepunt NLT, Stuurgroep Verankering NLT, SLO en auteurs geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade, voortkomend uit (het gebruik van) deze module.



Voor deze module geldt een Creative Commons Naamsvermelding-Niet-commercieel-Gelijk delen 3.0 Nederland Licentie

► <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/nl>

Bij naamsvermelding dient vermeld te worden:
dat het gaat om een gecertificeerde NLT module;
de licentiehouders, zoals vermeld in dit colofon;
de titel van de module, zoals vermeld in dit colofon;
de instellingen die de module ontwikkeld hebben, zoals vermeld in dit colofon.

Inhoudsopgave

Colofon.....	3
Inhoudsopgave	5
1. Inleiding	6
1.1 Verhaal	6
1.2 Organisatie	10
2. Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas.....	11
3. Lessenserie Hydrografie Abiotische Factoren.....	31
3.1 Diepteverdeling Noordzee.....	31
3.2 Stromen.....	32
3.3 Licht.....	34
3.4 Voedingsstoffen (nutriënten)	36
3.5 Temperatuur.....	38
3.6 Toekomst.....	40
4. Lessenserie Biologie Noordzee	41
4.1 Primaire productie vervolg.....	41
4.2 Lot organisch materiaal	43
4.3 Zeezoogdieren, vogels, vissen	46
4.4 Silicaatafzetting, dinoflagellaten, red tides	50
4.5 Temperatuur.....	51
4.6 Toekomst	55
5. Lessenserie Modellerings waterkolom Noordzee	58
5.1 Hoe zijn de kaarten tot stand gekomen?	58
5.2 Model voor een waterkolom (nuldimensionaal: 0D-model)	61
5.3 Een aantal waterkolommen op een rij (1D)	68
5.4 Natuurwetenschappelijk onderzoek	75
6. Lessenserie Ontwikkelingen in de tijd Noordzee.....	81
6.1 Instructie	81
6.2 Lessenserie Ontwikkelingen in de tijd Noordzee (Voorbeeld)	84
6.3 Bij dit voorbeeld is een PowerPoint te raadplegen via de ►NLT Toolbox	97
URL-lijst	99

Voor je ligt de NLT-module *Noordzee: meer dan een plas water*. Als het goed is, heb je ook de Noordzee-atlas onder handbereik. (De digitale versie is te gebruiken via ►URL1 of ►URL2 maar de vragen zijn gericht op de papieren versie. Een mogelijk voordeel van de digitale versie is dat je kunt zoeken met Ctrl F.)

1. Inleiding

1.1 Verhaal

Waarschuwing: Het verhaal hieronder is fictief. Hoewel alle genoemde schepen, organisaties en locaties bestaan, heeft een dergelijke situatie zich nog nooit voorgedaan en zal zich hopelijk in werkelijkheid ook nooit voordoen.



Figuur 1: olietanker de Safaniyah.

De olietanker de Safaniyah (zie figuur 1) heeft half november aan de olieterminal in Lagos, de hoofdstad van Nigeria, 160.000 ton ruwe olie getankt. Deze is bestemd voor de raffinaderij van Shell Pernis, Rotterdam. Na de afvaart is in het tropische en subtropische deel van de Atlantische Oceaan het weer uitstekend. Tijdens de tiendaagse reis vaart de Safaniyah met een snelheid van gemiddeld 22 knopen. In de Golf van Biskaje verandert het weerbeeld echter dramatisch. Niet alleen keldert de temperatuur bijna 20 graden, ook neemt de wind sterk toe. Boven de noordelijke Atlantische Oceaan ligt een diepe stormdepressie. In het Kanaal en de Noordzee slaan de golven 6 meter hoog tegen de scheepsromp. Terwijl de 340 meter lange olietanker hier nauwelijks last van schijnt te hebben raken kleinere schepen toenemend in de problemen. Bij het arriveren van de tanker in het ankergebied voor de Maasvlakte beslist de Verkeerscentrale Hoek van Holland dat de weeromstandigheden te gevaarlijk zijn om de tanker de Maasvlakte binnen te laten varen. De tanker gaat voor anker in afwachting van beter weer.



Figuur 2: kraanschip de Pioneer Spirit.

Het gloednieuwe, 's werelds grootste kraanschip, de Pioneer Spirit (zie figuur 2) is op dat moment van een klus in het olieveld Ekofisk terug op weg naar Rotterdam. Ook dit schip moet wachten op beter weer. De verkeersleiding wijst de Pioneer Spirit een ankerplaats aan niet ver van de locatie waar de Safaniyah is afgemeerd. De kapitein van de Pioneer Spirit kan de Safaniyah zien liggen en hij moet op twee zeemijl afstand ervan voor anker gaan. Om 14:47 plaatselijke tijd krijgt de stuurman van de Pioneer Spirit de opdracht vaart te minderen in de aanloop naar de ankerplaats. Ondertussen is de bliksem niet van de lucht. En dan gebeurt het: door een blikseminslag raakt de Pioneer Spirit volledig onbestuurbaar: een zogenaamde black-out. Het schip kan én niet meer van koers veranderen, én niet meer van snelheid veranderen: het stevent met een onverminderde vaart van 12 knopen op de Safaniyah af. De verkeerscentrale Rotterdam stuurt onmiddellijk

sleepboten op het op hol geslagen schip af, om het af te remmen, maar ze komen door de ruwe zee te laat: om 15:30 uur ramt de Pioneer Spirit de Safaniyah in volle vaart midscheeps.

1. Opdracht

Bereken de afstand tussen de Pioneer Spirit en de Safaniyah om 14:47 uur. Een knoop is een zeemijl (1,852 km) per uur. (De module gaat hiermee verder in hoofdstuk 2 Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas opdracht 9.9 c.)



Figuur 3: een luchtfoto na de averij.

Ondanks de dubbelwandige scheepshuid van de Safaniyah scheuren enige tanks open en stroomt er meer dan een kwart van de lading ruwe olie in zee. Ondanks de zware averij verliezen de schepen hun drijfvermogen niet. De sleepboten zekeren de stabiliteit van de schepen en zorgen voor de verkeersveiligheid in het aanvoergebied naar de Maasvlakte. De grootste zorg gaat nu uit naar het bestrijden van de enorme hoeveelheid olie die in zee is gestroomd. Het stroperige mengsel van voornamelijk koolwaterstoffen verdeelt zich over het wateroppervlak (zie figuur 3). Rijkswaterstaat zet voor het bestrijden van de olie het speciaal hiervoor ontworpen schip de Arca in (zie figuur 4).



Figuur 4: oliebestrijdingsschip Arca.

2. Opdracht

Bekijk het filmpje van ►URL3

Op 1.00 minuut wordt in het filmpje een factor genoemd die de snelheid van de verplaatsing van de gelekke olie verhoogd.

a. Noem deze factor.

Ook de getijdestroom en de reststroom verhogen de verplaatsingssnelheid van de olievlek.

b. Door al deze factoren wordt de vlek soms echter ook groter. Leg uit waarom. Denk aan de (in)homogeniteit van de olie.

c. In feite ziet men vanaf de lekkende tanker de olievlek groter worden. Tot een moment dat de olievlek niet meer groter wordt en de vlek zich alleen nog van de tanker af gaat verplaatsen. Wat is er op dat moment aan de hand? (De module gaat hiermee verder tegen het eind van hoofdstuk 5 Lessenserie Modelling waterkolom Noordzee)

Op 1.12 minuut zie je hoe de olie van het strand geborgen wordt.

d. Geef de twee methodes die je ziet. Zij vullen elkaar aan.

Na 2.00 minuten zie je drie milieufactoren die bedreigd worden.

e. Noem deze drie en noem er minstens één die niet getoond wordt.

f. In de Noordzee-atlas staan gegevens over bijvoorbeeld de Drieteenmeeuw. Zijn er ten tijde van de ramp relatief veel of relatief weinig van deze vogels in het ankergebied? Gebruik de inhoudsopgave (pagina 5) van de Noordzee-atlas.

(De module gaat nader in op de voedselketen aan de hand van figuur 22 van hoofdstuk 4 Lessenserie Biologie Noordzee.)



Figuur 5: Drijft alle olie?



Figuur 6: olie op de Bretonse kust.

Op 2.32 worden *sweeping arms* genoemd. Deze werken dankzij het drijfvermogen van olie. Maar drijft alle olie? (Zie figuur 5). Het is juist de zwavelrijke zware olie die het meest giftig is.

- g. Zal olie die drie meter zinkt ook helemaal naar de bodem zinken? Leg uit. (De module gaat met dichtheid verder in hoofdstuk 2 Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas opdracht 8.13 e over stratificatie.)
- h. Noem nu nog een milieufactor die bedreigd wordt.
- i. Kan de Arca alle olie bergen? Leg uit.
- j. In figuur 6 zie een derde manier om de olie van het strand te verwijderen. Leg uit waarom deze “handig” is.

Ga naar ►URL4 en beantwoord opdrachten k tot en met n.

- k. Ga na of aardolie puur uit koolwaterstoffen (zoek dat woord met Ctrl F) bestaat,
- l. Ga na of de dichtheid (zoek weer met Ctrl F) inderdaad hoger is naarmate het zwavelgehalte hoger is.
- m. Hoe zou figuur 5 eruit gezien hebben als de zwavel opgelost was in de aardolie als de stof zwavel zelf? Gebruik tabel 40A en 65 B.
- n. De zwavel is echter ingebouwd in de aardoliemoleculen. Zwavelrijke aardolie bestaat bijvoorbeeld uit C_9H_{20} (molmassa 126 g.mol^{-1}) en $C_8H_{17}S$ (molmassa 145 g.mol^{-1}). Leg nu uit waarom $C_8H_{17}S$ een grotere dichtheid heeft dan C_9H_{20} . De vanderwaalsstralen van C en S zijn vrijwel even groot.

Op 2.53 en op 6.11 wordt een nieuw gevaar genoemd voor scheepsbemanning van de Arca, andere scheepsbemanningen en kustbewoners.

- o. Noem dit gevaar en een secundair gevaar dat eruit voortvloeit.

De hoeveelheid olie is echter zo groot dat de Arca (met een opslagcapaciteit van 1000 m^3 olie) de klus niet alleen aan kan. Naast de Arca kunnen andere schepen uit Nederland ingezet worden.

Verschillende sleephoppers (die normaal slib baggeren of zand winnen) kunnen in zeer korte tijd geschikt gemaakt worden voor oliebestrijding. Onder andere door ze uit te rusten met veegarmen, zoals de Arca die heeft. Maar ook Engelse, Belgische en Duitse oliebestrijdingsschepen worden opgeroepen, hoewel ze pas daags na de ramp zullen kunnen arriveren. Hoewel de rampenplannen bij olielozingen gedetailleerd zijn, blijft er veel onzeker omdat er nog nooit zo’n grote ramp voor de Nederlandse kust is gebeurd. Wel is er veel ervaring opgedaan bij het stranden van de Amoco Cadiz in Bretagne in 1978. Er stroomde toen 200.000 ton ruwe olie in zee en de Bretonse kust werd over een lengte van bijna 300 km vervuild. De situatie aan de Nederlandse kust is hiermee echter slecht vergelijkbaar: de zee hier is veel minder diep en de kust wordt gedomineerd door zandstranden. En er is voor wat betreft het gebruik van veegarmen vooral ervaring opgedaan bij de ramp met de Erika voor de kust van Bretagne in 1999.

3. Opdracht

Hoe groot is nu de kans dat een dergelijke ramp zich in werkelijkheid zou kunnen voordoen? Je gaat het bekijken.

- a. Ga naar ►URL5. Maak het beeld maximaal (vierkantje rechtsboven). Klik op *live map* (links bovenaan). Schuif de schaal (rechts) helemaal naar beneden. Zorg met schuiven dat je onder andere de Noordzee in beeld hebt. Noteer het hoogste getal dat je “in” de Noordzee ziet.
- b. Elders ter wereld is dit getal bijna ook zo groot. Geef dat getal. Waar is dat en hoe komt het dat het daar ook zo groot is?
- c. Klik op het hoogste getal “in” de Noordzee. Schuif in de nieuwe kaart met het “handje” de Noordzee centraal in beeld. Tel of maak een schatting van het aantal schepen dat je ziet op Nederlandse kant van de Noordzee.
- d. Kom met het “handje” dicht bij een schip. Het wordt dan een wijsvingertje en er verschijnt een hokje met info. Ongeveer hoeveel procent van de schepen in de buurt van Rotterdam heeft *destination* Rotterdam?
- e. Klik links op *Search Map* met het loeptekentje (boven het trechtertekentje) en zoek waar de Pioneer Spirit zich op dit moment bevindt en of dit een logische plaats is. Geef twee argumenten. (Reservevraag: het kan zijn dat je zo geen info vindt. Draai dan de vraag om: Op welke plaats verwacht je de Pioneer Spirit? Waarom?)
- f. Bereken hoeveel keer zo groot ongeveer het oppervlak van de Pioneer Spirit is als jouw huis. Een huis in Nederland is gemiddeld 75 m². Als je het leuk vindt mag je in plaats van berekenen de Pioneer Spirit op de bijna sterkste vergroting vergelijken met jouw huis. Jouw huis vind je het best door op een kleinere vergroting te zoeken en dan in te zoomen tot dezelfde vergroting als zojuist bij de Pioneer Spirit. (Reservevraag: schuif naar de Rotterdamse havencomplexen. Klik op de plus boven aan de schaal tot je een schip aangemeerd ziet liggen. Klik op het schip en noteer zijn afmetingen. Zie verder oorspronkelijke vraag.)
- g. Formuleer nu een antwoord op de hoofdvraag bovenaan deze serie deelvragen en onderbouw het.
- h. Zoek waar de Safaniyah zich op dit moment bevindt. Maak zo nodig de schaal kleiner om ook land te zien.

De scheepvaart in dit gebied zou bij een ramp grote omwegen moeten maken. Dit vormt een economische schadepost die in de miljarden kan lopen.

- i. Een vorm van economische schade is ook de schade aan het toerisme. Noem twee vormen van toerisme die schade zullen oplopen.
- j. Overweeg de gevolgen van een dergelijke ramp voor de nieuwe zeewierboerderij ten westen van het eiland Texel, zie ►URL6. (De module gaat hiermee verder in hoofdstuk 6 Lessenserie

Ontwikkelingen in de tijd Noordzee gevolgd door hoofdstuk 7 Verdieping in projectvorm, waar de zeewierboerderij één van de projectvoorstellen is.)

1.2 Organisatie

De kaarten in een atlas verbergen een schat aan gegevens. Het hoofddoel van deze module is oog te krijgen voor deze gegevens, je kennis naar aanleiding hiervan op te roepen, toe te passen en nader op deze gegevens in te gaan.

Hiertoe is de module verdeeld in zes onderdelen:

- 2. Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas

en de vier lessenseries:

- 3. Lessenserie Hydrografie Abiotische Factoren
- 4. Lessenserie Biologie Noordzee
- 5. Lessenserie Modelleren waterkolom Noordzee
- 6. Lessenserie Ontwikkelingen in de tijd Noordzee

Iedereen begint met 1. Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas op de manier zoals bij het begin van dat onderdeel onder “organisatie” staat. De atlas is van 2004. Hij is dus minstens 11 jaar oud. Op ►URL1 kun je de meest recente versie digitaal bekijken. Als in deze module naar de Noordzee-atlas wordt verwezen wordt daarmee echter steeds de papieren versie van 2004 bedoeld.

Na onderdeel 1. ga je door met de eerste delen van de vier lessenseries tot de zogenoemde 200-minutengrenzen. Daarna ga je als

- 7. Verdieping door met, naar keuze, de rest van één van de lessenseries.

Als afsluiting houd je een *presentatie* (of lever je ter beoordeling je *paper* in) over je verdieping of een ander relevant onderwerp naar keuze (een zelf bedacht onderwerp of een uit de onderwerpenlijst in de instructie van hoofdstuk 6 Lessenserie Ontwikkelingen in de tijd Noordzee) en ten slotte volgt de toets. In de module zijn sommige woorden *vet/cursief en olijfgroen/bruin* (in een zwart-witprint grijs) gedrukt. Dit kan ook het geval zijn in de antwoorden op de vragen. Deze dikgedrukte woorden zijn begrippen die je moet actief moet kennen en kunnen toepassen. Andere kennis en begrippen uit de module moet je kunnen herkennen als er over gevraagd wordt. In de module is de context vrijwel steeds de Noordzee. In de toets kunnen ook vragen gesteld worden aan de hand van wat je door de module geleerd hebt, maar dan in het kader van andere contexten.

Veel succes met deze module!

2. Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas

Organisatie

Gewone vragen

De vragen worden over de groepen van de klas verdeeld. Iedere groep krijgt een deel van de vragen (bijvoorbeeld een aantal pagina's van de vragenlijst) te beantwoorden. De resultaten daarvan worden kort aan de klas gepresenteerd. De inhouden van deze presentaties horen tot de stof.

Onderzoeksvragen en practica

De onderzoeksvragen en practica die je tegenkomt tijdens het beantwoorden van jullie deel van de vragen, kun je al even doorlezen om te zien welke je daarvan zou willen uitvoeren. Als je in jouw deel van de vragen geen of geen geschikte onderzoeksvragen of practica tegenkomt, kun je in overleg met andere groepen een eigen keuze (of naar de keuze van je docent) uit de andere delen maken. Er zijn 37 onderzoeksvragen en 17 proeven te verdelen. Na de presentatie van de vragen is er tijd voor de uitvoering van de gekozen practica en/of onderzoeksvragen. Ook deze practica en onderzoeksvragen worden kort gepresenteerd aan de klas.

Project

Naar aanleiding van de vragen, de onderzoeksvragen, de practica en/of de verdiepingslessen van de docent kun je een project formuleren en uitvoeren. Dit project moet je diepgaand presenteren.

4. Eerste en laatste pagina

Een paar bladzijden van een boek vind je meestal niet de moeite waard om te lezen: de eerste pagina (in de Noordzee-atlas is dat pagina 2, hoewel dat paginanummer er niet op staat) en de laatste pagina: pagina 77.

- a. De achterflap is echter meestal het eerste wat je leest: als je wilt weten of het boek de moeite waard is om het te kopen of niet. Op de achterflap zie je dat er naar drie vakgebieden wordt verwezen die je als schoolvakken kent. Noem die drie vakken. Leg uit.

Pagina 2

- b. Welke ministeries hebben hun medewerking verleend aan de totstandkoming van de Noordzee-atlas en geef bij ieder ministerie met één of een paar woorden aan waarom dat "logisch" is.

- c. NLT is **interdisciplinair** vak. De Noordzee-atlas is ook interdisciplinair: er komen diverse vakgebieden aan bod. Noem een paar (school)vakken die je herkent. Leg uit.

Pagina 77

- d. Onderaan deze pagina zie je onder elkaar twee (?) aanduidingen van de, zoals er staat, gebruikte basis**projectie** (enkelvoud!) van alle kaarten: WGS_1984_UTM_Zone_31N met daaronder: Transverse_Mercator. Is dit nu één en dezelfde basisprojectie of zijn het er twee? Gebruik zonodig ►Wikipedia. Leg uit.

Onderzoeksvraag

- e. Wat is een basisprojectie? Welke soorten zijn er? Wat heeft basisprojectie met wiskunde te maken? Wat heeft het met gps en met satellieten te maken?

Practicum

- f. Vertekening bij kaarten. Print een kaart van de hele wereld op een A4. Vouw en plak hem tot een cilinder zodat de evenaar een cirkel wordt. Maak vanaf de poolgebieden “inknippen” zodat je van de verknipte cilinder min of meer een bolvormige aarde van kunt vouwen. Kijk hoeveel papier je hebt moeten wegnippen zodat je een idee krijgt van het te breed weergeven van de zeer noordelijke en zuidelijke gebieden. Ga na welke projectiemethoden het minst vertekenen. Ga na of de projectiemethoden steeds beter worden wat dit betreft. Hoe goed is de projectiemethode van de Noordzee-atlas wat dit betreft? Zie pagina 77 onderaan.

5. Voorwoord

- a. Hierin word je gewezen op ►URL2 en de mogelijkheid via een app thematische kaarten interactief naar keuze samen te stellen. Breng een bezoek aan deze site en kijk of je zo’n kaart kunt samenstellen.

Onderzoeksvraag

- b. Wat is er actueel op deze app? Wat kun je met de app? Waar maakt Rijkswaterstaat zich zorgen om op dit moment? Visstand? Kustbescherming? Open houden havens? Wrakken?

6. Inhoudsopgave

Om een totaalindruk te krijgen, bekijk je de inhoudsopgave op pagina 5 en 7.

- a. Wat zijn de delen I, II en III?
b. Waar komt het woord **lodingen** vandaan?
c. Zoek op wat MWTL is.

Bodem

- d. Wat zijn **PCB**’s? En **PAK**’s?

Water

- e. De verspreiding van rivierwater beïnvloedt de vijf zaken die erboven staan. Leg van twee duidelijk verschillende van deze zaken uit hoe.

Biologisch, bodem, water, lucht

- f. Wat zijn **spisulabanken**? Blader zonodig even naar de betreffende pagina.
- g. Zoek van een woord dat je niet thuis kunt brengen van de rest van de inhoudsopgave op wat het betekent. Bijvoorbeeld scholbox

7. Kaart

De kaart op pagina 8 en de tekst op pagina 9. Zie ook pagina 66.

- a. Wat betekenen de aanduidingen langs de rand; bijvoorbeeld 52°0'0"N?
- b. De nul**meridiaan** loopt door Londen, bij Greenwich. Is de nulmeridiaan aangegeven?
- c. Is de E bij 0°0'0"E eigenlijk niet overbodig? Leg uit.

Onderzoeksvraag

- d. Zoek iets op over de strijd om de nulmeridiaan tussen Engeland en Frankrijk, tussen Londen en Parijs. De koloniale, wereldoverheersende gedachte erachter: Rule Britannia, Britannia rules the waves...
- e. Wat betekent **NCP**? Zie zo nodig op pagina 9.

Onderzoeksvraag

- f. Hoe continentaal is een continentaal plat? Wat hoort er wel en wat hoort er niet bij? Schoof alles wat ondieper was dan een bepaald aantal meters gewoon mee met de continenten? Waarom schoven de continenten zoals ze schoven? Door de centripetale krachten? Door convectiestromen, veroorzaakt door de warmteontwikkeling door kernreacties in de aarde? Door de draaiing van de aardas? Waar kwam Pangea vandaan? Raadpleeg zonodig ►Big History.

Practicum

- g. Maak een schollenmodel van de aarde van een voetbal en stukken papier. Wat gebeurt er als je de continenten aan de andere kant weer tegen elkaar laat klappen? Past het een beetje? Maak nu een model van de aarde met nadruk op de convectiestroming. Gebruik een pan met water met daarin drijvende "continenten".
- h. De grenzen van het NCP zijn samengesteld door **conflictlijnen** tussen de diversen staten aan de Noordzee. Conflictlijnen zijn een wiskundig begrip. Zoek het begrip zonodig op via ►internet, de hit met hofstede. Soms lijken het

verlengstukken van landsgrenzen. Welke verlengde landsgrenzen herken je?

Onderzoeksvraag

- i. Conflictlijnen heten niet voor niets zo: grenzen zijn vaak oorzaak van conflicten. Aan het eind van WO II heeft Nederland Duitse gebieden bezet. Hoe kwamen de (nieuwe) grenzen tot stand? In Afrika zie je veel rechte lijnen als grenzen. Zijn dit conflictlijnen? Hoe zijn tussen koloniën grenzen tot stand gekomen? Oorzaken van huidige conflicten?
- j. Deze verlenging van grenzen kan niet steeds doorgaan: je komt in conflict met bijvoorbeeld Engeland. Op welk punt van de witte grenslijn van het NCP is dat duidelijk?
- k. Hoe is dat conflict opgelost? Ga dat na met je geodriehoek.

Practicum

- l. Je gaat conflictlijnen construeren. Trek met je passer vanaf steeds andere delen van de kusten, steeds met een zelfde straal een boog. Teken de omhullende van alle bogen. Kijk waar de omhullenden elkaar snijden. Leid daar de conflictlijn(en) uit af. Als ze elkaar niet snijden, neem je een (steeds) grotere straal tot ze elkaar wel snijden.
- m. Op de kaart zijn met grijze kaders de drie groottes van kaart aangegeven die in de atlas zullen gaan voorkomen. Volgens de tekst van pagina 9 is de totale Noordzee ongeveer 10 keer zogroot als het NCP. Ga met de gradenaanduidingen op de rand van de kaart na of de hele kaart ook ongeveer 10 keer zo groot is als de kaart van het NCP.

8. Deel I Watersysteem

8.1 Watersysteem (pagina 11)

Dit is een overzicht met de belangrijke samenhangen in het watersysteem

- a. Wat hoort er allemaal bij een **watersysteem**?
- b. Onder invloed van bepaalde ontstaansvoorwaarden ontstaan steeds andere levensgemeenschappen. Noem de diverse ontstaansvoorwaarden.

Practicum

- c. Bedenk wat je met een aquarium of een grote petrischaal zou kunnen simuleren aan watersystemen. Bedenk daarbij wat de variabelen kunnen zijn. Voer zo mogelijk uit wat je bedacht hebt.

Onderzoeksvraag

- d. Breng een bezoek aan een aquarium van een dierentuin. Laat je voorlichten. Stel vooraf vragen op. Maak een logisch verslag met zinvolle aanvullingen van internet.

8.2 Stroming

Een fles flessenpost zou met een samengestelde beweging langs onze kust gaan van België richting Noorwegen. Onder invloed van welke twee stromen? Geef de naam van de resultante van deze beide stromen.

8.3 Golven

- a. Gaan in ondiepten golven sneller of minder snel? Hoe kan een golf zichzelf inhalen?

Practicum

- b. Bouw een “mini”waterloopkundig laboratorium in een aquariumbak. Hoe maak je de golven? Probeer een branding te simuleren op basis van wat hierboven staat.

8.4 Golven en stroming

Door rust bezinkt een suspensie. Roeren heeft de tegenovergestelde werking.

- a. Noem twee oorzaken van “roeren” in de Noordzee.
b. Op welke plaatsen vindt relatief veel sedimentatie plaats en waarom daar?

Practicum

- c. Bouw een ander miniwaterloopkundig laboratorium. Probeer nu sedimentatie te doen plaatsvinden op basis van wat hierboven staat.

8.5 Stoffen

- a. Wordt hier chemische of mechanische verwerking bedoeld? Leg uit in drie stappen.
b. Het woord polychloorbifenylen bevat vier delen. Wat betekenen die vier delen? Zie zo nodig de structuurformule via Afbeeldingen van Google

Onderzoeksvraag

- c. Een van de bekendste oorzaken van PCB's in het milieu is de ramp in Seveso. Dioxine kwam ook vrij in Bhopal in India. Agent Orange werd gebruikt in Vietnam. Zoek over deze zaken informatie zoals: Wat zijn de gevaren? Hoe kon het gebeuren? Wat zijn de verbanden tussen PCB's en de andere op pagina 11 in verband hiermee genoemde stoffen?

8.6 Leven

Noem naast vissen enige andere vormen van leven in de Noordzee?

8.7 Geografie (pagina 12)

Er ontbreekt een legenda op de kaart. Zet de gearceerde kleuren op volgorde van toenemende diepte. Zie de tekst.

8.8 Kustzone (pagina 13)

- a. Er worden op deze pagina drie definities van kustzone ingevoerd. Geef deze definities in het kort en zeg wat de meest stabiele grens is.
- b. Zwevend stof zakt uiteindelijk naar de bodem. Opgeloste stof niet. Zijn er plaatsen waar er meer zwevend stof aanwezig is dan dat er stof in het water is opgelost? Licht toe met de legenda's.

8.9 Monitoring MWLT (pagina 14)

- a. Hoe moet je "lands" opvatten in MWTL?
- b. Geef de drie doelen van Monitoring

Onderzoeksvraag

- c. Ga met de app van ►URL2 na wat er voor nieuws is op deze gebieden van Normhandhaving, Trendvaststelling en Beleidseffecten. Verplaats je in de rol van normhandhaver of beleidsmedewerker Rijkswaterstaat of in de rol van Tweede-Kamerlid.
- d. Fysische metingen hebben drie doelen. 1: kustverdediging; 2: bevaarbaarheid; 3: klimaatonderzoek. Wat voor soort metingen doet men daartoe? Noem er bij ieder doel één.
- e. Als je op de kaart van deze pagina de spreiding bekijkt van de fysische metingen, herken je doel 1 en 2. Leg uit hoe.
- f. Waarom worden de metingen van doel 3 zo v^ér mogelijk van de kusten uitgevoerd?

Onderzoeksvraag

- g. De temperatuurmeting moet niet beïnvloed worden door stromen. Zoek de kaart in de atlas waarmee je dit kunt verifiëren.
- h. Bedenk een voorbeeld naar onderzoek van ecologisch functioneren waar economische behoefte aan zal bestaan.

8.10 Frequentie lodingen (pagina 15)

- a. Je ziet door de verschillen in frequenties van lodingen meteen ook de vaarroutes afgetekend. Controleer of in de vaarroute zelf altijd vaker gelood wordt dan ernaast

Practicum

- b. Verbind een slang met een toongenerator. Bevestig aan de andere kant van de slang (eventueel een trechter en) een plastic folie. Ga daarmee in een waterbak na, of je door de echo kunt horen of je het folie dichtbij dan wel ver van de bodem houdt. En ga na of een baksteen onder in de bak te

detecteren is met het geluid. En ga na of een vlakke harde bodem anders klinkt dan een bodem met iets zachts erop.

- c. Waarom zijn er steeds dubbele vaarroutes?
- d. Van waar naar waar gaat de violet gekleurde vaarroute die vrijwel oost-west loopt?
- e. De term hydrografie komt een aantal malen voor in de tekst. Wat zal **hydrografie** zijn? Noem twee zaken.
- f. Wat maakt een hoge ladingfrequentie noodzakelijk? Noem drie zaken.

Onderzoeksvraag

- g. Zie pagina 16. Maak een verticale doorsnede door de zeebodem van de noordpunt van het NCP naar de noordpunt van Texel.

Onderzoeksvraag

- h. Per 1 augustus 2013 zijn de nieuwe vaarroutes op de Noordzee ingegaan. Ga na in hoeverre de kaart van pagina 15 en/of 58 en/of 59 veranderd zijn en of je na kunt gaan waarom. Een van de redenen schijnt te zijn de aan te leggen windmolenparken. Kijk op pagina 62 of je wat aan die pagina in dit verband hebt, of dat je kaarten op internet met nadere plannen of reeds gerealiseerde plannen nodig hebt. Wat lijkt je logischer: de vaarroutes aanpassen aan de (plannen van) de windmolenparken of andersom? Zoek op internet naar ook de andere redenen voor wijzigingen van routing.
- i. Schuivend landijs vormde de Klaverbank. Het steenmateriaal dat op de Klaverbank werd achtergelaten is veel grover dan het materiaal er omheen. Zie de kaart op pagina 12 en bedenk een verklaring.

Practicum

- j. Bedenk een eenvoudige proef om te demonstreren dat bij het van het ijs over het land het grove materiaal mee naar voren wordt geschoven het fijnere materiaal onderweg blijft liggen.

Onderzoeksvraag

- k. Het landijs van het noordelijk poolgebied reikte ooit tot in de noordelijke Noordzee en was zelfs bij ons op het vaste land. Er is toen keileem afgezet tot minstens Markelo (Overijssel), waar een grote keileemgroeve is. Ga na wat morenes zijn en eindmorenes. Ga na wat de oorzaken waren van de ijstijden. Is een komende ijstijd een serieus argument om blij te zijn met het versterkte broeikaseffect? Raadpleeg zo nodig ►Big History.

8.11 Geomorfologie (pagina 17)

- a. Wat is **geomorfologie**?

Onderzoeksvraag

- b. Wat zijn de verschillen en overeenkomsten tussen zandbanken, zandgolven en de onderwateroever?
- c. De **onderwateroever** begint vaak bij -20 meter. Kijk in de legenda wat de helling is van de onderwateroever. Door deze gegevens te combineren kun je de breedte van de onderwateroever berekenen. Controleer op de kaart of het klopt.
- d. - 20 meter diepte is ook een criterium voor wat anders. Waarvoor? Noem het nummer van de pagina waar het te vinden is.
- e. De richting waarin de zandbanken zich uitstrekken wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de stroomrichting. Zoek een kaart die dit bevestigt.

8.12 Sediment (pagina 18)

- a. Sedatie is het tot rust brengen van een patiënt. Welk verband is er tussen het woord **sedimenten** en sedatie?
- b. Zet in de juiste volgorde van grof naar fijn: zand; klei; grind; leem; stenen; silt; slib.
- c. Er is een overeenkomst tussen beide kaarten op deze pagina. Zie ook beide legenda's.
- d. Hoe groot is een zandkorreltje ongeveer? Bereken de grootste korrelgrootte om naar mm. Wat is je conclusie?
- e. Waarom neemt de korrelgrootte van zuid naar noord af?
- f. Geef een ander woord voor mineraal dat in de scheikunde meer gebruikelijk is.

Practicum

- g. Bedenk een proef om de korrelgrootte in een suspensie vast te stellen. Je kunt denken aan benodigdheden als: microscoop, balans, filter, brander, etc.

Practicum

- h. Je kunt voor het bestuderen van het effect van diverse korrelgroottes weer een ander miniwaterloopkundig laboratorium bouwen, maar handiger is het na een fikse regenbui de gevolgen daarvan te bestuderen. In de goten kun je stromingspatronen vinden van zand vlak bij de putten. In tuintjes kun je zien dat in de wat lagere delen zwarte grond is neergeslagen. Ook in bossen en op zandpaden zie je dat. Ga in de praktijk na of dat allemaal iets met korrelgrootte te maken heeft en zo ja wat. Probeer ook een verklaring te vinden voor de "zandgolven" vlak bij de instroom van de putten. Ga na of deze zandgolven overeenkomen met het begrip zandgolven dat in de hydrografie gehanteerd wordt. Zie ook pagina 17.

8.13 Reststromen, watermassa's en fronten (pagina 19)

- a. Het verversen van de Noordzee duurt één tot drie jaar. Dat doet de stroom vanuit het Kanaal tot de Noorse kust. Bereken op basis van deze gegevens en van de schaal onder aan de kaart of deze stroom in dezelfde grootteorde ligt als de **reststroom** die enkele cm per seconde bedraagt.

Practicum

- b. Om een idee te krijgen van de snelheid van de reststroom, beeld je deze snelheid met je vinger uit of door met die snelheid te gaan lopen. Een normale loopsnelheid is 5 km/uur. Of je gaat van bewegende stukken speelgoed of beesten zoals een mier na welke een snelheid heeft die het dichtst bij die van de reststroom ligt.

Practicum

- c. Bepaal van een beekje of een ander stromend water wat de stroomsnelheid ervan is. Of: van een stilstaand water de snelheid van het effect van de wind op een drijvend voorwerp.

Onderzoeksvraag

- d. Hoe komt het dat de vloedstroom sterker is dan de ebstroom?
- e. Naast gewone fronten kunnen zich horizontale **fronten** (door **stratificatie** = scheiding) vormen door dichtheidsverschillen. Je hebt daarbij temperatuurstratificatie en zoutstratificatie. Leg uit welke lagen hierbij de bovenste laag vormen.

Practicum

- f. Demonstreer horizontale fronten. Kleur een hoeveelheid heet water rood en een hoeveelheid koud water blauw. Giet in een kleine aquariumbak eerst het hete water en giet dan door een buis die tot op de bodem van het aquarium reikt het koude water zodat het niet mengt. Andere groepen doen het precies andersom en/of gebruiken zout en zout water. Verklaar wat je ziet en geef de resultaten aan elkaar door.

8.14 Getijverschil (pagina 20)

- a. *Verschil gLLWS t.o.v. MSL in m.* staat er in de legenda. Leg uit waarom dit in de afgesloten armen van het Deltaplan 0 - 0,5 m is.

Onderzoeksvraag

- b. Zoek uit wat een reductievlak is. Zoek uit wat het verschil is tussen gLLWS en LAT is en hoe beiden worden vastgesteld. Zoek uit waardoor het verschil 1 à 2 dm is en wat het veiligste systeem is. Zoek uit wat MSL is en hoe het wordt vastgesteld.
- c. Je overweegt twee modellen voor de simulatie van de getijden in de Noordzee. Ten eerste een soort trommelvlies: de meeste getijdenwerking is in het midden. Ten tweede een soort papje dat op een horlogeglas zit en dat tot ongeveer halverwege de

rand reikt. Het papje is gemengd met ijzerpoeder om het magnetisch te maken. Als je er een sterke magneet boven houdt, komt het papje het makkelijkst omhoog bij de randen. Welk van beide is het juiste model?

Practicum

- d. Probeer het juiste model uit.

8.15 Getijstroming (pagina 21)

- a. Onder aan de pagina staat: Een noordwestenwind veroorzaakt een zuidoostelijk ten zuiden gaande stroom. Maak in een tekening duidelijk dat een NW wind een ZO stroming zal veroorzaken als er geen afwijking zou zijn.
- b. Leg door de tekening uit te breiden uit wat “ruimen” is.
- c. In de kaarten staan de getijstromen uitgezet op de volgende tijden: bij HW - 6, bij HW - 3, bij HW en bij HW + 3. Lees op deze tijden de stroomsterkten af voor de kust bij IJmuiden. Neem steeds het gemiddelde van de twee getallen die in de legenda staan. Bijvoorbeeld: 0,6 - 1,0 lees je af als 0,8.
- d. Zet de afgelezen waarden (y-as) uit tegen de tijd (x-as). Verbind deze waarden tot een grafiek. Bedenk daarbij dat de grafiek iets van een sinusoïde zal moeten zijn met een periode van ongeveer 12 uur.

Onderzoeksvraag

- e. Ga na waarom en in hoeverre de grafiek een sinusoïde zal zijn en waarom de periode niet exact 12 uur is en hoeveel de periode wel exact is. Zie ►URL7.

Onderzoeksvraag

- f. De vloed wordt vooral veroorzaakt door de aantrekking van de maan. Als de maan aan de andere kant van de aarde staat is, er hier toch vloed. Ga na waarom dat zo is. Zie ►URL7.

8.16 Wind (pagina 22)

Onderzoeksvraag

- a. De primaire oorzaak van de winden op de Noordzee zijn het hogedrukgebied op de Azoren en het laag tussen IJsland en Groenland. Het hoog wordt (indirect) veroorzaakt door de instraling van de zon op de evenaar; het laag uiteindelijk ook. Ga na met een afbeelding hoe dit werkt. Hadleycel en Ferrellcel zijn effectieve zoekwoorden.
- b. Op basis van het hoog en het laag zou je een zuidenwind verwachten, maar hij wijkt af zodat het een zuidwestenwind wordt. Waardoor wordt deze afwijking veroorzaakt?

Practicum

- c. Demonstreer de coriolisbeweging. Zie de animatie *Biljartbal op een draaiende tafel* op ►Wikipedia, ►URL8, bij

corioliseffect. Voer iets dergelijks uit. Komen bij deze demo echt corioliskrachten van pas of is er sprake van een min of meer toevallige gelijkenis en is er geen oorzakelijk verband?

- d. De winden zijn op de kaart als **vectoren** aangegeven. Vectoren hebben een richting en een kracht. De verschillende krachten zijn gesymboliseerd door de lengte van de pijlen. Zie de legenda. Volgens de tekst (laatste alinea) betreft het jaargemiddelden. Deze jaargemiddelden kunnen door de diverse pijlgroepen onmogelijk zijn weergegeven. Waarom niet? Geef twee argumenten.
- e. Vectoren kun je vectorisch optellen. Tel de pijlduo's linksboven vectorisch op. Waarom geeft het resultaat niet het door de tekenaar bedoelde jaargemiddelde?

Onderzoeksvraag

- f. Schrijf een brief aan de voor het tekenen van de kaart verantwoordelijke persoon en kom in die brief met wijzigingsvoorstellen. Overleg met je docent of je de brief echt zult opsturen. Zie ►URL2.

8.17 Chemisch: cadmium, chroom, koper, lood en zink (pagina 23 tot en met 27)

Onderzoeksvraag

- a. Zware metalen hebben een negatieve bijklank vanwege hun giftigheid. Ga na welke metalen van cadmium, chroom, koper en zink tot de zware metalen behoren. Geef aan wat de mogelijke grenzen zijn tussen de zware en niet-zware metalen. Ga na of de negatieve bijklank terecht is. Ga na of de giftigheid van de zware metalen van deze vier metalen hoger is dan de niet-zware. Bekijk verhalen in de pers over de giftigheid van de zware metalen.
- b. Zullen deze elementen als metaal of als ionen in het zeewater vóórkomen? Leg uit. Betrek in je uitleg ook de het tekstdeel: "... concentraties in het oppervlakesediment ...". Geef een argument voor ionen en een argument voor metaal.
- c. Welke van deze elementen komen in voor onvervuild zeewater? Zie ►Binas tabel 64A.
- d. Zie ►Wikipedia **ADH** (Aanbevolen Dagelijkse Hoeveelheid) van mineralen. Welke van deze elementen moeten in je voedsel voor te komen? Geef aan wat de ADH-waarden zijn. Zet deze waarden op volgorde, van laag naar hoog.
- e. Bekijk de volgende twee stellingen: 1. De metalen die niet in ons voedsel mogen voorkomen hebben een lage **VR**-norm. (Verwaarloosbaar Risico) 2. De VR-normen van de metalen die wel in ons voedsel zitten zijn des te hoger naarmate hun ADH hoger is. Ga na of deze stellingen juist zijn.

- f. Cadmium zit in sigarettenrook, uitlaatgassen en andere rookgassen. Hoe kan het toch in de zee komen?
- g. CuSO_4 wordt als groeibevorderend middel voor varkens gebruikt. Het kan dus in ons eten zitten. Hoe erg is dat?
- h. Dakgoten zijn tegenwoordig van zink in plaats van lood. Is deze maatregel een vooruitgang?

Onderzoeksvraag

- i. Ga van één van de genoemde cadmiumbronnen naar keuze na waarom daar cadmium in zit. Zelfde vraag voor lood in kleurstof en voor zink in het verkeer en vervoer. Verdeel de bronnen over evenzoveel groepjes in de klas.

8.18 Chemisch: HCB's en PCB's (pagina 28 en 29)

Onderzoeksvraag

- a. Waar komen deze verontreinigingen (inclusief lindaan) vandaan? Hoe hardnekkig zijn ze? Hoe oud zijn ze? Zijn ze (nog) verboden? Wat is de giftige werking? Werken de verboden? Hoelang duurt het voor ze afgebroken zijn? Ligt er nog een "vervuilingtijdbom" te wachten? Werk arbeidsverdelend.
- b. HCB betekent hexachloorbenzeen. In de tekst staat HCB's, alsof er meerdere **isomeren** van HCB bestaan die recht hebben op de naam HCB. Leg uit waarom dat niet waar kan zijn.
- c. Lindaan is volgens pagina 28 hexachloorbenzeen maar volgens ►Wikipedia hexachloorhexaan. Leg uit dat hier wel mogelijkheid is tot isomerie.
- d. Maar de naam lindaan slaat alleen op 1,2,3,4,5,6-hexachloorhexaan. Je hebt α -lindaan, β -lindaan en γ -lindaan. Leg uit dat als de zes Cl-atomen regelmatig verdeeld zijn over de zes C-atomen (zoals de tweede genoemde naam aangeeft), er toch nog (ruimtelijke) isomerie mogelijk is.

Onderzoeksvraag

- e. Schrijf een brief aan de voor dit deel van de tekst verantwoordelijke persoon en kom in die brief met wijzigingsvoorstellen. Overleg met je docent of je de brief echt zult opsturen. Zie ►URL2. Het kan zijn dat hierin de fout al verbeterd is.
- f. Een algemene formule voor PCB's polychloorbifenylen is $\text{C}_6\text{H}_6 - \text{Cl}_x\text{C}_6\text{H}_{6-y}\text{Cl}_y$, waarin fenylen benzeenringen zijn. Kan, gezien de naam, $x = 1$ zijn en $y = 0$ (of $x = 0$ en $y = 1$)? Leg uit.
- g. Er zijn 209 PCB's. Dit aantal isomeren kan op twee verschillende manieren ontstaan. Bedenk deze manieren en beschrijf ze.

Onderzoeksvraag

- h. Probeer op papier na te gaan of het aantal isomeren van 209 PCB's klopt. Werk arbeidsverdelend. Maak goede afspraken om te voorkomen dat diverse werkgroepen dezelfde isomeren krijgen.

Practicum

- i. Ga praktisch na of het aantal isomeren 209 is. Knip uit een stuk stevig karton de vorm van bifenyl. Markeer de C-atomen eenduidig. Geef ze nummers (dat mag je doen volgens internationale afspraken, of je doet het volgens een zelf te bedenken eenduidig systeem). Knip (maximaal 10) Cl-atomen uit met een andere kleur dan het karton. De Cl-atomen zitten niet op of onder de zeshoek, maar eraan. Dus er is geen onderscheid van boven en onder. Zet de Cl-atomen aan het karton vast door inknippen in het karton en in de Cl-atomen. Dan komen de Cl-atomen loodrecht t.o.v. het karton eraan te zitten. Door draaien (hoe dan ook) blijken veel isomeren hetzelfde te zijn. Tel deze niet dubbel! Verdeel het werk over de klas. Bijvoorbeeld via de diverse waarden voor x en y. Pas ook hier op dat je niet dubbelt!! Het veranderen van $x = 2$ en $y = 4$ in $x = 4$ en $y = 2$ levert niets nieuws op. Controleer bij twijfel door allerlei manieren van draaien of jouw isomeer niet toch hetzelfde is als een van een ander groepje. Als je met z'n allen geen unieke manier van beschrijven kunt vinden om de isomeren te onderscheiden, kun je in twijfelgevallen foto's maken.

8.19 Chemisch: PAK's en minerale olie (pagina 30 en 31)

Onderzoeksvraag

- a. De vervuiling door PAK's en minerale olie is kwantitatief veel groter dan die door zware metalen en PCB's etc. Ga na of PAK's en minerale oliën dienovereenkomstig minder giftig zijn. Ga na in hoeverre jij, direct en vooral indirect, een aandeel hebt in deze vervuiling en hoe je dit aandeel zou kunnen verminderen.

Practicum

- b. Pagina 30 einde eerste alinea: Ze lossen slecht op in water en blijven aan deeltjes in het water kleven. Dit kun je als volgt demonstreren: Doe in een klein bekerglaasje of medicijnglaasje een laag water en schenk er een aaneengesloten laag slaolie op. Houdt daarbij het glas met water scheef en laat de olie er voorzichtig op "glijden" om mengen te voorkómen. Strooi ongeveer in het midden een hoeveelheid zout. Het zout zakt naar de bodem. Kijk wat er gebeurt en verklaar het. Je kunt de proef eindeloos herhalen. Het eerste deel kan dus al door iemand anders uitgevoerd zijn.

- c. Bij een oliecalamiteit zuigt men de laag drijvende olie weg. Drijvende olie is namelijk gevaarlijker voor watervogels dan zinkende olie: daar is geen contact met de olie mogelijk. Ook een in water oplosbaar oliebestanddeel vormt geen gevaar voor vogels. Leg uit waarom een oplosbaar oliebestanddeel in het vet tussen de veren *niet* zal oplossen.

8.20 Chemisch: zoutgehalte (pagina 32 en 33)

- a. Bekijk de volgende hypothese voor het zout worden van de zee: Vroeger waren de rivieren veel zouter. Geef argumenten voor deze hypothese.
- b. Bedenk een aanvullende hypothese voor het verschillend zoutgehalte van rivieren en de zee. Laat je inspireren door de rivier de Jordaan en de Dode Zee.
- c. Het lijkt erop dat de woorden *winter* en *zomer* in de kaarten op pagina 32 verwisseld zijn. Geef de tekstdelen waaruit dit blijkt kort weer en leg verder uit. Kijk of het in de digitale atlas ook zo is.
- d. In de tekst van pagina 33 staat het **debiet** van de Nieuwe Waterweg (1650 m³/s) aangegeven en van de Haringvlietsluizen. Deze beide zijn veel groter dan dat van bijvoorbeeld de Schelde. Leg uit waarom dat zo is.

8.21 Chemisch: zwevend stof en sedimentatie (pagina 34 tot en met 36, zie ook pagina 18 en 13)

Geef de verbanden tussen sediment, zwevend stof, wervelingen, golfslag, getijstroom, suspensie, bezinken en erosie, slib en korrelgrootte < 63 µm.

8.22 Chemisch: verspreiding rivierwater (pagina 37)

Volgens de tekst overbruggt het rijnwater de afstand van Hoek van Holland tot Texel in gemiddeld een maand tijd. Vergelijk deze snelheid met de reststroom (opdracht 8.13 a) die enkele cm/s bedraagt. Doe dit door een berekening en een redentie.

8.23 Biologisch: ecotopenkaart (pagina 38)

- a. Als je naar de legenda van deze kaart kijkt, zie je dat het een combinatie is van twee kaarten, waarmee ook duidelijk is dat het begrip *ecotoop* een combinatie is van de begrippen in deze twee kaarten. Noem de beide kaarten.
- b. Dit zijn niet de enige factoren (parameters, criteria) die een rol spelen in de bewoning van een **ecotoop**. Noem de vier andere, met zo mogelijk de pagina's.

8.24 Biologisch: bodemdieren (pagina 39)

- a. Waarom kun je aannemen dat er in slibrijk gebied (bruin, pagina 38) de biomassa macrobenthos groot (roodbruin pagina 39) is?

Onderzoeksvraag

- b. Zie de legenda van de kaart linksboven. Zoek op wat AFDW is.

8.25 Biologisch: spisulabanken (pagina 40)

Vissers zoeken naar bevisbare banken: veelal 4000-5000 ind./m². Volgens de kaart *dichtheid* op pagina 39 loopt deze dichtheid tot 34000 N/m². Een spisula is dus niet zo heel klein. Bereken welk oppervlak een individu inneemt en hoe zwaar hij zal zijn als hij kubisch zou zijn met dichtheid = 1 g/cm³. Bereken vervolgens de biomassa per m² en vergelijk deze met de kaart *biomassa* op pagina 39 linksboven.

8.26 Biologisch: haring (pagina 41)

- Op welk moment van de dag kun je het beste op haring vissen? Leg uit.
- Kennelijk varieert een aantal van de factoren van opdracht 8.23 met de seizoenen. Noem deze variërende factoren.
- Welk van de factoren van het vorige vraagonderdeel zal oorzaak zijn van de dagelijkse beweging van de haringen? Leg uit.

8.27 Biologisch: makreel en kabeljauw (pagina 42 en 43)

- Verklaar het wit in de eerste kaart van pagina 42.
- Verklaar de plaats van het wit in de kaarten op pagina 43.

8.28 Biologisch: schol en tong (pagina 44 en 45)

- Hoe waarschijnlijk is het dat er een of meer “scholleneitjeseters” bestaan?
- Welke soort voedsel eten de schol en de tong waarschijnlijk gezien hun habitat?

Onderzoeksvraag

- De blauwe vierkantjes lijken een tekenfout. Je ziet ze ook niet terug in de legenda. En *nul* wordt er ook niet mee bedoeld. Als je wilt, kun je hierover informatie vragen bij de tekenaar. Sluit je aan bij de groep die al contact opneemt, als je docent vindt dat je de mail echt kunt verzenden. Zie opdracht 8.16 en 8.18
- Tong is een asymmetrisch gekleurde vis. Leg uit wat dit met evolutie te maken kan hebben.
- Welk van de factoren van opdracht 8.23 wordt beïnvloed door de boomkorvisserij?
- Denk je dat de vissoort tong een zwemblaas heeft?

8.29 Biologisch: Noordse stormvogel, drieteenmeeuw, alk en zeekoet (pagina 46, 47 en 48)

- De Noordse stormvogel wordt in de tekst een meesterzwever genoemd. Daarbij maakt hij gebruik van *thermie*. Breng dit in verband met de feiten dat hij 1. boven de wat diepere delen van de Noordzee te zien is en wel 2. voornamelijk in de nazomer en herfst.

- b. Drieteenmeeuwen eten kleine¹ *pelagische*² vissen die in scholen³ leven. 's Winters⁴ eten ze visafval. Bedenk verklaringen voor deze vier genummerde feiten.

Onderzoeksvraag

- c. Ga na hoe de zeekoet het “voor elkaar krijgt” 100 meter te duiken. Hoe komt het dat hij dan geen last van zijn ademhaling krijgt, dat hij dan geen levensbedreigende *longoverdrukverwonding* krijgt zoals menselijke duikers?

9. Deel II Gebruik

9.1 Overzicht (pagina 49)

Lees de pagina. Geef per relevante zin één woord dat de betreffende zin min of meer kenschetst.

9.2 NCP- en ICES-blokken (pagina 50 en 51)

- Wat is het verschil tussen exploratie en exploitatie?
- Een *NCP*-blok is circa 400 km² groot. Reken dit na aan de hand van blok A11.
- Inderdaad *circa* 400 km² dus. Maar misschien betekent *circa* ook dat *niet alle* blokken 400 km² zijn. (Afgezien van de blokken waar duidelijk een stuk “af” is.) Blok A11 is 9,9 mm breed. Meet hoe breed blok S2 in mm is. Verklaar de afwijking.
- De *ICES*-blokken zijn groter. Bereken hoeveel keer zo groot. Geef de berekening met vierkante graden.
- ICES- en NCP-blokken zijn dus niet even groot. Zijn ze onderling wel (altijd) gelijkvormig?

9.3 Zand- en schelpenwinning en baggerstort (pagina 52, zie ook pagina 40)

- Tegenwoordig graaft men voornamelijk zand af, bijna geen schelpen. Vroeger werden er veel meer schelpen gedolven en vond je zelfs kalkovens langs de kust. Waar delft men nu de fossiele resten van schelpdieren om er cement ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) van te maken? Leg uit.
- Waarom vindt men zandwingebieden redelijk dicht (maar niet al te dichtbij) bij de kust? Geef drie redenen.
- De schelpwingebieden hebben grillige vormen. Bedenk waarom.
- Leg verband tussen deze kaart en de kaart op pagina 40. Kijk met name naar de tussenruimtes tussen Texel en den Helder (Marsdiep) en tussen de diverse waddeneilanden onderling. Bedenk dat alleen de losse schelpen worden gewonnen en niet de schelpen met dieren er in.

9.4 Kabels, platforms en pijpleidingen (pagina 54 en 55)

- Wat is de betekenis van *umbilicus*? Breng die betekenis in verband met *umbilical kabels*.

- b. De waddeneilanden waren vroeger met kabels met de kust verbonden. Waarom nu vrijwel niet meer?
- c. Zie de kaart op pagina 54. Waarom zitten de rode lijnen niet aan elkaar?
- d. Op de waddenzee is maar één gasplatform en geen olieplatforms. Waarom?

9.5 Wrakken en archeologie (pagina 56 en 57)

- a. Zie pagina 56. Bij de ingangen van havens als die van Antwerpen, Rotterdam en Amsterdam en het Marsdiep bij Den Helder zijn grote concentraties driehoekjes op de kaart. Hoe kan dat, terwijl daar toch intensieve scheepvaart is? Geef twee redenen.
- b. Leg uit waarom een wrak door getijstromen begraven kan worden.

Onderzoeksvraag

- c. De driehoekjes kunnen ook archeologisch waardevolle verdwenen nederzettingen voorstellen. Stormen als de Sint Elisabethsvloed en termen als het Verdrongen Land van Saeftinghe doen vermoeden dat er hele stukken kust zijn weggeslagen en dorpen in de golven zijn verdwenen. Ook het tekstdeel: resten uit het Mesolithicum en de plekken waar deze resten volgens de kaart te vinden zouden zijn, kunnen tot de verbeelding spreken. Andersom hebben wij Nederlanders ons land op de zee bevochten. Ga na welke concrete aanwijzingen er voor al deze opties zijn.
- d. “100 wrakken Noordzee schoon” Naar: de Gelderlander 21-08-2013. Stichting *Duik de Noordzee Schoon* heeft in drie jaar en 175 duiken 10.000 kilo aan netten, kunstaas, lijnen en visserslood opgedoken... Ga na of deze bron van vervuiling op pagina 26 genoemd wordt.

9.6 Routing (deze is medio 2013 aangepast onder andere om ruimte te creëren voor windturbines; zie ►URL2) en scheepvaart (pagina 58 en 59, zie ook pagina 15, 71 en 72)

- a. Op pagina 58 staan met blauwe dunne strepen de **verkeersscheidingssystemen** aangegeven. Die strepen staan logischerwijs links en rechts van de vaarroute in de richting waarin in de schepen varen. Maar af en toe staan ze er loodrecht op. Bedenk daar een verklaring voor.
- b. Tussen de kaart op pagina 56 en die op pagina 59 rechts is een opmerkelijke overeenkomst. Welke? Leg uit waardoor die overeenkomst er is.

Onderzoeksvraag

- c. Op de routegebonden routes verwacht je één soort kleur van één bepaalde scheepsdichtheid per hele route, maar vrijwel op alle routes wisselen de kleuren zich af. Vreemd: een schip

lijkt zich onderweg telkens in tweeën te splitsen en weer terug. Probeer een oorzaak te vinden voor de afwisseling van de kleuren.

9.7 Meldingen verontreinigingen (pagina 60, zie ook de pagina's 23 tot en met 31)

- a. In de tekst staat dat er op grond van de waarneming een schatting wordt gemaakt van het volume van de geloosde *minerale olie*. Bedenk hoe jij dat zou doen.

Onderzoeksvraag

- b. Ga na wat de volgende waarnemingstechnieken inhouden: Side Looking Airborn Radar, multispectraalscanner
- c. Op de kaart zie je twee banen van verontreiniging: één langs de kust en de ander zo'n 70 km er vanaf. Bedenk hier twee mogelijke verklaringen voor.
- d. Waardoor is het mogelijk dat er (naast het overgrote deel onbekende verontreinigen) relatief veel dierlijke en plantaardige olie en minerale olie wordt aangetroffen?
- e. Dierlijke *olie*? De meeste dierlijke vetten zijn *vast*. Noem een dierlijke olie.

9.8 Boomkorvisserij (pagina 61, zie ook pagina 40 en 70)

- a. Zijn de vierkanten op de drie kaarten van pagina 61 en pagina 70 gelijk wat betreft plaats en grootte in graden? Leg uit.
- b. Beweerd wordt dat de scholboxen verboden gebied zijn voor grote schepen. Volgt dit ook uit de kaart(en) op pagina 61? Leg uit.

Onderzoeksvraag

- c. Zie pagina 70. Het lijkt erop dat de schollen zich aanpassen aan de bejaging door meer nageslacht te vormen. Ga na of dit bij meer dieren zo is. Ga na hoe dit binnen het organisme gestuurd wordt, dus hoe dieren de hoeveelheid van hun nageslacht bij kunnen houden en hoe zij maatregelen tegen uitroeiing kunnen nemen. Ga na of het ook bij mensen zo is: krijgen minderheden meer kinderen? Worden er in oorlogstijd meer jongens geboren? Krijgen derdewereldebewoners meer kinderen?

Onderzoeksvraag

- d. Rond 2013 is het verbod ingegaan van het terugstorten van bijvangst door *boomkors*schepen. Door het terugplaatsen van bijvangst werden vissen die van de bovenlaag van de waterkolom moeten leven in staat gesteld bodemdieren te eten. Wat kan hiervan het nadeel zijn?

Onderzoeksvraag

- e. De schelpensoort *mesheften* heet zo omdat ze op messenheften lijken. Ga na of ze vroeger inderdaad als messenheften gebruikt werden.

9.9 Windturbineparken (pagina 62)

Onderzoeksvraag

- a. Ga na welk deel van de totale energiebehoefte de toentertijd voor 2020 geplande 6000 MW is van de totale Nederlandse energiebehoefte van dat moment. Wat denk je van dit percentage? Hoeveel procent wordt nu al op het land door windmolens gerealiseerd? Ga na waarom men dat pas in 2020 (en niet vanaf nu) denkt te moeten realiseren. Ga na waarom sommige landen al veel verder met CO₂-besparende maatregelen zijn dan ons land. Zie ook pagina 55 en 71.

Onderzoeksvraag

- b. Ga na of in 2005 de betreffende parken inderdaad geplaatst zijn. Kijk op ►URL2.

Onderzoeksvraag

- c. Bewoners van strandhuisjes zijn bang dat hun uitzicht verpest wordt door windparken net buiten de 12-mijlszone. Probeer door berekening na gaan of dat waar kan zijn. Betrek in je berekening de kromming van de aarde en de hoogte van de windmolens, inclusief de lengte van een propeller. Zie ook punt 2 van Nota Ruimte op pagina 72.

9.10 Militair gebruik (pagina 63, zie ook pagina 71)

- a. Hoe kan de landmacht gebruik maken van de zee als oefenterrein?
- b. Als jij parlementariër was, welke bezwaren zou je dan aanvoeren tegen het storten van munitie in zee en welk alternatief zou je bieden?

10. Deel III Beleid en beheer

10.1 Verdeling Noordzee (pagina 65 en 66, zie ook pagina 8)

- a. Het continentaal plat is verdeeld over een aantal landen rond de Noordzee. Waar houdt een continentaal plat op?
- b. In hoeverre heeft Nederland rechten op het NCP?
- c. Wat zijn *aequidistantielijnen*?

10.2 Bestuurlijk-Juridische zones, Vogel- en habitatrichtlijn, Kaderrichtlijnwater (pagina 65, 67, 68 en 69)

- a. Welke instanties beheren de territoriale wateren?
- b. Met de beschermingszones (zie pagina 68) moet een ecologisch samenhangend netwerk gecreëerd worden. Volgens de Europese Commissie voldoet Nederland hieraan. Ben je het daar mee eens? Leg uit.

10.3 Mijnbouwregeling en PKB kaart Nota Ruimte (pagina 71 en 72, zie ook pagina 58)

- a. Op pagina 71 zijn zogenaamde restrictiegebieden in bruin aangegeven. Maar dezelfde gebieden zijn op pagina 58 in lila, dus als scheepvaartroutes aangegeven. Ook op pagina 72 zijn ze als scheepsvaartroute aangegeven. Geef hier een verklaring voor.
- b. De beweringen op de pagina's 65, 66 en 72 tav de soevereine rechten in de EEZ lijken elkaar tegen te spreken. Zoek uit of dat zo is.
- c. Het vijfde punt van de Nota Ruimte gaat het over beperkingen voor andere gebruikersfuncties. Op pagina 71 staat welke gebruiksfuncties en in het laatste punt van de Nota Ruimte nog een. Noem deze gebruiksfuncties.

3. Lessenserie Hydrografie Abiotische Factoren

In deze lessenserie ga je in op de volgende *abiotische factoren* die de primaire productie beïnvloeden.

- 1 Diepteverdeling Noordzee
- 2 Stromen
- 3 Licht
- 4 Voedingsstoffen (nutriënten)
- 5 Temperatuur
- 6 Toekomst

3.1 Diepteverdeling Noordzee

Om de diepteverdeling beter te kunnen begrijpen ga je naar de ontstaansgeschiedenis van de Noordzee kijken.

11. Geschiedenis Noordzee

Neem kennis van opdracht 8.10 j en zo mogelijk van 8.10 k en 8.10 l van hoofdstuk 1 Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas. Ga naar ►URL9 en lees hoe de Noordzee is gevormd onder het kopje “Geologie” en het kopje “IJstijden: droogvallende en onderlopende Noordzee” en beantwoord de volgende vragen daarover:

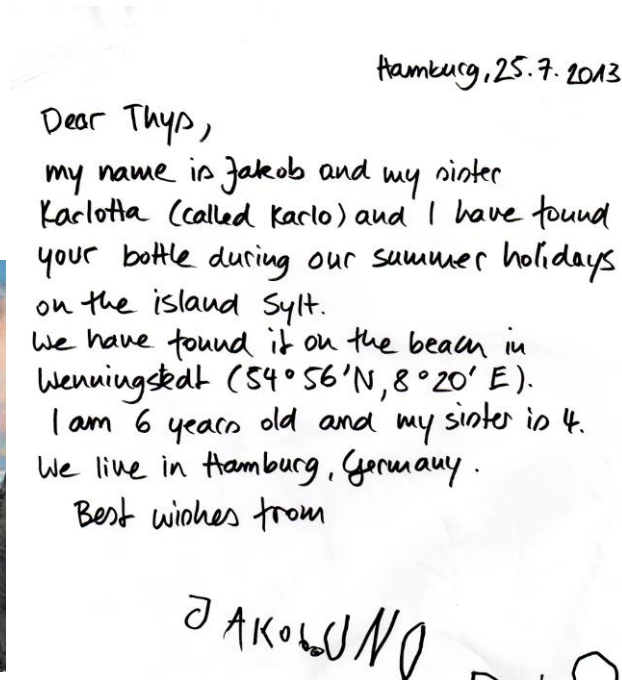
- a. Hoe oud is de Noordzee?
- b. Wat betekent Dogger?

Ga naar ►URL10.

- c. Waarom viel de Noordzee bij ieder glaciaal droog?



Figuur 7: Leven bij de Noordzee.



Figuur 8: brief gevonden flessenpost.

3.2 Stroom

Thijs (7 jaar) gaf een keer flessenpost mee aan zijn vader die als wetenschapper op het onderzoeksschip de Pelagia werkte. Hij wierp de fles op 6 mei 2013 op de noordpunt van het NCP (pagina 12) ten noorden van de Doggersbank in zee. De fles werd op 20 juli 2014 gevonden op het strand van het Duitse Waddenzee-eiland Sylt. Zie de brief van de vinder (figuur 8) voor de coördinaten van Sylt.

12. De kortste weg

Je gaat in onderdeel b van deze opdracht berekenen of de datum waarop de fles aangespoeld is, kan kloppen met de datum die je theoretisch kunt berekenen uit de coördinaten van zowel het startpunt als het aankomstpunt.

- Stel voor die berekening een plan op, maar voer de berekening nu nog niet uit. Neem de schaalbalk van de kaart op pagina 12 van de Noordzee-atlas op in je plan. Licht je plan waar nodig toe. Maak daarbij een tekening.
- Bereken nu de datum waarop de fles theoretisch op Sylt gearriveerd zou moeten zijn. Neem aan (zie pagina 19 van de Noordzee-atlas) dat de reststroom $3 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ bedraagt.
- Leg uit met behulp van pagina 19 van de Noordzee-atlas waarom de fles er veel langer over zou hebben kunnen doen.
- In feite heeft de fles er echter veel korter over gedaan: hij is op 25 juli gevonden en misschien heeft hij er al een tijdje gelegen voor hij gevonden werd. Bedenk wat de fles een hogere snelheid heeft kunnen geven dat dus kennelijk invloedrijker was dan de reststroom.

De stromen in de Noordzee

In de Noordzee heb je twee hoofdstromen: die vanuit het Kanaal en die vanuit het Noorden. De draairichting is meestal tegen de klok in.



Figuur 9: reststromen in de Noordzee.

13. Draairichting

- De richting waarin de watermassa's (en luchtmassa's) draaien wordt uiteindelijk bepaald door een effect dat je kent uit de aardrijkskunde. Geef de naam van dat effect.
- Wat is de diepere oorzaak van dit effect?

Door de richting van de hoofdstromen en de draairichting tegen de klok in worden de watermassa's uit de zuidelijke Noordzee in de richting van de Duitse Kust getransporteerd. Daar draaien de watermassa's rond en daarom is de verblijftijd van de watermassa's relatief lang. Anders gezegd de reststroom is plaatselijk vrijwel 0 (nul).

- Wat zou er gebeuren als de reststroom op die plekken helemaal nul was?

Vervolgens vindt er, deels via het Skagerrak, watertransport plaats richting de Noorse Geul.

De totale verblijftijd van het water in de Noordzee is tussen de 1 en de 3 jaar. Zie opdracht 8.13 a van hoofdstuk 1 Vragen bij de Noordzee-atlas.

De stroming en het transport van water is van groot belang voor de verdeling en sedimentatie van gesuspendeerd materiaal (zwevend

stof) en opgeloste voedingsstoffen (Zie de Noordzee-atlas pagina 19 en paragraaf 2.4 in deze lessenserie.)

3.3 Licht

Exponentiële afzwakking door absorptie

Als je steeds dieper in de zee afdaalt, wordt het steeds donkerder. Tot je op een bepaalde diepte geen hand meer voor ogen ziet. Dit komt onder andere door **absorptie**. Op 10 m diepte is nog maar 10% van het invallend licht over. Op 100 m diepte is dat nog maar 0,00075% en op 150 m diepte is het volgens ►Wikipedia zo donker als in een maanloze nacht. Andere bronnen vermelden dat dit voor veel organismen tot op een diepte van 600 m nog voldoende is. Deze organismen krijgen kennelijk hun licht van de sterren.

14. Exponentieel?

Je gaat kijken of bovenstaande gegevens overeenkomen met een exponentiële groei.

Een **exponentiële functie** ziet er als volgt uit $f(x) = B \cdot g^t$. Hierin is g de groeifactor.

- a. Is g voor de afzwakking groter of kleiner dan 1
- b. Hoe groot is g voor de eerste 10 m? Druk g uit in een getal per 10 m.
- c. Bereken op basis van deze g wat de hoeveelheid op 100 m zou zijn. Vergelijk de uitkomst met het werkelijke gegeven en trek je conclusie.

Op een gegeven moment is de diepte zo groot dat er voor de fotosynthese onvoldoende licht doordringt. De diepte waarin de **verbranding (respiratie)** en **fotosynthese ((primaire) productie)** juist elkaar in balans houden: de diepte waar nog juist voldoende zuurstof gemaakt kan worden om de verbranding door het **fytoplankton** (algen) in stand te houden, heet de compensatiediepte (voor zuurstof).

Andere afzwakkingsfactoren

Uit de beantwoording van opdracht 14 volgt dat er meerdere factoren een rol moeten spelen bij de afzwakking.

15. Andere factoren

- a. Leid uit figuur 11 af welke **kleur** die in het zonlicht vóórkomt de grootste g heeft zoals in opdracht 14 omschreven. Bekijk de volgende gegevens in de tabel van figuur 10.

Diepte (m)	Oceaanwater (% licht)	Kustwater (% licht)
0	100	100
1	35	27
2	28	17

10	9,5	1,2
20	3,7	0,06

Figuur 10: tabel invallend licht in water.

b. Bedenk twee mogelijke oorzaken voor de verschillen tussen oceaanwater en kustwater.

Er moet met kleur meer aan de hand zijn. De hemel is blauw. Schoon water is blauw. Als je iets ziet, moeten er lichtstralen in je oog vallen. Maar recht omhoog kijkend, valt er niets te zien dat licht uitzendt bij een heldere hemel.

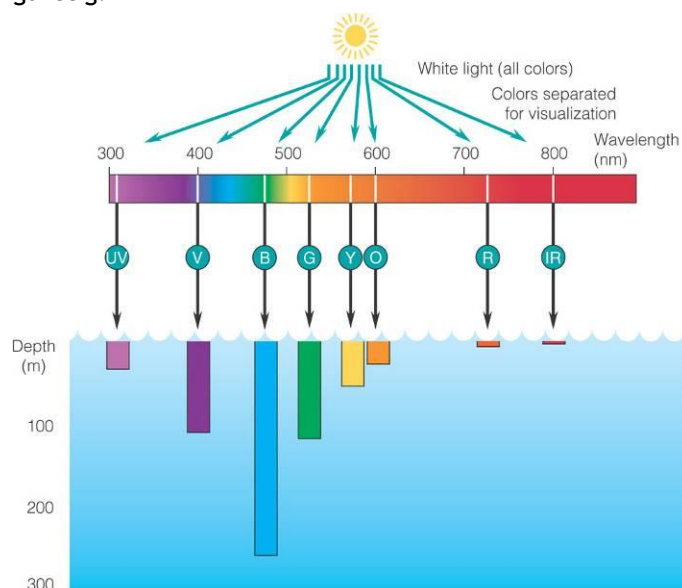
c. Waar komt dat licht vandaan? Noem de enige lichtbron die voor het blauw verantwoordelijk kan zijn.

Het blauw moet dus een omweg kunnen maken. Maar op de maan is de hemel zwart. Er moet dus op aarde een hulp zijn die de hemel blauw doet zijn.

d. Welke hulp moet dat zijn?

Dat licht in de lucht en in het water een omweg kan maken, noem je de **(Raleigh)verstrooiing**.

Niet in alle delen van de Noordzee is het lichtregiem zodanig dat de primaire productie even sterk bevorderd wordt. De noordelijke en de centrale delen van de Noordzee zijn hiervoor het meest gunstig.



© 2005 Brooks/Cole - Thomson

Figuur 11: lichtregiem tot 300 m diepte.

16. Opdracht over figuur 11

- Aan de Middellandse Zeekust wil een zwemmer door onder water te blijven zich beschermen tegen verbranding. Is dit een goed idee?
- Vergelijk figuur 11 met ►Binas tabel 71. Leg uit of in waterdieptes tussen 100 en 300 m meer bijvoorbeeld groenalgen vóórkomen of meer bijvoorbeeld blauwalgen.

Practicum

- c. Zoek informatie voor: de licht-donkerflesmethode: bepaling van primaire productie door fytoplankton (in een vijver)
Of voer de volgende vereenvoudigde proef uit.
Vul een bruine, een groene, een kleurloze en een ondoorlatend voor licht afgetapete fles half met vijverwater met dus fytoplankton en half met koolzuurhoudend mineraalwater. Maak een blanco met in plaats van vijverwater gewoon water. Zet de flessen, zonder dat er water uitloopt, op de kop in water en zet ze een week (zo nodig twee weken) weg in het licht. Stel vast hoe ver de wateroppervlakken gedaald zijn in de flessen. Verklaar de verschillen en overeenkomsten. Zet de flessen rechtop en toon met een gloeiende houtspaander aan in welke fles het zuurstofgehalte het hoogst is. Verklaar je resultaten.

Niet-loodrechte lichtinval

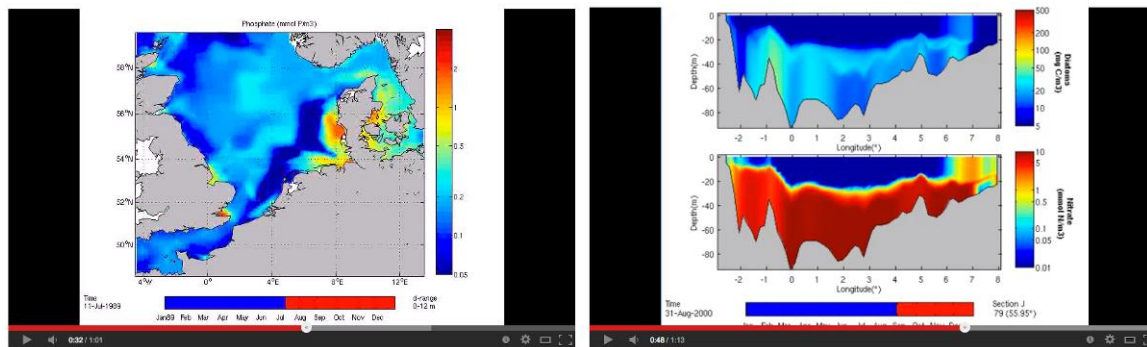
Hierboven heb je nog niet gekeken naar de invloed van de hoek die het licht met het water maakt.

17. Licht en water onder een hoek

- Waarom heeft schuin invallend licht minder effect op de algengroei.
 - Waarom verandert de hoek waarmee het zonlicht invalt gedurende een dag?
 - Waarom verandert die hoek gedurende een jaar?
- Als de hoek groter is dan een bepaalde grenshoek wordt het licht 100% gereflecteerd. Op dit principe berust de glasvezelkabel.
- Wanneer zal de reflectie groter zijn: bij een loodrechte inval of bij een hoek zodat het licht over het water scheert?
- Het licht wordt op de overgang lucht / water gebroken. De korte golflengten meer dan de lange.
- Heeft dat ook weer een blauwkleuring van het water ten gevolge? Leg uit.

3.4 Voedingsstoffen (nutriënten)

De concentratie voedingsstoffen in de Noordzee vertoont sterke regionale verschillen. Omdat de watermassa's uit de noordelijke Atlantische Oceaan relatief veel voedingsstoffen (**nutriënten**) bevatten, zijn de concentraties in de noordelijke Noordzee relatief hoog (Zie Noordzee-atlas pagina 19). In de zuidelijke Noordzee zijn de concentraties voedingsstoffen door de bijdrage van het rivierwater eveneens hoger dan in de rest van de Noordzee (zie Noordzee-atlas pagina 37).



Figuur 12: fosfaatverdeling horizontaal (links) en verticaal (rechts). Bron: YouTube

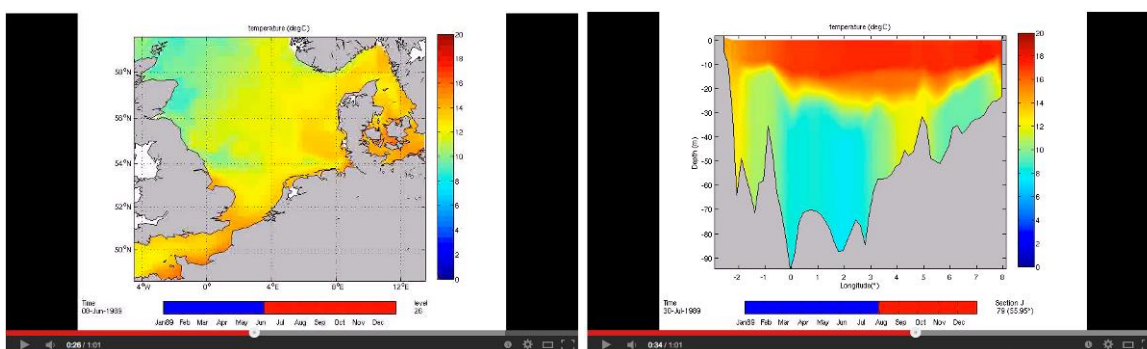
18. Concentraties

- a. Leg uit waarom tegen het einde van de winter de **concentraties** in alle gebieden het hoogst zijn..

De voedingsstoffen worden in het voorjaar en zomer gebruikt door het fytoplankton. Dat geldt vooral voor **nitraat** en **fosfaat**, omdat dit de belangrijkste voedingsstoffen voor het fytoplankton zijn.

Wetenschappers hebben een model ontwikkeld waarin het seizoensgebonden verloop van de fosfaat- en de nitraat-concentraties in de hele Noordzee gevolgd kunnen worden, zie ►URL11 en ►URL12. In figuur 12 zie je de verspreiding van fosfaat in het oppervlaktewater in de hele Noordzee in Juli. In het voorjaar is er sprake van een plotseling sterke toename van de hoeveelheid fytoplankton. Dit noemt men de fytoplanktonbloei.

- b. In een encyclopedie wordt deze bloei een plotselinge groei genoemd. Leg uit waarom toch het woord *bloei* hier gebruikt wordt.
- c. Leg uit of er in het begin van de fytoplanktonbloei een hoge dan wel een lage fosfaatconcentratie zal zijn.
- d. Leg uit of door de fytoplanktonbloei de fosfaatconcentratie zal toenemen dan wel afnemen.



Figuur 13: temperatuurverdeling horizontaal (links) en verticaal (rechts). Bron: YouTube

- e. Bekijk de film van fosfaat via ►URL12. Detecteer het begin van de planktonbloei. Leg uit.

In figuur 12 (rechts) zie je een dwarsdoorsnede van de fosfaatconcentratie op 56° NB. Je ziet daarin een plotselinge overgang in de fosfaatconcentratie op ca 20 m diepte. Dit wordt de **spronglaag** genoemd.

f. Stel een hypothese op voor deze scherpe overgang.

Practicum: demonstratie van de spronglaag

g. Vul een reageerbuis tot iets minder dan de helft met (zeer) zout water en giet er voorzichtig gewoon water bovenop. Volgens sommige duikers is de spronglaag als een vage rimpeling te zien en volgens anderen is hij niet te zien. Kijk of je een vage scheiding kunt zien tussen de beide lagen doordat ze niet dezelfde brekingsindex hebben. Misschien lukt het met een lampje. Laat dan een druppel inkt of methyleenblauwoplossing voorzichtig neer in de bovenlaag. Kijk of hij de spronglaag passeert.

3.5 Temperatuur

Ga naar ►URL13 voor een bewegende simulatie van de temperatuur door het jaar heen van het oppervlakte water in de Noordzee. Ga naar ►URL14 voor een soortgelijke simulatie langs een oost-west traject van Oost-Engeland tot Jutland ter hoogte van 56° NB. Figuur 13 (links) is een momentopname van het eerste filmpje. Figuur 13 (rechts) is een momentopname van het tweede filmpje.

19. Temperatuurontwikkeling

Zie figuur 13 (links). In het eerste filmpje zie je bij het begin van de lente het zuidelijke deel van de Noordzee oranje kleuren evenals de kusten, terwijl de rest van Noordzee nog achterblijft in temperatuur.

a. Geef een verklaring voor het vóórlopen van de temperatuur in de beide genoemde delen.

Figuur 13 (rechts) is een verticale doorsnede door de Noordzee ter hoogte van 63° NB. Aan de kleuren kun je zien dat in de diepere delen de temperatuur lager is.

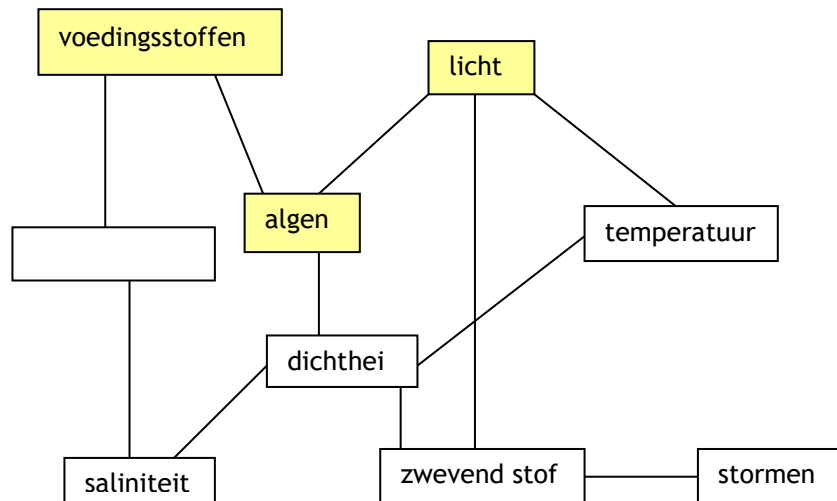
b. Geef hier een mogelijke verklaring voor.

De verandering van de temperatuur van diep naar minder diep is in bepaalde periodes van het jaar niet geleidelijk. Bijvoorbeeld in de lente. Zie figuur 13 (rechts).

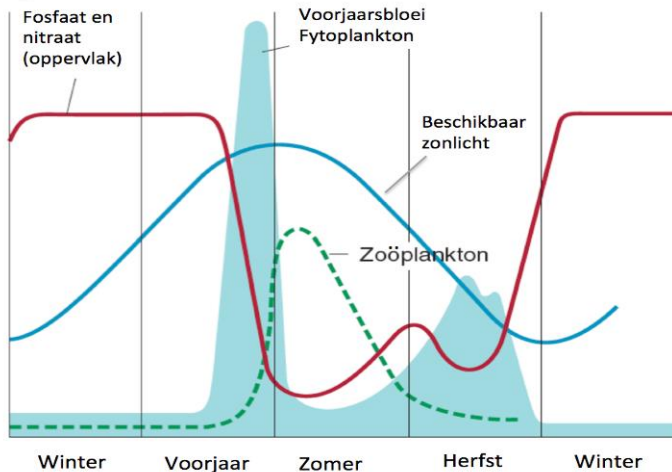
c. Geef twee hypothesen (mogelijke verklaring) voor de plotselinge overgang in temperatuur op ongeveer 20 meter diepte.

Samenvattend zijn in *mariene ecosystemen* de beschikbaarheid van voedingsstoffen en licht de meest belangrijke factoren voor de primaire productie. Ze zijn daarom in figuur 14 geel afgebeeld. Temperatuur en *saliniteit* (zoutgehalte) spelen een meer ondergeschikte rol.

Een conceptueel overzicht zie je in figuur 14 en 15.



Figuur 14: de onderlinge beïnvloeding van de factoren.



Figuur 15: samenhang abiotische en biotische factoren.

20. Vraag over figuur 15

- Verklaar aan de hand van figuur 15 de start van de fytoplanktonbloei in het voorjaar.
- Verklaar de afname van fosfaat en nitraat aan het einde van het voorjaar.
- Verklaar de afname van de algenbloei aan het begin van de zomer
- Verklaar de bloei van het fytoplankton in de herfst.

Zoals je ziet is de dynamiek van een ecosysteem afhankelijk van een groot aantal factoren. Wij hebben nog niet al deze factoren behandeld en we zullen daarom het rechtse deel van figuur 15 nog niet verklaren. In de lessenserie van hoofdstuk 3 Biologie zullen een aantal van deze factoren behandeld worden.

3.6 Toekomst

21. Doorsnede door de tijd

Je bent deze serie met de ontstaansgeschiedenis van de Noordzee begonnen. In figuur 16 en via ►URL15 zie je een langetermijntrend vanaf 1970 voor de watertemperatuur waaruit je een toekomstige waarde van de temperatuur zou kunnen afleiden.

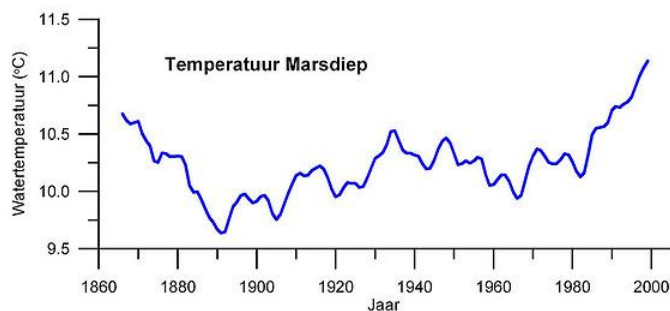
- Hoe heet het **voorspellen** van een waarde uit een grafiek buiten het meetgebied?
- Doe dit voor het jaar 2020.

Toekomst voorspellen is een projectie van het nabije verleden. In het verdere verleden was er een omgekeerde trend te zien (van ca 1860 tot ca 1880) in de temperatuurontwikkeling in het Marsdiep (zie figuur 16).

- “Voorspel” de temperatuur van dit jaar als deze trend zich had voortgezet.

Er heeft zich dus een trendbreuk voorgedaan. De meest voor de hand liggende oorzaak hiervan is eenzelfde trendbreuk in de gemiddelde luchttemperatuur in dit deel van ons continent.

- Als dat niet het geval was, bedenk dan een mogelijke andere oorzaak van de trendbreuk.



Figuur 16: langetermijntrend temperatuur Marsdiep. Bron: Kennislink

4. Lessenserie Biologie Noordzee

In deze lessenserie ga je in op de volgende onderwerpen:

- 1 Primaire productie vervolg (chlorofyl-a en andere fytopigmenten, secundaire microbiologische kringloop)
- 2 Lot organisch materiaal (bezinken, koppeling aan sediment, remineralisatie), horizontaal transport richting depositiegebieden (Friese Front, Duitse Bocht, Noorse Geul)
- 3 Zeezoogdieren, Vogels, Vissen
- 4 Silicaatafzetting, dinoflagellaten, red tides
- 5 Temperatuur
- 6 Toekomst

Vooraf

22. Hoe neemt een zeeonderzoeker monsters?

Ga naar ►URL16 en bekijk het filmpje over de CTD Rosette.

- a. 0:16 Waar staan de letters CTD voor?
- b. 0:48 -- 0:51 Vanaf de computer kan men de vaten sluiten met een muisklik. De man in het filmpje laat dat zien door op een knopje te drukken. Je hoort een knal bij het dichtklappen van het vat. Je kunt het fragment vaker zien door na de knal op het linker pijltje te drukken op je toetsenbord. Men wil voorkomen continu stroom te laten lopen bij het openhouden en gesloten houden van het vat. Alleen op het moment van sluiten activeert men een relais. Hoe blijft het vat open? Hoe sluit het vat? Hoe blijft het gesloten?
- c. 1:30 - 1:35 Waarom komen er geen luchtbellen uit de toch open vaten?

Ga nu naar ►URL17 en bekijk het filmpje over Multicorer.

- d. Verzamelt dit apparaat dezelfde soort monsters als het vorige apparaat?

4.1 Primaire productie vervolg

Aan het begin van elk voedselweb staan de primaire producenten. In mariene gebieden zijn dat voornamelijk eencellige algen. (5 groepen, zie figuur 17 en de tabel van figuur 18).



Figuur 17: eencellige algen.

	Kenmerk		<i>Fytopigmenten</i>
Cyanobacteriën	Fixeren stikstof	Autotroof	<i>Chlorofyl-a</i>
Diatomeeën	Skelet met Si	Autotroof	Chlorofyl-a
Dinoflagellaten	Skelet zonder Si	<i>Autotroof en heterotroof</i>	Chlorofyl-a
Groene Algen		...	Chlorofyl-a
Coccolithofooriden	Kalkvormende algen	...	Chlorofyl-a

Figuur 18: tabel met eencellige algen.

23. Eencellige algen (figuur 17 en 18)

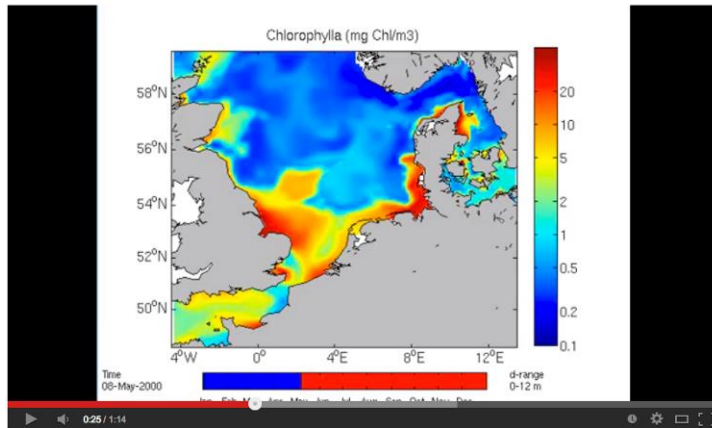
- Vul bij de in de tabel het juiste woord in en leg uit.
- Chlorofyl houdende algen kunnen onder zekere omstandigheden heterotroof zijn. Bedenk zo'n omstandigheid.
- Bekijk ►Binas tabel 72. Chlorofyl staat in Van Dale omschreven als bladgroen. Leg aan de hand van tabel 71 uit waarom chlorofyl-a groen is.
- Chlorofyl-a is een kleurstof die planten in staat stelt tot fotosynthese. Zal chlorofyl-b hiertoe ook in staat zijn? Leg uit.
- Uit de tabel van figuur 18 kun je opmaken dat (minstens sommige) bacteriën in staat zijn tot fotosynthese. Stel dat deze bacteriochlorofyl-d bevatten, wat kun je dan concluderen over het /de golflengtegebied(en) waarin absorptie plaats vindt welke tot fotosynthese leidt? Leg uit.
- “β-caroteen geeft de opgevangen energie aan chlorofyl door” zo is te lezen in ►Wikipedia. Leg uit dat β-caroteen zelf niet in staat is tot fotosynthese, maar wel energie opvangt waar chlorofyl niet toe in staat is.

24. Chlorofyl (figuur 19)

- Bekijk in figuur 19 de diverse waarden voor de concentratie van chlorofyl-a in mg.m^{-3} en beantwoord de volgende vragen:
- Waarom is de concentratie chlorofyl-a in de eenheid mg.m^{-3} terwijl voor de algen zelf de eenheid kg.m^{-3} wordt gebruikt?
- Wat zal meer waar zijn: de primaire productie is evenredig met de algenconcentratie of: de primaire productie is evenredig met de chlorofylconcentratie?
- Er zijn in figuur 19 gebieden te vinden waar de concentratie chlorofyl-a hoog is. Waardoor kan dit worden veroorzaakt? Noem meerdere mogelijke oorzaken.
- Wat kun je dus zeggen van de hoeveelheden algen per soort in die gebieden?

Bekijk het filmpje over chlorofyl-a van ►URL18. Gebruik de HTML5-speler.

- f. Breng wat je globaal ziet in de loop van de maanden in verband met figuur 22.
- g. Waarom loopt het filmpje vóór in de tijd langs de kusten? Geef drie redenen.



Figuur 19: concentratie chlorofyl. Bron: YouTube

4.2 Lot organisch materiaal

25. Remineralisatie

Nadat een fytoplanktondeeltje is afgestorven, zakt het naar de zeebodem en gaat daar deels deel uitmaken van de sedimenten.

- a. Van welke twee van de vijf in de tabel van figuur 18 genoemde soorten fytoplankton kun je vrij zeker vermoeden dat ze naar de bodem zullen zakken? Leg uit. Geef meerdere argumenten.
- b. In **remineralisatie** zie je het woord mineraal. Wat zijn mineralen?
- c. Nitraten zijn mineralen. Meervoud dus. Geef een voorbeeld van een nitraat.
- d. Verklaar het woord remineralisatie.
- e. Kalk blijft op de bodem liggen. Stikstofhoudende mineralen na remineralisatie niet. Leg uit waarom. Geef de nummers van de Binastabellen die je gebruikt.

Er worden veel meer stikstofhoudende nutriënten omgezet door de algen dan je op basis van de capaciteit van de “stikstofomzettingsfabriekjes” in de algen zou verwachten.

- f. Waar zetten deze fabriekjes van de algen de stikstofhoudende nutriënten in om?
- g. Bedenk een oorzaak voor de grote hoeveelheid omgezette stikstof die de capaciteit van de algen een aantal malen te boven gaat. Leg uit. Gebruik bij je uitleg het model van een brouwerij die per jaar 10.000 l bier produceert en verkoopt, maar daarvoor slechts 3000 flessen van 0,33 l gebruikt. Maak bij je uitleg een berekening.
- h. Wat gebeurt er met de geremineraliseerde nitraten? Noem twee dingen.

26. Opdrachten over fosfaat

26.1 Berekeningen

Twee berekeningen van het aantal malen gebruik van fosfaat. Voor de eerste berekening moet je weten hoeveel km² een ICES-box is.

- Bereken met behulp van kaart pagina 51 van de Noordzee-atlas hoeveel km² een ICES-box ongeveer is.

Er is 1450 ton fosfaat per ICES-box voorradig. Stel de oppervlakte van het totaal aan kustwateren waarover het fosfaat verspreid is, is 260.000 km².

- Bereken hoeveel ton fosfaat in het totaal van de kustwateren voorradig is.

In mariene algen komen de elementen koolstof, stikstof en fosfor stevast voor in de zogenaamde Redfieldverhouding. Deze is C : N : P = 106 : 16 : 1.

Deze **verhouding in het organisme** is vrijwel gelijk aan die in het **water rond** het organisme.

- Hoe “logisch” is dit? Put je uit in argumenten.

Om deze Redfieldverhouding te kunnen toepassen moet je eerst fosfaat naar P omrekenen.

- Reken het berekend aantal ton fosfaat om naar ton P.
- Bereken hoeveel ton C door deze berekende hoeveelheid P vastgelegd kan worden.

Gemiddeld mag ervan uit worden gegaan dat de primaire productie 100 g koolstof m⁻² jaar⁻¹ bedraagt.

- Bereken hoeveel ton C per jaar volgens dit gegeven door alle kustwateren samen wordt vastgelegd.

Er wordt door de kustwateren veel meer C vastgelegd dan je op basis van eenmalig gebruik van de voorradige P zou verwachten. Dit komt doordat P meerdere malen gebruikt wordt.

- Bereken hoe vaak P wordt gebruikt.

De tweede berekening: vanuit de tabel van figuur 20 is het aantal keer dat P gebruikt wordt ook te benaderen.

- Hoeveel keer moet er tussen de Nederlandse Kust en de Duitse Bocht geremineraleerd zijn volgens de tabel van figuur 20?

26.2 Model fosfaat

Om figuur 19 te bestuderen en beter te begrijpen ga je een model opstellen.

- Fosfaat heeft iets van een **katalysator** bij de primaire productie. Leg uit.
- De aanwezigheid van een katalysator is een reactiesnelheidsfactor. De **hoeveelheid** katalysator ook. Dan combineer je twee snelheidsfactoren: katalysator en grootte van het contactoppervlak (of concentratie als de katalysator opgelost is). Bedenk een proef om te demonstreren hoe de hoeveelheid katalysator de snelheid beïnvloedt.

Van de “katalysator” fosfaat raakt echter wat weg. Door de reststroom wordt 30% afgevoerd. Bovendien wordt 20% door de bodem opgenomen, waarbij een deel begraven wordt. Maar dit wordt goedge maakt door de aanvoer van fosfaathoudend rivierwater.

- c. Hoe wordt *begraven* in de aanhef van deze lessenserie genoemd?

Om de tabel van figuur 20 beter te begrijpen ga je een *model* opstellen: Fosfaat is geld. Het fosfaat in de continu voorbijkomende reststroom met rivierwater is je vaste salaris. Daarmee betaal je je levensonderhoud en heb je een huis gekocht.

- d. Wat stelt dit in de “fosfaatwerkelijkheid” voor?
- e. Een deel van je salaris zet je weg via de reststroom: op de bank. Het staat de volgende maand één remineralisatiecyclus en een waterkolom richting de Duitse Bocht verder, nog steeds op de bank. Je saldo groeit. Maar ondertussen ga je ook huis verkopen. Waarmee in de “fosfaatwerkelijkheid” komt dit overeen?
- f. Daar krijg je een hoop geld (fosfaat) voor terug. Dat gebruik je deels om lekker te eten en nog weer een (duurder) huis te kopen. Wat is er dus toegenomen in de werkelijkheid?

Maar een deel gaat weer op de bank, naar de volgende maand. Een paar maanden verder (in de Duitse Bocht) heeft zich dit een aantal malen herhaald en ben je zo rijk dat je er lustig op los leeft: je eet en koopt dure huizen: liefst 10 keer zoveel.

- g. Reken dit na vanuit de tabel van figuur 20.

Je verkoopt ook meer huizen.

- h. Waar blijkt dit uit in de tabel?

Je kapitaal (voorraad fosfaat) neemt toe, want je hebt niet alleen je salaris, maar ook je spaargeld en je verkoopopbrengsten. Het kan niet op...

- i. Hoe groot is je kapitaal dat op de bank staat?

Maar wat gebeurt er in de Noorse Geul? Je kapitaal wordt in een bodemloze put gestort: je kunt er niet meer bij. De Noordse geul is te diep (ca 700 m), zodat er een onoverbrugbare afstand komt tussen de voorraad P op de bodem en de primaire productie binnen zonsafstand onder het wateroppervlak. Hierdoor en om een andere reden is de reststroom fosfaatloos.

- j. Geef die andere reden. Leg uit met het model.

- k. Het Friese Front (deel van de Nederlandse kustwateren) de *Duitse Bocht, de Noorse geul* en de gebieden , vanuit de stroomrichting gekeken, hierachter worden *depositiegebieden* genoemd. Verklaar deze naam.

	Nederlandse Kust	Duitse bocht	Noorse geul
Primaire productie	100	1000	20
Horizontale verplaatsing	30 →	200 →	0
Remineralisatie	70	800	?
	Lot van organisch materiaal <i>Er is aan de Nederlandse Kust 100 g C door primaire productie vastgelegd. Na afsterven wordt 70 g geremineraliseerd, waarvan 50 g in de waterkolom, 20 g in de bodem (begraven). De overblijvende 30 g wordt zijwaarts afgevoerd door de reststroom richting Duitse Bocht.</i>		

Figuur 20: overzicht koolstofkringloop met reststroom en remineralisatie

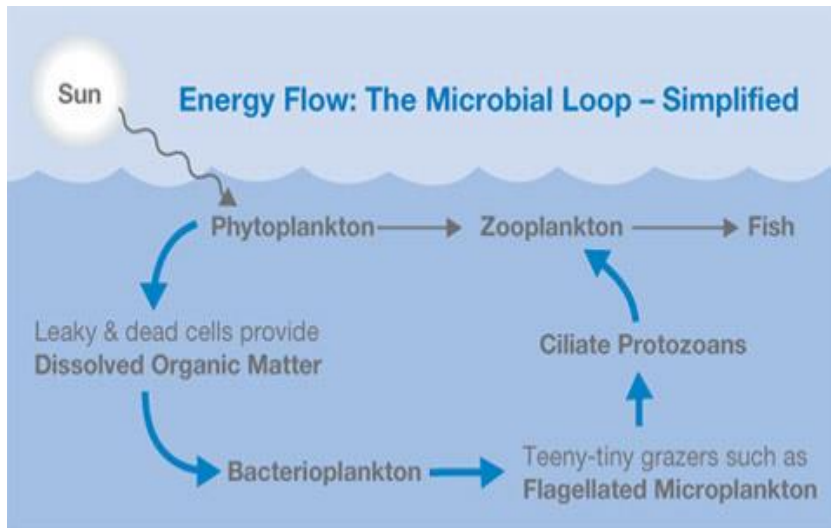
200-minutengrens

4.3 Zeezoogdieren, vogels, vissen

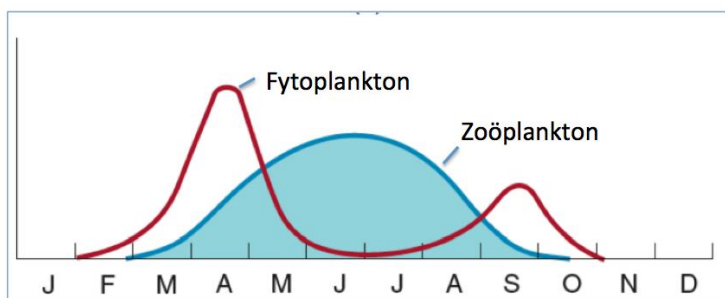
27. Opdracht over figuur 21

- Wat van de titel van deze paragraaf vind je terug in deze figuur?
- Wat van de vorige paragraaf vind je terug in figuur 21?
- Wat betekent **flagellated**? Zie wat er exclusief is in figuur 17 voor flagellaten of zoek op in een (on line) woordenboek. (Verwar daarbij flagellaten niet met flagellanten. Dit zijn mensen die zich tot bloedens toe op hun rug geselen.)
- Wat betekent een pijl in figuur 21 meestal? Vooral qua richting? Je kunt het op een aantal manieren zeggen.
- Een van de gekoppelde duo's pijlen betekent iets anders, namelijk: "produceert" en "consumeert dat product ". Waar staan die pijlen?
- Waar liggen in figuur 21 de grenzen tussen planten en dieren? Leg uit.
- Waar ligt de grens tussen autotroof en heterotroof? Leg uit.
- Hoe komen de ciliate protozoans aan hun silicium terwijl er alleen een pijl vanuit organismen zonder een bijzondere hoeveelheid silicium staat?
- De titel van figuur 21 is Energy Flow. Hoe komt vis aan zijn energie (uiteindelijk)?
- Dieren dragen tijdens hun leven deels bij aan de remineralisatiecyclus wat betreft P en N. Leg uit waarom. En leg uit waarom deels.
- Dieren dragen tijdens hun leven deels bij aan de remineralisatiecyclus wat betreft C. Leg uit waarom. En leg uit waarom deels.

- l. Breng figuur 22 in verband met figuur 21 wat betreft eten en gegeten worden.
- m. Breng figuur 22 in verband met figuur 21 wat betreft licht. Welke vorm zou de rode lijn hebben als er geen verstoring door *zoöplankton* was?
- n. Breid figuur 21 uit met de andere dieren genoemd in de titel van deze paragraaf 3.



Figuur 21: Energy Flow.



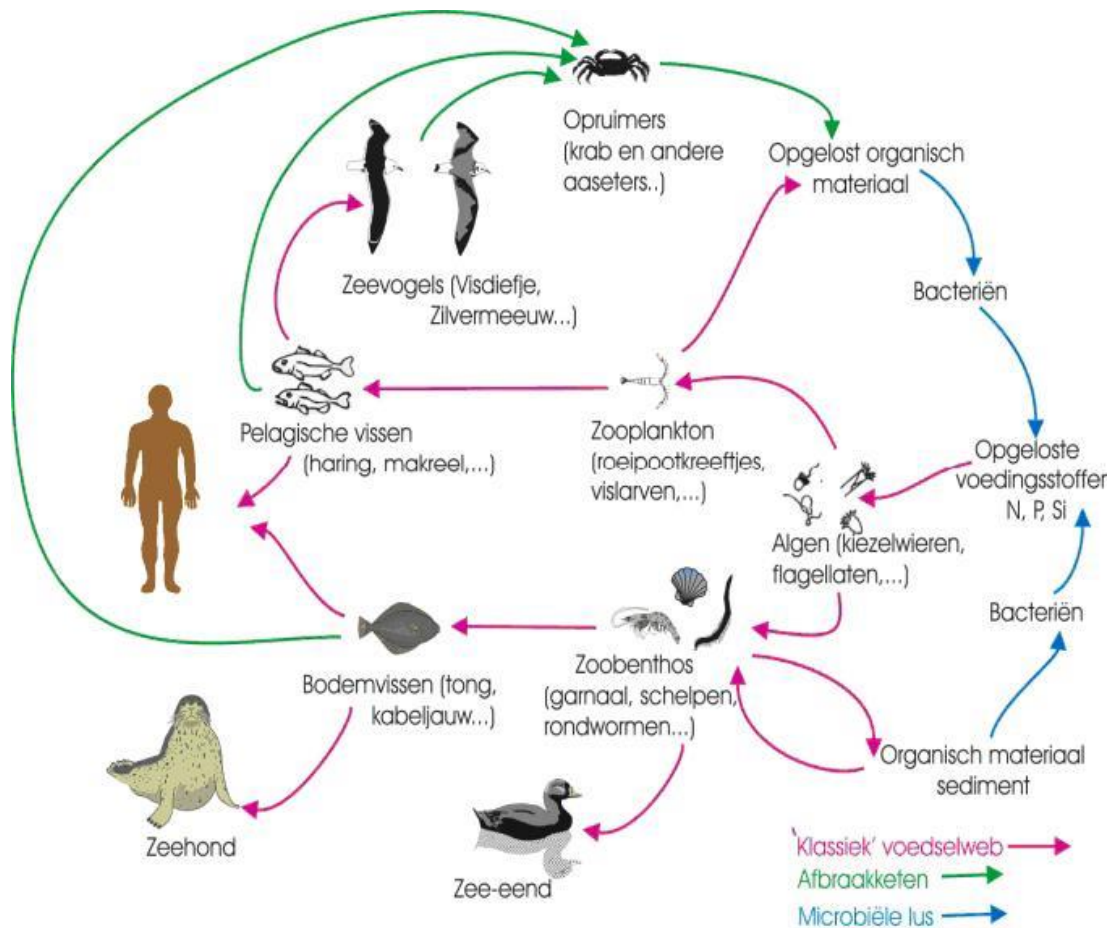
Figuur 22: plankton door het jaar heen.

28. Opdracht over figuur 23

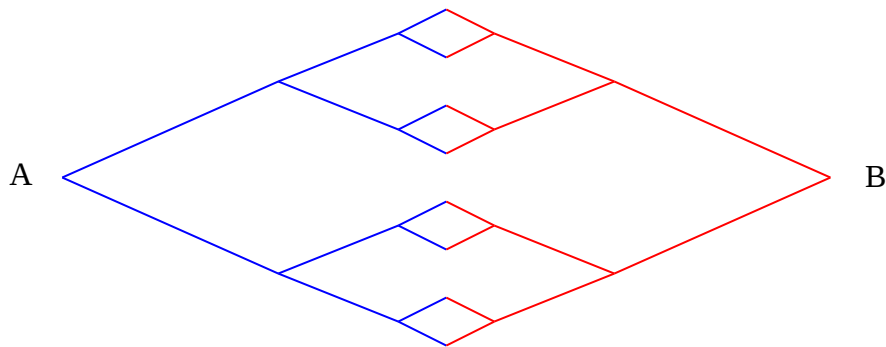
Marine voedselweb

- a. Waar zie je figuur 21 terug in figuur 23?
- b. Staat *Opgelost organisch materiaal* in figuur 23 en in figuur 21 op overeenkomstige plaatsen? Leg uit.
- c. Op drie plaatsen in figuur 23 zie je dat dieren deelnemen aan de remineralisatie. Noem deze drie soorten dieren en geef de route en het eindresultaat.
- d. Hoe vind je de titel van deze paragraaf terug in figuur 23?
- e. Nieuw in deze figuur is de afbraakketen (groene pijlen). Hoe volgt uit de figuur dat de zeevogels in zee vallen als ze sterven en/of dat zeevogels wel eens hun prooi dood in zee laten vallen?

- f. In deze figuur zie je dat onderscheid is gemaakt tussen pelagische vissen en bodemvissen. Uit de figuur is daarom op te maken wat **pelagische vissen** zijn. Leg uit.
- g. Hoe volgt uit de figuur dat zee-eenden en zeehonden beter kunnen duiken dan zeevogels?
- h. Je hoort op het nieuws dat haringvisserij de kraamkamers een tijd met rust moeten laten. Waar zullen die kraamkamers zich volgens deze figuur ongeveer moeten bevinden?
- i. Wat denk je dat er met **langetermijnverstreming** wordt bedoeld?
- j. In je aquarium zie je dat je vissen hun eigen jongen opeten. Hoe zie je dat in figuur 23 terug?
- k. Breid het web uit met wat er van de mens naar zee gaat. Leg uit.
- l. Op hoeveel manieren kun je via de kortste weg van A naar B in figuur 24? Tip: Tel hoe vaak je een tweekeuze kunt maken.
- m. Hoe komt een TomTom dan toch tot een optimale keuze?
- n. “Kruip” in een in zee geremineraliseerd fosforatoom en reis door het web naar de mens en terug. Op hoeveel verschillende manieren kan dat in figuur 23? Verschillend is via een ander knooppunt in het web. Leg uit.
- o. Stel er zijn evenveel mensen, pelagische vissen en bodemvissen namelijk 6 miljard. Hoeveel manieren zijn er dan voor een P-atoom om via deze vissen en de mens terug in zee te komen?
- p. Stel dan ook: Er vertrekt 1 mol P-atomen uit zee via de vissen naar de mensen en terug. Hoeveel leggen er dan dezelfde weg af via een bepaalde individuele vis en een bepaalde individuele mens, jij bijvoorbeeld? Geef je commentaar.



Figuur 23: Marien voedselweb. Bron: VLIZ



Figuur 24: kortste weg



Figuur 25: aangespoelde walvis.

29. Walvissen

Het lijkt dat in veel stappen van het voedselweb de eter groter is dan degene die gegeten wordt.

- Hoeveel van die vergrotende stappen zijn er vanaf opgeloste voedingsstoffen N, P, Si (figuur 23) maximaal?
- Wat is de oorzaak van deze eetvolgorde?

Potvissen eten enorme reuzeninktvis en pijlinktvissen. Andere walvissen eten krill. **Krill** zijn de larven van een groot aantal vissoorten.

- Plaats deze laatste groep walvissen in figuur 23.

Behalve de mens heeft de walvis geen of weinig natuurlijke vijanden. Een gewonde walvis of een jong kan door een orka

worden aangevallen. Een dode walvis wordt afgebroken door micro-organismen. Dode walvissen exploderen vaak, of moeten opengesneden worden om dat te voorkomen, zodat het gas kan ontsnappen.

d. Welk stuk remineralisatie herken je in het proces waarbij de gassen ontstaan?

Walvissen spoelen wel eens aan, ook in ons land. Ze zijn dan hulpeloos en moeten gered worden, anders zijn ze ten dode opgeschreven. Zo ook bultrug Johanna die 12-12-12 op Texel strandde: zie eventueel ►URL19.

e. Leg uit waarom een walvis in zee zonder problemen zich kan bewegen en op het land totaal hulpeloos is en na korte tijd zelfs geen zwembewegingen meer kan maken.

4.4 Silicaatafzetting, dinoflagellaten, red tides



Figuur 26: afzetting van diatomeeën-aarde in het natuur-beschermingsgebied Soos in Tsjechië.

30. Silicaatafzetting

Ga naar ►URL20 en beantwoord de volgende vragen.

- Wat is een organogeen sediment?
- Wat zijn **diatomeeën**?
- Noem het element dat in diatomeeënaarde gezien de vorige vraag veel zal vóórkomen.
- Hoe wordt dit element normaliter afgevoerd?
- Wat is een gestratificeerde waterkolom?
- Welk van de genoemde omstandigheden in de gestratificeerde waterkolom zal van invloed zijn op de oplosbaarheid van de silicaationen?
- Zijn de lagen van een gestratificeerde waterkolom altijd gescheiden door een spronglaag?
- Wat is het verschil tussen diatomeeënslik, diatomeeënaarde en diatomiet en waardoor wordt het veroorzaakt?
- Waardoor zijn er een soort **jaarringen** te zien in dit soort sediment?
- Welke twee (minder fraaie) toepassingen zijn er voor diatomeeënaarde als adsorptiemiddel?
- Dankzij welke eigenschap kan men diatomeeënaarde gebruiken in lucifers?

31. Opdracht: bioluminescentie

Ga naar ►URL21 en bekijk het filmpje.

- Waarom is de blauwe **bioluminescentie** alleen 's nachts te zien?
 - Waarom is het te zien op de boeggolf en in de branding en niet in de rest van het water?
 - Heeft de roodbruine kleur iets te maken met de blauwe kleur?
 - Is oceanografie een interdisciplinair vak? Leg uit.
- Beantwoord de volgende vragen met behulp van ►URL22.

- e. Is er een essentieel verschil tussen bioluminescentie en chemoluminescentie? Leg uit
- f. Van welk organisme is de bioluminescentie bekend aan onze kust?
- g. Het organisme van de video wordt in Wikipedia niet met name genoemd, wel de grote groep waar het deel van uitmaakt.
- h. In de video wordt gezegd dat het een kwestie is van energie dat de dinoflagellaten licht uitzenden. Door de reactievergelijking op de wikipagina kun je een andere reden bedenken. Welke? Leg uit.
- i. Luceferase is als een katalysator te beschouwen. Onder welke voorwaarde is luceferine ook als een katalysator te beschouwen?
- j. Het nut van bioluminescentie kan zijn op het gebied van camouflage, aantrekking, afstoting en communicatie. Welke functie zal bioluminescentie bij dinoflagellaten hebben gezien het vormen van red tides? Leg uit.

Ga naar ►URL23 en beantwoord de volgende vragen.

- k. Is de mededeling dat ongeveer de helft van de *dinoflagellaten* fotosynthetisch zijn in overeenstemming met de tabel van figuur 18? Leg uit.
- l. Het verschil met diatomeeën is dat dinoflagellaten geen kiezelpantser hebben. Van welk materiaal is het pantser van de dinoflagellaten?
- m. Welk van de volgende groepen zal het meest last hebben van pH-verandering: dinoflagellaten, diatomeeën of coccolithoforiden? Zie de tabel van figuur 18.
- n. Toeval bestaat niet. Daar zorgt de evolutie voor. Je weet al dat dinoflagellaten zweepdiertjes zijn. Uit de wikipagina volgt dat dinoflagellaten zich kunnen bewegen door hun zweepstaarten. Breng dit feit in overeenstemming met de veronderstelling dat bioluminescentie gebruikt wordt voor communicatie en met de beelden van de red tides in de video.
- o. Bedenk een mogelijke verklaring voor de witte rand om de red tides.
- p. Bedenk een mogelijke reden dat de dinoflagellaten overdag een andere kleur uitzenden dan 's nachts.

4.5 Temperatuur

32. Opdrachten over temperatuur

32.1 Deel 1

Ga naar ►URL24 en beantwoord de volgende vragen.

- a. Klik op *Dankzegging* (links onder) Wie is de animatiedeskundige? Met wie werkte hij inhoudelijk samen? En wat hebben deze vragen met NLT te maken?:
- b. Geef commentaar op de hoofdvraag in de titel.

- c. * (* betekent: klik naar volgende pagina.) Critici zullen ongetwijfeld zeggen: dat gehalte aan kooldioxide stelt niets voor: wat is nu 385 *ppm*? Reken het om naar procenten en geef je commentaar.
- d. Diezelfde critici zullen zeggen: handige truc om de grafiek zo te maken dat hij begint op 310 ppm. Dan lijkt de stijging enorm. Bereken de procentuele stijging en geef je commentaar.
- e. In hoeveel procent van de tijd van de ontstaansgeschiedenis van de Noordzee (zie hoofdstuk 3 Lessenserie hydrografie opdracht 11 b) is dit? Geef je commentaar
- f. * De pH van bekende vloeistoffen. Wat is het geluk van de pH van het zeewater voor het broeikaseffect en gelijk ook de pech? Leg uit.
- g. * Geef je commentaar op de “stijging van de zuurgraad met 30%”. Ga in op het woord zuurgraad en geef een berekening.
- h. * Ga rechtsboven staan met het “handje” en kijk wat er linksboven om de ca 5 seconden gebeurt en wat er dan met de dikke pijlen gebeurt. Welke verschillen zie je tussen de normale omstandigheden en aangezuurde omstandigheden?
- i. Welke stof ontstaat onder aangezuurde omstandigheden en in welke vorm is die stof?
- j. Ga met de cursor over de boxen en lees de toelichtingen die verschijnen. De zee met zijn koralen vormt een buffer voor de toegenomen CO₂-concentratie in de lucht. Maar het zou wel eens heel erg de andere kant uit kunnen gaan, het zijn immers alle evenwichten. Wanneer?
- k. In feite nemen de HCO₃⁻-ionen de buffering over. Je ziet dat als je met de cursor op de derde box gaat staan. Wat valt je nu op aan de dikke pijlen?
- l. Het koraal lost nu ook op. Verklaar het oplossen van het koraal en het verhogen van het HCO₃⁻-gehalte door een reactievergelijking.
- m. * Klik de gebruiksaanwijzing aan. Wat betekent *IPCC*?
- n. Klik het vraagteken aan. Wat betekent *SRES*?
- o. Je kunt drie *scenario*’s instellen. Welk scenario is volgens jou in Nederland op dit moment het meest realistisch? Leg uit.
- p. Vergelijk de [CO₂] in zeewater in 2010 met de oplosbaarheid bij 283 K van CO₂ in Binas, tabel 44. Geef je commentaar.
- q. Vergelijk de [CO₂] in zeewater in 2010 met de concentratie CO₂ in lucht. Neem voor *V_m* 24 dm³/mol. Neem aan dat de ppm in *volume per volume* is. Geef je commentaar met een evenwichtsbeschouwing.
- r. Bekijk op de animatie de effecten van de drie scenario’s op het CO₂-gehalte in lucht in 2090. Geef je commentaar.
- s. Beweeg snel het bruin gerande kader langs de jaren omhoog en kijk wat er met de waarden voor CO₂, HCO₃⁻ en CO₃²⁻ gebeurt en kijk of dit in overeenstemming is met de vorige pagina.

- t. Kijk op dezelfde manier naar de grootte van de H^+ en de cirkels eromheen en vergelijk met de pH. Klopt dit met elkaar? Kijk zo ook naar de dikte van het koraal in de bruine cirkel.
- u. Vergelijk de dikte van het koraal in 2090 in het optimistische en het pessimistische scenario. Schrik je hiervan? Leg uit.
- v. * Voer de opdracht uit. Verandert je mening van de vorige vraag?
- w. * Bekijk de video. Verandert dat je gedachte van de vorige vraag nog?
- x. * “Kun je een hypothese opstellen om te testen hoe verzuring de levensstadia van zee-egels zou kunnen beïnvloeden” Verbeter deze zin zodat hij in overeenstemming met de *Natuurwetenschappelijke Werkwijze* is.
- y. * Beantwoord de vraag linksboven
- z. Beantwoord de vraag rechts.

32.2 Deel 2

Klik geheel links naar deel 2.

Je kunt online een proefje doen. Misschien ben je in het Duits beter dan in het Engels. Dat kun je links instellen. Niet op en neer gaan met je taalkeuze: dan moet je weer van voor af aan beginnen.

- a. Bij de doelen staat niet het hoofddoel. Wat zou je als hoofddoel willen formuleren van dit experiment als je naar het voorgaande kijkt?
- b. Om embryo's van welk beest gaat het?
- c. De embryo's bevinden zich in het stadium van *gastrula*. Wat voor een stadium is gastrula? Zoek zonodig op.
- d. Je kunt door klikken op *Gepolariseerd licht* je antwoord van de vorige vraag controleren. Wat is gepolariseerd licht?
- e. Als je oog hebt voor het vak van programmeur, zie wellicht details, die niet inhoudelijk van belang zijn, maar wel zo grappig dat je ziet dat de programmeur er lol in heeft gehad om dit zo te maken. Noem een voorbeeld hiervan.
 - Tip 1. Als het programma niet verder wil, heb je iets overgeslagen. Bijvoorbeeld, het objectglasje uit de microscoop halen.
 - Tip 2. Er komt er een geel lichtkransje om het voorwerp heen waar je iets mee moet doen en je hoort een toon als het gelukt is.
 - Tip 3. De kolven moet je niet onder de kraan van het voorraadvat met zeewater houden, maar “in” het vat slepen.
- f. Wat is de pH van het huidige oceaانwater en wat dreigt deze te worden?
- g. Welk zuur is dit? Geef ook de formule.
 - Tip 4. De pipet moet echt met het puntje op het objectglasje raken, anders gaat het gele lichtkransje niet aan.

- Tip 5. Helemaal onderaan staat een geel lampje voor aanwijzingen als je vast zit. Klik erop en de lichtkransjes lichten op en de tekstbalk achter het lampje zegt wat je moet doen.

h. Zijn de algen of de embryo's groter en waarom is dat logisch?

- Tip 6. Als je bijvoorbeeld met de pipet voldoende in buurt komt van de erlenmeyer, wordt de erlenmeyer groter en gaat het lukken: je kunt de muis loslaten en er volgt een "ping".)
- Tip 7. Beantwoord de vragen in de animatie. Anders kun je niet verder. Ze worden niet hier behandeld.
- Tip 8. De schudmachine zet je uit bij het kopje links.

pH 7,7 is nu pH = 7,73. pH 8,1 is onveranderd.

- Waarom is de pH van 8,1 in onze tijd kennelijk nog in evenwicht met de atmosfeer?
 - Kan het logisch zijn dat een larve na twee dagen op een wolf lijkt?
 - In welke pH is de larve het meest gegroeid? Wat zegt dit over de toekomst van het leven in de oceaan?
 - In de animatie neem je een rol aan die wellicht ooit op jou van toepassing zal zijn. Welke rol is dat?
- Tip 9. Als je tussendoor moet stoppen, zet de je PC op stand by, anders moet je weer van voor af aan beginnen.

32.3 Deel 3

- Tip 10. Als je niet na afsluiten van deel 2 doorgelinkt wordt naar deel 3, kun je terug naar de home page en daar op Teil 3 (na weer je taal gekozen te hebben) drukken.
 - Tip 11. Als de interactiviteit van deel 3 niet werkt als gewenst, klik dan op volgende. Dit betreft slechts een oefengedeelte. Bij de echte metingen is de interactiviteit realistischer.
- Hoe groot is de meetfout? (klik op de groene tekst en lees de tekst die verschijnt.)
- Tip 12. De afgebeelde rekenmachine doet het niet.
- Bij de conclusie zie je een grafiek van de pH tegen de tijd. Mensen die de gevolgen van de grote CO₂-uitstoot willen kleineren zeggen vaak dat er in het verleden veel vaker dit soort pH-veranderingen waren. Is de verandering rond -15 miljoen jaar geleden groter of minder groot dan van 1880 tot 2100? Leg uit via [OH⁻].
 - Geef weerwoord op de eindconclusie. Put je uit in argumenten.

4.6 Toekomst

33. Boyan Slat *plastic soep*

De toekomst wordt zeer bedreigd door het plastic dat zich in de zeeën verzameld en niet afgebroken wordt, maar zo klein wordt dat het organismen kan binnendringen tot in de kleinste organen.

Bekijk ►URL25 of ►URL26

- a. 1:20 Is de afbraak van het plastic in de zeewateren een chemische reactie?
- b. 1:34 Waarom zit er zoveel rood in de maag van de dode vogel?
- c. 1:46 Gaan de stromen in het noordelijk halfrond met de klok mee? En hoe in het zuidelijk halfrond? Je kun het beeld stilzetten. Controleer de stromen op de Atlantische Oceaan met kaart 222 van de Bosatlas 54-ste editie.

Practicum

Plak op een plastic plaat “Engeland, Noorwegen en de kusten van de Noordzee”. Gebruik hiervoor twee modellen: De Noordzee als inham van de Atlantische Oceaan en Engeland en Noorwegen als *kribben* in de “rivier” de Golfstroom van de Atlantische Oceaan. Leg de plaat enigszins schuin zodat “oceanwater” (kraanwater) van de westkust van Engeland naar de noordwest kust van Noorwegen stroomt. Kijk in de twee modellen door peper oid op het water te strooien of het water rechtsaf de Noordzee op gaat, de kusten volgt en voor de Noorse kust weer naar de hoofdstroom meedraait of juist andersom. Kijk of in deze Noordzee circulaire stroom zich kleinere draaikolkjes vormen tegen de klok in, met in het midden stroomstilstand.

- d. 1:54 Op welke manier houdt het plastic PCB vast?
- e. 1:54 Zet het beeld stil op de structuurformules van PCB's en DDT. Hoeveel is poly? Leg uit.
- f. 1:54 Is volgens dit beeld het meervoud van PCB terecht?
- g. 2:00 Wij kunnen geen plastic verteren en scheiden het weer uit. Wat is dan het gevaar waar Boyan op doelt bij de voedselketen? (Hij heeft het niet over nanoplastic: dat kan wel in de bloedbaan komen, met onbekende gevolgen.)
- h. 3:06 Hier lijkt hij het wel te hebben over *nanoplastic*: hij heeft het over moleculen. Maar dat is een erg breed begrip bij polymeren. Hoezo?
- i. 4:42. Hoeveel keer meer plastic konden ze wegvangen met het sleepnet dat 15 keer fijner was?
- j. 5:28 Hoe willen ze het plankton scheiden van het plastic? Wat zal de bovenlaag vormen? (Ook dit mislukt bij nanoplastic.)
- k. 6:36 en 7:04 Om hoeveel winbaar per jaar plastic gaat het in de toplagen van de gyren? Geef de uitkomst in Eiffeltorens per jaar
- l. 7:55 Waarom is er slechts een bijvangst van 0,02%?
- m. 8:52 Waarom kan hij in plaats van schepen, installaties aan de bodem verankeren?

- n. 10:06 Er was een grote milieuramp waar zes container plastic de stranden van Hong Kong vervuilden. Hoeveel keer zo groot is de dagopbrengst plastic uit de oceaan?
- o. Eind: Hoeveel kost het plastic aan schade en hoeveel brengt het opbergen op?

Nadere info zie ►URL27

De Delftse uitvinder Boyan Slat was gisteren (4-6-2014) wereldnieuws. Vanuit New York presenteerde hij zijn masterplan om de oceanen van plastic te ontdoen.

34. Jan de Leeuw: toekomst is onzeker en labiel

In de toekomst staan het Noordzee onderzoek en de mariene wetenschappen voor tal van uitdagingen. Bekijk het filmpje van ►URL28 naar aanleiding van het tienjarig bestaan van het Vlaams Instituut Instituut voor Zeeonderzoek (VLIZ) en beantwoord de volgende vragen.

- a. 0:00 - 0:29 Jan de Leeuw was directeur van het NIOZ. Wat betekenen die letters (in het Nederlands)
- b. 0:43 - Met welke vier zaken is Jan de Leeuw voornamelijk bezig?
- c. 1:06 - 1:30 Tussen welke waarden liggen de volgens de diverse modellen voorspelde temperatuurstijgingen ten gevolge van het broeikaseffect
- d. 1:42 - 2:06 Hoeveel is het verschil in graden tussen de pool en de evenaar tijdens broeikasperiodes ca 55 miljoen jaar geleden volgens recente boommonsters in *arctische gebieden*?
- e. 2:31 - 2:60 Welk temperatuurverschil tussen de polen en de evenaar voorspellen de huidige rekenmodellen?
- f. 2:49 Wat is de conclusie uit de vorige twee vragen?
- g. 2:51 - 3:10 Wat stelt het plaatje op 2:51 voor?
- h. 3:19 - 3:36 Welke organismen zijn er in 1 liter zeewater? En in welke hoeveelheden?
- i. 4:03 - 4:08 Welke abiotische factor daalt door de stijging van het CO₂-gehalte?
- j. 4:16 - 4:18 Heeft dit invloed op de biochemische kringlopen en het klimaat?)
- k. 4:20 - eind. Weten de wetenschappers in welke richting die veranderingen gaan?

35. Doof worden onder water

Bekijk het filmpje van ►URL29 en beantwoord de volgende vragen.

- a. 0:57 Waarom is de *geluidssnelheid* onder water hoger dan in lucht?
- b. 1:56 Wat betekent TNO?
- c. 2:00 -2:26 Wat is de biologische onderzoeksvraag van de medewerker van TNO?

- d. 2:32 - Hoe wordt het onderzoek uitgevoerd?
- e. 2:32 - 2:38 Bedoelt de spreker echt een zender? Leg uit.
- f. 3:06 - 3:14 De potvis gebruikt ook een soort *sonar*. Leg uit.
- g. 3:43 - 4:18 Naast directe gehoorschade zou je meer aan een ander soort schade kunnen denken. Welke?
- h. 3:58 “Een eindje verderop”. Waarom is dit vergoelijkend, niet realistisch?
- i. 4:28 - 4:55 Is de marine van plan om met sonar oefeningen te stoppen?
- j. 5:18 - 6:02 Hoor je nog andere gevaren voor vissen door geluid?
- k. 6:12 - 6:54 Waarmee maken de vissen geluid?
- l. 6:43 - 8:07 Hoe zorgt men dat de klappen bij het heien onder water niet zo hard aankomen?
- m. 8:25 Zoek op: Wat betekent IMARES?
- n. 8:51 - 9:40 Waaruit blijkt dat vissen veel sneller horen dan wij mensen?
- o. 9:40 - 10:00 Wat voor een zin heeft geluid maken / ontvangen voor waterdieren?
- p. 10:30 - eind Aan welke oplossingen wordt gedacht?

5. Lessenserie Modelling waterkolom

Noordzee

5.1 Hoe zijn de kaarten tot stand gekomen?

Niet alle kaarten van de Noordzee-atlas zijn op dezelfde wijze tot stand gekomen.

36. Manieren van kaarten maken.

De kaarten van pagina 15 en 16 gaan beide over lodingen. Toch zijn ze heel anders tot stand gekomen.

- Hoe is de kaart van pagina 15 tot stand gekomen? Verklaar de rechte lijnen. Kijk daarvoor naar de legenda
- Hoe is de kaart van pagina 16 tot stand gekomen? Verklaar de grillige lijnen.

De dichtheid van de informatie is vaak zeer verschillend.

37. Informatiedichtheid

Vergelijk pagina 34 met pagina 35.

- Hoe zijn de kaarten op pagina 34 tot stand gekomen? Zie de tekst. Geef twee fasen van de kartering aan. Geef bij de eerste fase de vakterm waarmee deze wordt aangeduid.
- Op welk van beide pagina's is de informatiedichtheid het kleinst? Leg uit.
- Hoe denk je dat de meetstations informatie verzamelen en hoe zal die aan land komen?

Probleem: kleurovergangen

De diverse kleuren op de kaarten stellen diverse concentraties voor. Maar nu is er het volgende probleem: Op pagina 35 zie je **kleurovergangen** op plaatsen waar *geen* meetstation is! Hoe kun je weten dat er tussen twee meetstations, bijvoorbeeld het ene station in het zeer lichtgroen en het ander in het lichtgroen, precies op een bepaalde plek ertussen, de overgangconcentratie tussen zeer lichtgroen en licht groen (3 mg/l) is? Hier kun je een practicum over doen en / of een aantal onderzoeksvragen.

38. Oplossingen voor het probleem

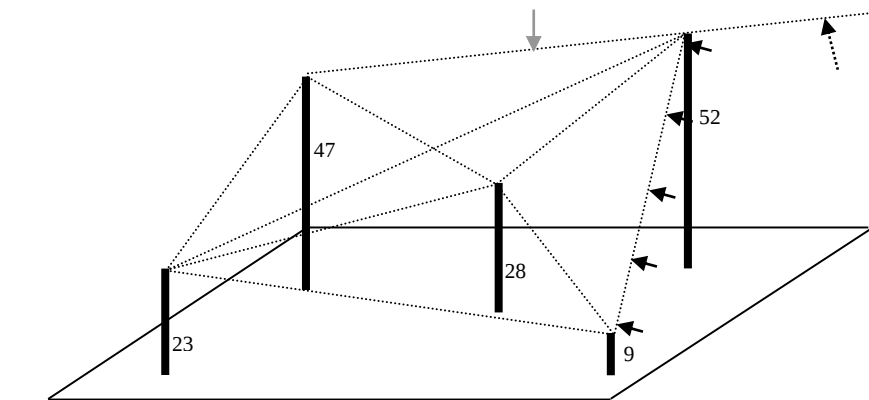
Practicum

- Je gaat voor dit practicum uit van de kaarten op pagina 29, want daarvan passen de getallen beter op het materiaal dat je

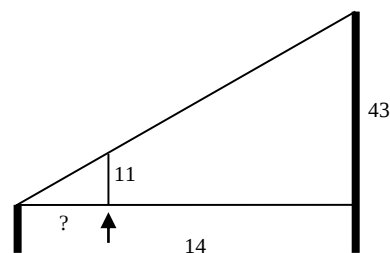
gaat gebruiken. Om een antwoord op het hierboven geformuleerde probleem te krijgen, ga je letterlijk een *model* bouwen. Zie figuur 27. De zwarte verticale lijnen stellen statieven voor. Zij staan op twee vellen A3 of een vel A2. Op de statieven ga je willekeurige zelfbedachte meetwaarden in cm aangeven. Bijvoorbeeld door een dubbelklem op die hoogte vast te maken. Daartussen, in de tekening bijvoorbeeld 47 en 52, breng je een dwarsstaaf aan (telkens gestippeld weergegeven). Vervolgens ga je zoeken waar deze dwarsstaaf “door de 50 heengaat”. Dus van de kleur die bij 20 tot 50 hoort (oranje) overgaat naar de kleur die bij > 50 (rood) hoort. Dat doe je door een liniaal (die echt bij 0 begint) er verticaal naast te houden. Op het punt waar de staaf door de 50 gaat (in de tekening bij de grijze pijl) ligt de overgang tussen oranje en rood.

Onderzoeksvraag

- b. In werkelijkheid zal bovenstaande proef via berekeningen gedaan worden. Zie figuur 28. Hiermee kun je één van de punten (welke?) berekenen tussen de statieven met waarden 9 en 52. Bedenk hoe je aan de getallen in de tekening komt en bereken de afstand aangegeven met het vraagteken. Voer ook voor een aantal andere overgangspunten een dergelijke berekening uit. Werk arbeidsverdelend samen. Werk ook samen met de groepen die via bovenstaand practicum aan dit probleem werken. Alle groepen zetten hun gevonden overgangspunten uit op twee vellen A3 aan elkaar of één A2. Verbind ze onderling met vloeiende lijnen. Dat zijn de grenzen tussen de diverse kleuren. Je kunt de gebieden binnen de diverse grenzen inkleuren.



Figuur 27: model a.



Figuur 28: model b.

Voorspellen

Wat je nu gedaan hebt, is een vorm van *interpoleren*. Je kunt ook *extrapoleren*. Extrapoleren is bijvoorbeeld (zie de gestippelde pijl rechts in figuur 27) kijken waar de dwarsstaaf door bijvoorbeeld de 60 heengaat. Je bent dan aan het voorspellen: je neemt daarbij

aan dat de trend tussen 47 en 52 zo wordt voortgezet en de dwarsstaaf dus even steil blijft doorgaan).

Interpoleren heeft overigens óók iets van een voorspelling: je neemt aan dat er geen gekke dingen gebeuren tussen 47 en 52. Alleen extrapoleren is “gewaagder” zeker als je erg ver van de meting af gaat zitten. En als je extrapoleert in de tijd: als je erg ver in de toekomst gaat.

Voorspellen is van belang bij het nemen van beslissingen door de overheid die een grote invloed op de toekomst zullen hebben. Een voorbeeld: de overheid geeft toestemming voor een nieuw olieplatform op een bepaalde plaats in de Noordzee. Bij het winnen van olie door een olieplatform komt ook olie en ook andere stoffen in de Noordzee terecht. (Zie de kaarten op pagina 31 en 55.) Kun je dan iets zeggen over het effect op lange termijn en over een groter gebied, bijvoorbeeld wat het effect is voor de hele Noordzee? Dat is dan de vraag van de beleidsmakers.

39. Voorspellen voor een groter gebied

De kaarten op pagina 19, 36 en 37 zijn tot stand gekomen door combinaties van gegevens die op een gering aantal plekken zijn verzameld. Zo gelden ze voor een groter gebied. Leg bij iedere kaart met één woord uit waar deze combinatie van gegevens toe geleid heeft.

Modellen

Voorspellen kun je doen met behulp van **modellen**. Je hebt in het practicum hierboven een letterlijk model gebouwd. Het begrip model heeft in de wetenschap en techniek echter een bredere betekenis. In een waterloopkundig laboratorium had je vroeger **fysieke** modellen op schaal. Die zijn nu allen vervangen door **wiskundige** modellen die met behulp van de computer worden doorgerekend. De resultaten worden ook per computer in beeld gebracht waar veel pagina's van de Noordzee-atlas een voorbeeld van zijn. Wiskundige modellen gebruik je ook bij natuurkunde. De formule $s = v \cdot t$ bijvoorbeeld is een model voor hoe ver je komt in een bepaalde tijd bij een bepaalde snelheid. Je kunt de formule ook gebruiken om te weten hoe hard je moet rijden om nog op tijd op school te komen, als je weet hoeveel tijd je nog hebt. De formule geeft de samenhang tussen de drie variabelen die daarbij een rol spelen.

40. Vraag over modellen

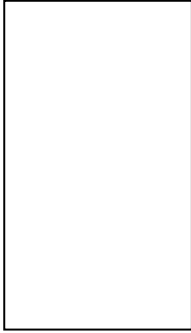
- Wat is in de wetenschap en techniek de definitie van een model?
- Welke eisen stel je aan een model?
- Hoe voorkom je dat een model onwerkbaar wordt?

In deze lessenserie gaan je proberen een model te ontwikkelen waarmee je de verspreiding van stoffen door berekeningen kunt voorspellen.

- Hoe denk je dat het model er uit zal zien?

5.2 Model voor een waterkolom (nuldimensionaal: 0D-model)

Massabalans



Figuur 29: 0D-model waterkolom.

Je kijkt eerst naar een enkelvoudige waterkolom (**0D-model**), zie figuur 29. Voor zo'n kolom kun je een eenvoudige massabalans opstellen:

$$\Delta M_t = M_{in,t} - M_{uit,t} \quad (1)$$

In woorden luidt deze formule: De toename van de massa in de kolom gedurende een bepaalde tijd (ΔM_t) is het verschil van wat er in die tijd aan massa de kolom binnenkomt ($M_{in,t}$) minus wat er in die tijd aan massa de kolom uitgaat ($M_{uit,t}$).

Deze formule voor de **massabalans** kun je niet alleen laten gelden voor de totale massa in de kolom, maar ook voor het water erin of elke in dat water opgeloste of gesuspendeerde stof afzonderlijk.

41. Opgeloste en gesuspendeerde stoffen

- Noem aan de hand van de Inhoudsopgave van de Noordzee-atlas voorbeelden van opgeloste stoffen.
- Noem aan de hand van de Inhoudsopgave van de Noordzee-atlas voorbeelden van niet opgeloste stoffen.
- Noem aan de hand van de tabel Samenstelling Zeewater in ►Binas het zout (dus geen losse ionen) dat na het in opdracht a bedoelde zout, qua massa het meest voorkomt in de Noordzee.
- Noem de stoffen die voor het dierlijk en plantaardig leven in de Noordzee onmisbaar zijn.

Veranderingen van massa per stof in de waterkolom

Je gaat nu naar één opgeloste stof kijken. Door de horizontale waterstroming verandert de massa hiervan via de verticale zijvlakken van de kolom. Die stof kan dan worden aangevoerd en/of afgevoerd.

42. Formuletaal

- Hoe denk je dat het verschil tussen afvoer en aanvoer gestalte krijgt in de formules / het model?
- Welk gevolg heeft dat voor de termen horizontale afvoer en aanvoer?

Via het bovenvlak van de kolom kan door uitwisseling met de lucht (bijvoorbeeld neerslag, zuurstof en koolstofdioxide) massa de kolom binnenkomen of uitgaan.

Door het ondervlak van de kolom kan door uitwisseling met de bodem (zoals bijvoorbeeld *sedimentatie*) massa de kolom in- of uitgaan.

43. Uitwisseling

- In welke vormen kan water via het bovenzvlak de kolom binnenkomen?
- Bedenk hoe water via het bovenzvlak de kolom kan verlaten.
- Sedimenten kunnen de kolom binnenkomen via het ondervlak door turbulentie (opdwarrelen). Noem vijf oorzaken van *turbulentie*.
- Bedenk hoe sedimenten via de zijvlakken de kolom kunnen binnenkomen en uitgaan. Noem meerdere concrete voorbeelden.

Vereenvoudiging van het model

Wil je gaan rekenen met de waterkolom om bijvoorbeeld voorspellingen te gaan doen, dan moet je van alles weten over de verticale uitwisseling met lucht en bodem en de horizontale uitwisseling via de stromingspatronen.

Stroming in een systeem als de Noordzee is ingewikkeld. In elk punt van de Noordzee is de snelheid afhankelijk van de plaats (x, y, z) en van de tijd (t). Bovendien is de snelheid een *vector*. (Zie ook hoofdstuk 1 Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas opdracht 8.16 d - 8.16 f.) Snelheid heeft namelijk zowel een grootte als een richting.

Voor een aantal van de toepassingen kun je echter aannames maken die het model vereenvoudigen. Daartoe ga je je beperken tot de horizontale uitwisseling en doet de volgende voorlopige, vereenvoudigende aannames:

- Aanname 1: het water in de Noordzee stroomt alleen horizontaal. De snelheidsvector heeft dus geen verticale component.
- Aanname 2: de (horizontale) snelheid op iedere hoogte in de waterkolom is per waterkolom gelijk. Je zou ook kunnen zeggen dat je de snelheden over de hoogte van de waterkolom gemiddeld hebt.
- Aanname 3: je gaat kijken naar processen die zich over meerdere dagen uitstrekken.

44. Opdracht over de aannames

- Wat is dan de waarde van de z -component van de snelheidsvector?
- Kijk je dan naar de ebstroom, de vloedstroom of naar de *reststroom*? Zie zo nodig pagina 19 van de Noordzee-atlas. Leg uit.

Dynamisch model voor de concentratieverandering van een stof bij reacties.

Je gaat als voorbeeld van een *reactie* kijken naar de productie van zuurstof door de algen (fytoplankton). Dat is de belangrijkste reactie in de waterkolom.

45. Vraag over reacties

Stel: het wordt ochtend en de zon komt op. Waarom is de concentratie zuurstof nu laag?

Je gaat naar één waterkolom kijken, als een gesloten systeem. Dus je gaat alleen kijken wat binnen die ene waterkolom gebeurt. Zuurstof die door diffusie verdwijnt of arriveert, kijk je bijvoorbeeld dus niet naar. Je kijkt wel naar de concentratieverandering van de zuurstof *binnen* de waterkolom: door fotosynthese en verbranding ontstaat en verdwijnt namelijk zuurstof. De snelheid van deze concentratieverandering zuurstof noem je $d[O_2]/dt$. Hier is $[O_2]$ de zuurstofconcentratie op een bepaald tijdstip (t). Bij een bepaalde hoeveelheid lichtinval en temperatuur hangt deze snelheid van de concentratie algen af. De algen zijn de producenten. Daarom noem je de algenconcentratie $[productenten]$. Deze wordt uitgedrukt in aantal kg droge stof per m^3 .

In formules:

$$\frac{d[O_2]}{dt} = k_1 [productente n] \quad (2)$$

De algen maken de zuurstof. Hoe meer algen hoe meer zuurstof er geproduceerd wordt. Dus

$$[O_2] = k_2 [productenten] \quad (3)$$

Dus

$$[productent en] = \frac{[O_2]}{k_2}$$

Dit kun je invullen in vergelijking (2), waarmee je krijgt

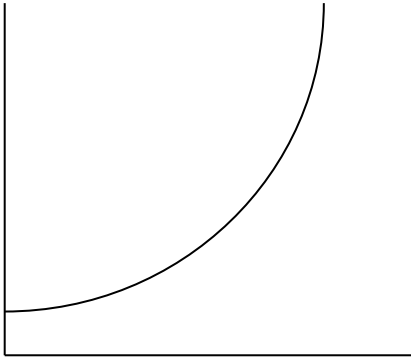
$$\frac{d[O_2]}{dt} = \frac{k_1}{k_2} [O_2] = k [O_2]_t$$

Je hebt nu een zogenaamde *differentiaalvergelijking* gekregen. Om deze op te lossen moet je *integreren*, het tegenovergestelde van differentiëren. Omdat je integreren misschien nog niet gehad hebt, krijg je in vergelijking (4) de uitkomst van de integratie. Die ga je bij opdracht 46 controleren door hem weer terug te *differentiëren*.

De uitkomst van de integratie is:

$$[O_2]_t = [O_2]_0 e^{kt} \quad (4)$$

46. Opdracht naar aanleiding van vergelijking (4)



Figuur 30: exponentiële toename.

- Controleer deze uitkomst door hem te differentiëren. Van deze vergelijking (4) is de grafiek bekend: je kunt hem in je grafische rekenmachine invoeren.
- Doe dat. Neem voor $[O_2]_0$ en k een willekeurig getal bijvoorbeeld 1 en schets de grafiek. Je ziet de zuurstofconcentratie tegen de tijd exponentieel toenemen. Zie figuur 30.
- Dat kan zo niet doorgaan!! Tot welke grens kan de zuurstofconcentratie stijgen? Noem de ►Binas tabel waarin je dit kunt vinden en zeg wat er daarna gebeurt.
- Waarvoor zal het vaak niet zover komen? Het verbruik van zuurstof is recht evenredig met de hoeveelheid gebruikers (in kg droge stof per m^3) en is dus constant bij evenveel gebruikers.
- Schets de zuurstofconcentratie tegen de tijd door verbruik door een constant aantal gebruikers.
- Deze grafiek en die van figuur 30 snijden elkaar. Wat is er vanaf dat tijdstip aan de hand? Leg uit.

Het antwoord op opdracht 11 f kun je ook sneller afleiden:

$$\frac{d[O_2]}{dt} = k_{prod} \cdot [O_2] - k_{cons} \cdot [\text{gebruiker s}] \quad (5)$$

Hierin is $[\text{gebruikers}]$ de concentratie gebruikers in $kg \cdot m^{-3}$.

In de evenwichtssituatie is

$$\frac{d[O_2]}{dt} = 0 \quad (6)$$

dus

$$k_{prod} \cdot [O_2] - k_{cons} \cdot [\text{gebruiker s}] = 0$$

ofwel

$$[O_2] = \frac{k_{cons}}{k_{prod}} \cdot [\text{gebruiker s}] \quad (7)$$

De zuurstofconcentratie is dus constant bij constante concentratie gebruikers.

Variatie van $[\text{gebruikers}]$

47. Vraag over zuurstofconsumenten

a. Van welke vier variabelen hangt de zuurstofconcentratie af? Stel het is nacht. Er wordt geen zuurstof geproduceerd, alleen geconsumeerd.

b. Noem dan enige zuurstofconsumenten.

De snelheid waarmee zuurstof geconsumeerd wordt, hangt als volgt af van de $[\text{gebruikers}]$:

$$\frac{dO_2}{dt} = -k[\text{gebruiker s}] \quad (8)$$

(Hierin is k positief, vandaar dat er $-k$ staat.) Maar $[\text{gebruikers}]$ hangt weer af van de $[O_2]$. Want bij zuurstofgebrek gaan de gebruikers dood. Dus

$$[\text{gebruikers}] = k_2[\text{O}_2] \quad (9)$$

Vul je dit in in vergelijking (8) dan krijg je

$$\frac{d\text{O}_2}{dt} = -k \cdot k_2[\text{O}_2]$$

- c. De afnamesnelheid van de zuurstofconcentratie hangt af van de zuurstofconcentratie. Hoe?

Variatie van [producenten]

De snelheid waarmee zuurstof geproduceerd wordt, hangt als volgt af van de [producenten].

$$\frac{d[\text{O}_2]}{dt} = k_1[\text{producent en}] \quad (10)$$

De snelheid waarmee zuurstof ontstaat, is immers *recht evenredig* met [producenten].

Om van deze formule een vergelijking te maken met alleen als variabele de zuurstofconcentratie en de tijd moet je [producenten] wegwerken uit de vergelijking. Dit kan door na te gaan hoe [producenten] afhangt van de zuurstofconcentratie.

48. Opdracht over variatie van [producenten]

In analogie kun je bedenken dat een te hoge zuurstofconcentratie voor de [producenten] niet gunstig is, hoewel dit in Noordzee nooit is waargenomen. Sterker nog: juist een te kleine zuurstofconcentratie is niet goed voor de respiratie van de algen (bij nacht). Zuurstofremming treedt wel op onder extreem droge omstandigheden als de huidmondjes gesloten zijn, niet op de Noordzee dus. Wellicht kan er toch ook in een vat Noordzeewater met een kunstmatig zeer hoge zuurstofconcentratie enige zuurstofremming plaatsvinden.

- a. Hoe kun je een onnatuurlijk hoge zuurstofconcentratie maken?

Het komt vaak voor dat wetenschappers zaken wiskundig doorrekenen vóór ze in de praktijk getoetst worden. Men wil juist bepaalde verbanden voorspellen en later experimenteel deze verbanden aantonen om de gebruikte theorie te bewijzen. Zuurstofremming wil zeggen hoe groter de zuurstofconcentratie, hoe kleiner de [producenten]: ze zijn *omgekeerd evenredig*. Wiskundig weer te geven als

$$[\text{producent en}] = \frac{k}{[\text{O}_2]} \quad (11)$$

Dit invullen in vergelijking (10) levert:

$$\frac{d[\text{O}_2]}{dt} = k_1[\text{producent en}] = k_1 \cdot \frac{k}{[\text{O}_2]} \quad (12)$$

Dus

$$\frac{d[\text{O}_2]}{dt} = k_1 \cdot \frac{k}{[\text{O}_2]}$$

Je hebt nu [producenten] uit de vergelijking weggewerkt.
Je wilt weten wat $[O_2]$ is, terwijl $d[O_2]/dt$ gegeven is. Om $d[O_2]/dt$ om te zetten in $[O_2]$ moet je de omgekeerde bewerking uitvoeren van differentiëren: integreren. Als je nog geen integreren gehad hebt, sla je dit over tot vergelijking (14).

Om te kunnen integreren ga je de **variabelen scheiden**: alles met $[O_2]$ links en alles met t rechts:

$$[O_2] \cdot d[O_2] = k_1 \cdot k \, dt$$

Nu ga je **integreren**:

$$\int [O_2] \cdot d[O_2] = k_1 \cdot k \int dt$$

$$\frac{1}{2}[O_2]^2 = k_1 \cdot kt + C \quad (C \text{ kan iedere constante zijn})$$

$$[O_2]^2 = 2k_1 \cdot kt + 2C \quad (13)$$

$$[O_2] = \sqrt{2k_1 \cdot kt + C'}$$

C' is een willekeurige andere constante dan C . Gekoppeld aan de werkelijkheid is $C' = [O_2]_0$, de waarde van $[O_2]$ bij $t = 0$.

$$[O_2] = \sqrt{2k_1 \cdot kt + [O_2]_0^2} \quad [O_2] = \sqrt{2k_1 \cdot kt} + [O_2]_0 \quad (14)$$

- b. Controleer vergelijking (14) door beide zijden te differentiëren en te controleren of dat als resultaat

$$\frac{dO_2}{dt} = k_1 \cdot \frac{k}{O_2}$$

levert. Een belangrijke tussenstap hierbij is

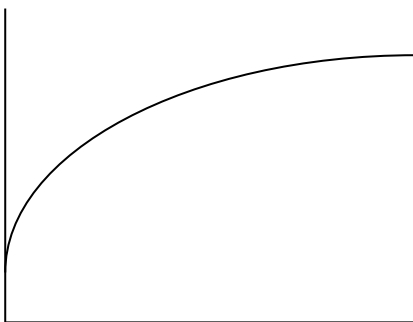
$$\frac{d[O_2]}{dt} = (2k_1 \cdot k)^{1/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}}$$

Hierin moet je $\sqrt{t}$ nog uitdrukken in $[O_2]$ om het eindresultaat te krijgen (zie vergelijking (13))

- c. Voer vergelijking (14) in je rekenmachine in. Neem voor k_1 , k en $[O_2]_0$ bijvoorbeeld 1 (één). Komt er een maximum aan de zuurstofproductie?
- d. Neemt na zeer grote tijd de zuurstofconcentratie nog steeds toe volgens dit wiskundig model?
- e. Door de geringe oplosbaarheid van zuurstof komt er een eind aan de toename van $[O_2]$. Wat gebeurt er dan met de zuurstof?

In tegenstelling tot de verkregen grafiek (voor een schets zie figuur 31) zal in de biologische werkelijkheid de zuurstofconcentratie al eerder tegen de tijd constant worden doordat er ook een interactie is tussen de consumenten en producenten zodat er een **evenwicht** ontstaat. Je kunt voor de waarde van deze eindconcentratie in analogie van vergelijking (5) een formule opstellen.

In de volgende vergelijking zijn de factoren consumenten en producenten gecombineerd:



Figuur 31: zuurstofconcentratie.

$$\frac{d[O_2]}{dt} = -k_{\text{cons}}[O_2] + \frac{k_{\text{prod}}}{[O_2]} \quad (15)$$

In deze formule zie je dat de consumenten zorgen voor een afname van de zuurstofconcentratie (ze zijn recht evenredig) en de producenten zorgen voor een toename (ze zijn omgekeerd evenredig; zie vergelijking (12).)

In de evenwichtssituatie is

$$\frac{d[O_2]}{dt} = 0$$

Dus:

$$\frac{k_{\text{prod}}}{[O_2]} = k_{\text{cons}} \cdot [O_2] \quad (16)$$

- f. Stel aan de hand van vergelijking (16) een formule op voor de zuurstofconcentratie in de evenwichtssituatie en bereken of deze overeenkomt met je biologische kennis.

Het lijkt vreemd dat eerst de producenten en de zuurstofproductie recht evenredig (vergelijking (10)) zijn en nu blijken ze ook omgekeerd evenredig te zijn (vergelijking (12)).

Combineer je beide vergelijkingen, dan krijg je

$$[O_2] = k_1[\text{prod}]$$

en

$$[O_2] = \frac{k_2}{[\text{prod}]}$$

Dus

$$k_1[\text{prod}] = \frac{k_2}{[\text{prod}]}$$

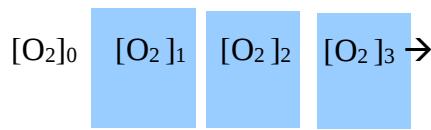
$$[\text{prod}]^2 = \frac{k_2}{k_1}$$

$$[\text{prod}] = \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} = \text{constant} \quad (17)$$

Dus in een bepaalde kolom bij een bepaalde soort alg, met een bepaalde k_1 en k_2 ligt de $[\text{prod}]$ vast in een evenwicht, in de tijd. Vergelijking (17) is biologisch aannemelijk: de $[\text{prod}]$ is groter naarmate k_1 kleiner is: er is veel prod nodig om zuurstof te maken bij kleine k_1 .

- g. Bedenk zo'n zin voor k_2 .

5.3 Een aantal waterkolommen op een rij (1D)



Figuur 32: 1D-model waterkolom.

Je hebt in figuur 29 bekeken wat er in één waterkolom gebeurt. Je gaat nu meerdere waterkolommen naast elkaar schakelen. Dit noem je het **1D-model**. Zie figuur 32.

Van links naar rechts vindt een verplaatsing plaats met een gemiddelde snelheid v .

49. Opdracht over 1D

a. Hoe heet deze verplaatsing met snelheid v ?

Je blijft naar zuurstof kijken als een van de stoffen die bij de belangrijkste reacties in de waterkolom een rol spelen. Je gaat een model opstellen voor de zuurstofconcentraties $[O_2]_0$ tot en met $[O_2]_3$. Deze concentraties zullen kunnen veranderen van kolom tot kolom, want in de diverse kolommen vindt zuurstofproductie én zuurstofconsumptie plaats. Per waterkolom geldt vergelijking (15)

$$\frac{d[O_2]}{dt} = k_{prod} \cdot [O_2] - k_{cons} \cdot [\text{gebruikers}] \quad (18)$$

maar nu aangevuld met de aanvoer van links en de afvoer naar rechts. Voor kolom 1 is dat voor de **aanvoer**: $v \cdot A[O_2]_0 / V$ en $-v \cdot A[O_2]_1 / V$ voor de afvoer. Hierin is A de oppervlakte van een zijwand; V het volume van één waterkolom. Dus voor kolom 1 geldt:

$$\begin{aligned} \frac{d[O_2]_1}{dt} = & k_{prod} \cdot [O_2]_1 - k_{cons} \cdot [\text{gebruikers}]_1 \\ & + v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V} - v \cdot \frac{A[O_2]_1}{V} \end{aligned} \quad (19)$$

Je ziet index 1 en index 0 een aantal malen terugkomen. Voor de andere kolommen gelden overeenkomstige andere indices (dit heet **cyclisch verwisselen**): Voor kolom 2:

$$\begin{aligned} \frac{d[O_2]_2}{dt} = & k_{prod} \cdot [O_2]_2 - k_{cons} \cdot [\text{gebruikers}]_2 \\ & + v \cdot \frac{A[O_2]_1}{V} - v \cdot \frac{A[O_2]_2}{V} \end{aligned} \quad (20)$$

b. Geef de vergelijking voor kolom 3.

Als alle relevante omstandigheden in de drie kolommen aan elkaar gelijk zijn en in de drie kolommen gelijke evenwichtssituaties heersen, zullen de evenwichtsconcentraties zuurstof in de drie kolommen gelijk moeten zijn.

Je kunt dit wiskundig als volgt bewijzen:

$$\frac{d[O_2]}{dt} = 0 \text{ in de drie kolommen.}$$

Dus geldt in kolom 1 (Zie vergelijking (19):

$$\frac{d[O_2]}{dt} = k_{prod} \cdot [O_2]_1 - k_{cons} \cdot [gebruikers]_1 + v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V} - v \cdot \frac{A[O_2]_1}{V} = 0$$

c. Bereken $[O_2]_1$

In het antwoord van deze vraag staat alleen $[O_2]_0$ als variabele. Je kunt dus in iedere kolom de zuurstofconcentratie uitrekenen, als je de zuurstofconcentratie van de kolom ervoor weet.

Stel dat in deze evenwichtssituatie de zuurstofconcentratie in de eerste kolom ($[O_2]_1$) gelijk is aan $[O_2]_0$ (zie figuur 30.) Dan kun je laten zien dat $[O_2]$ in alle kolommen gelijk is en het 1D-model dus in feite weer een 0D-model is geworden, onder de voorwaarde dat $[gebruikers]$ in alle kolommen aan elkaar gelijk zijn.

In kolom 1 geldt:

$$k_{prod} \cdot [O_2]_1 - k_{cons} \cdot [gebruikers]_1 + v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V} - v \cdot \frac{A[O_2]_1}{V} = 0$$

Er geldt $[O_2]_1 = [O_2]_0$ Dus:

$$v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V} = v \cdot \frac{A[O_2]_1}{V}$$

Dus de laatste twee termen vallen tegen elkaar weg.

Dus

$$k_{prod} \cdot [O_2]_1 - k_{cons} \cdot [gebruikers]_1 = 0$$

Deze formule had je bij het 0D-model ook.

Dezelfde procedure kun je toepassen op de volgende kolommen met als resultaat

$$k_{prod} \cdot [O_2]_2 - k_{cons} \cdot [gebruikers]_2 = 0$$

$$k_{prod} \cdot [O_2]_3 - k_{cons} \cdot [gebruikers]_3 = 0$$

Dit resultaat had je ook mogen verkrijgen door eenvoudigweg cyclisch te verwisselen. Als $[gebruikers]$ in alle drie de kolommen gelijk aan elkaar zijn kun je voor $k_{cons} \cdot [gebruikers]_1$ en $k_{cons} \cdot [gebruikers]_2$ en $k_{cons} \cdot [gebruikers]_3$ dezelfde constante, Q schrijven.

d. Doe dit en voltooi het bewijs.

Als de zuurstofconcentratie van de aanvoer ($[O_2]_0$) groter is dan de zuurstofconcentratie in de eerste kolom ($[O_2]_1$) kun je met dezelfde formules als zojuist het verloop van de zuurstofconcentratie in de achtereenvolgende kolommen bepalen. Je blijft uitgaan van een zelfde evenwicht dat door de hogere ($[O_2]_0$) langzaam **verschuift**, zodat $[O_2]_1$ groter wordt. Maar die nieuwe **evenwichtsligging** is nog niet bereikt. Die nieuwe uiteindelijke evenwichtsligging is via een scheikundige **evenwichtsbeschouwing** als volgt te berekenen.

$$\frac{[O_2]_1}{[\text{stof A}]} = K$$

Daarbij is K de **evenwichtsconstante** en A de stof waarmee O_2 in evenwicht is bijvoorbeeld CO_2 .

Stel: vóór de **verstoring** van het evenwicht $[O_2]_1 = 2$ en $[A] = 2$. $K =$ dus 1. Er wordt als verstoring 2 extra zuurstof aangevoerd. $[O_2]$ is nu 4, althans voorlopig, want het evenwicht gaat nu verschuiven. Stel dat daarbij x zuurstof verdwijnt en x van stof A ontstaat. Bij de nieuwe evenwichtssituatie geldt dan:

$$\frac{([O_2]_1 - x)}{(\text{stof A} + x)} = K$$

want K is constant. Dus

$$\frac{(4 - x)}{(2 + x)} = K = 1$$

e. Bereken hieruit x en zeg wat het resultaat voorstelt.

Hetzelfde zou je kunnen uitrekenen voor de volgende kolommen. Als de verblijftijd in kolom 1 te kort is om het nieuwe **evenwicht zich in te laten stellen** is de $[O_2]_0$ scheikundig niet te berekenen en met wiskunde wel (hoewel die wiskunde gewoon in de scheikunde gebruikt wordt.).

Dan ga je weer uit van de differentiaalvergelijking (19):

$$\begin{aligned} \frac{d[O_2]_1}{dt} &= k_{prod} \cdot [O_2]_1 - k_{cons} \cdot [\text{gebruikers}]_1 \\ &\quad + v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V} - v \cdot \frac{A[O_2]_1}{V} \end{aligned}$$

Omdat het een evenwichtssituatie is, geldt

$$\frac{d[O_2]_1}{dt} = 0$$

Dus:

$$k_{prod} \cdot [O_2]_1 - k_{cons} \cdot [\text{gebruikers}]_1 + v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V} - v \cdot \frac{A[O_2]_1}{V} = 0$$

Hieruit kun je een formule voor $[O_2]_1$ afleiden als volgt (alles met $[O_2]_1$ naar links, de rest naar rechts:)

$$k_{prod} \cdot [O_2]_1 - v \cdot \frac{A[O_2]_1}{V} = k_{cons} \cdot [\text{gebruikers}]_1 - v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V}$$

($[O_2]_1$ buiten haakjes halen:)

$$[O_2]_1 \left(k_{prod} - v \cdot \frac{A}{V} \right) = k_{cons} \cdot [\text{gebruikers}]_1 - v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V}$$

$$[O_2]_1 = \frac{\left(k_{cons} \cdot [\text{gebruikers}]_1 - v \cdot \frac{A[O_2]_0}{V} \right)}{\left(k_{prod} - v \cdot \frac{A}{V} \right)}$$

(21)

Dit kun je vergelijken met de overeenkomstige vergelijking in het geval dat $[O_2]_0 = [O_2]_1$ in kolom 1:

$$[O_2]_1 = \frac{k_{\text{cons}} \cdot [\text{gebruikers}]_1}{k_{\text{prod}}} \quad (22)$$

(Zie vergelijking (7))

Vergelijking (21) moet groter zijn dan vergelijking (22), omdat bij de gele er extra zuurstof wordt aangevoerd. Om te zien onder welke voorwaarde dat inderdaad zo is, schrijf je ze als hieronder waar alle constanten zijn samengevat in enkele aansprekende woorden:

$$[O_2]_1 = \frac{(\text{aap} - [O_2]_0 \text{ mies})}{\text{noot} - \text{mies}} \quad (23)$$

$$[O_2]_1 = \frac{\text{aap}}{\text{noot}} \quad (24)$$

Aap, noot en mies zijn positief want de v en de k 's zijn positief gedefinieerd en negatieve A en negatieve V zijn onmogelijk.

- f. Als je alleen naar de noemers kijkt moet vergelijking (23) groter zijn dan vergelijking (24). Leg uit.
- g. Laat zien voor welke waarde van $[O_2]_0$ bij groeiende mies de noemer meer kleiner wordt dan dat de teller kleiner wordt.
- h. Aap, noot en mies zijn constanten in een gegeven situatie; $[O_2]_0$ is de enige variabele. Hoe groter deze is hoe kleiner de teller wordt en hoe kleiner de gele breuk wordt. Klopt dat met werkelijkheid? Geef je conclusie. Put je uit in argumenten.

200-minutengrens

Wellicht heb je voor de beantwoording van de volgende vragen of verdere studie er baat bij op de website van het NIOZ het North Sea model te raadplegen, zie ►URL30.

Deeltjesdichtheidvariatie in de z-richting

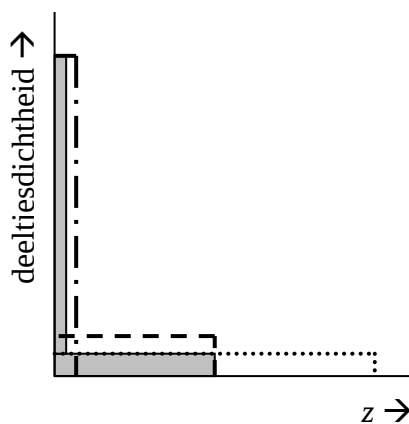
50. Vraag

Wat is de deeltjesdichtheidvariatie in de z -richting als de (macroscopische) deeltjes in de waterkolom **homogeen** verdeeld zijn?

Je gaat kijken wat de deeltjesdichtheidvariatie is in de waterkolom bij uitzakken van de **suspensie** gehomogeniseerd door een hevige **turbulentie**.

51. Practicum

Schut een beetje kalkpoeder met gedestilleerd water in een reageerbuis. Je hebt nu in de reageerbuis een homogeen verdeelde suspensie van kalk. Zorg dat de **deeltjesdichtheid** zo



Figuur 33: deeltjesdichtheid.

klein is dat je al bijna door de suspensie heen kunt kijken door indien nodig gedestilleerd water toe te voegen. Zet de reageerbuis met de suspensie op een rustige plaats en kijk, eerst vaak en later minder vaak, wat er gebeurt. Kijk naar de verdeling van de deeltjes in de z-richting. Let daarbij op de deeltjesdichtheidsvariatie en op de grootte van de deeltjes. Gebruik een loep.

52. Wiskundige analyse deeltjesdichtheid

Om dit wiskundig te bekijken, neem je de z-richting omhoog als positief, met $z = 0$ op de bodem. Je bekijkt de deeltjesdichtheid zoals deze afhangt van de hoogte. De hoogte z is dus de **onafhankelijke variabele** en dus de **horizontale as**. Zie figuur 33. De deeltjesdichtheid is de **afhankelijke** variabele en daarom neem je die als **verticale as**.

- In figuur 33 zijn vier grafieken uitgezet. Om ze te onderscheiden zijn verschillende lijnsoorten gebruikt: stippellijnen, streepjeslijnen, streepstippellijnen en een grijs vlak. In een van deze grafieken is de deeltjesdichtheid tegen de hoogte uitgezet als de suspensie zojuist geschud is, dus homogeen is. Leg uit welke grafiek dat is. Geef dat aan met de lijnsoort die in de grafiek is gebruikt.
- In dezelfde figuur is de situatie weergegeven als de suspensie volledig is uitgezakt. Welke grafiek is dat? Leg uit.

Nu de situatie op het tijdstip dat het uitzakken halverwege is. Hiervoor zijn twee mogelijkheden in figuur 33 aangegeven:

- Mogelijkheid 1.** De gedachte hierachter is dat de suspensie half uitgezakt is, maar niet neergeslagen: de deeltjes zijn twee keer zo dicht op elkaar gaan zitten.
- Hoe is dit in figuur 33 aangegeven? Leg uit.
 - Mogelijkheid 2.** De gedachte hierachter is dat de deeltjesdichtheid gelijk blijft, maar daar waar de bodem bereikt wordt, de deeltjes het uitgezakte neerslag vormen, dat nu half zo hoog is als het uiteindelijke totale neerslag.
- Hoe is dit in figuur 33 aangegeven? Leg uit.
 - Maak van mogelijkheid 1 en 2 tekeningen, met daarin in grijs tinten de deeltjesdichtheid gesymboliseerd.

Wat is nu waar: mogelijkheid 1 of mogelijkheid 2 of nog iets anders?

Je gaat voor dit probleem een aantal **fysieke modellen** bedenken om aan de hand daarvan het wiskundige model te kunnen bedenken. De fysieke modellen betreffen allemaal een

spoorstation met een perron en een toevoergang (zie figuur 34) naar het perron met een buitendeur.



Figuur 34: toevoergang naar het perron.

Model 1 bij mogelijkheid 1

De mensen komen via de buitendeur de gang in: een constant aantal mensen per minuut. De mensen in de gang en op het perron zijn en blijven homogeen verdeeld. Zodra het perron evenveel mensen per vierkante meter herbergt als in de gang, gaat de buitendeur dicht. De mensen blijven richting perron lopen. Als de grens wel mensen / geen mensen (het “front”) halverwege de gang is gevorderd, lopen de mensen twee keer zo dicht bij elkaar als eerst. Als iedereen op het perron is aangekomen staan de mensen maximaal dicht bij elkaar, maar nog steeds homogeen verdeeld.

53. Terug naar de werkelijkheid bij model 1

Er moet een oorzaak zijn voor het dichter bij elkaar gaan zitten van de deeltjes. Een mogelijke oorzaak is dat ze elkaar aantrekken. Bijvoorbeeld doordat deze deeltjes geladen zijn: om en om positief en negatief.

- Zijn deze **macrodeeltjes** (de onopgeloste deeltjes, de korreltjes van het kalkwater) onder gewone omstandigheden om en om positief en negatief geladen? Leg uit.
- Stel dat bij een regen- of sneeuwbus de druppels of de vlokken tijdens het vallen elkaar (effectief) zouden aantrekken, wat zou er dan naar beneden komen?
- Als de deeltjes elkaar aantrekken in de z-richting, zullen ze dat ook in de x-en y-richting doen. Wat zou je daardoor dan zien?
- Hoe geloofwaardig is dit model gezien de bovenstaande vragen en antwoorden?

Model 2 voor mogelijkheid 2

Net als in model 1 komt er een constante stroom mensen de gang in. De mensen lopen homogeen verdeeld door de toevoergang die uitkomt op het perron. Het aantal mensen dat per seconde de gang verlaat en op het perron tot stilstand komt, is constant. Op

het moment dat het op het perron net zo druk is als op de gang, gaat ook in dit model de buitendeur dicht. De mensen blijven echter steeds even ver van elkaar met constante snelheid doorlopen. De enige reden dat ze stoppen is dat ze op het perron niet meer verder kunnen. Daar gaan ze maximaal dicht tegen de spoorlijn staan en er komen steeds meer rijen mensen bij die maximaal dicht tegen deze eerste rij en naast elkaar staan. Ondertussen loopt de gang met een constante snelheid leeg. Het **front** schuift met die constante snelheid op. Als het front halverwege de gang is, is de dikte van de rijen op het perron tegen de spoorlijn de helft van wat hij uiteindelijk zal worden.

54. Terug naar de werkelijkheid bij model 2

- Waarom stoppen de deeltjes met zakken? Geef twee oorzaken.
- De deeltjes zakken met een constante snelheid: er is geen versnelling of vertraging. Er werkt dus geen kracht op, of de resultante van de krachten die op de deeltjes werken is nul. Welke krachten werken op de deeltjes?
- Leg uit waardoor de resultante van deze krachten nul is. Neem in je uitleg op dat er sprake is van vectoren. Heb het dus over grootte en richting.
- Stel dat de resultante van de krachten van een deeltje even niet nul is. Leg uit waardoor dat alleen maar voor even kan zijn.
- Waar hangt de zwaartekracht van de deeltjes vanaf?
- Waar hangt de opwaartse kracht vanaf?
- Waar hangt, naast de snelheid, de wrijvingskracht van de deeltjes van af?
- Wanneer hebben de deeltjes dus allemaal dezelfde snelheid v ?
- Hoe geloofwaardig is dit model? Leg uit.

55. Wiskundige modellen

- Je gaat een wiskundig model opstellen voor de daling van het front. Een wiskundig model is vaak in de vorm van een formule. Het front daalt met een eenparige snelheid v . De z -coördinaat van het front noem je z_f . Bedenk een formule voor hoeveel het front is gedaald na t sec.
- Je gaat ook het wiskundig model opstellen voor de uitgezakte massa M die de bodem bereikt (of niet verder kan doordat er al een laagje vaste stof op de bodem ligt). De massa per deeltje is m in mg. De massa die op de bodem is aangekomen, is gelijk aan de massa die boven uit de waterkolom verdwenen is, want de lagen schuiven gewoon op. Deze massa is de lengte van de schone waterkolom maal de doorsnede van de reageerbuis A in cm^2 maal de deeltjesdichtheid c in deeltjes per cm^3 maal de massa per deeltje. Schrijf dit in een formule.
- Combineer beide formules.
- Wat zegt deze formule over de hoeveelheid vaste stof die per tijdseenheid neerslaat? Leg uit.

e. Ben je hier tevreden over? Leg uit.

Echter, het tussenkopje boven vraag 50 luidde:
deeltjesdichtheidvariatie in de z-richting. Nu lijkt vooralsnog de
deeltjesdichtheid c constant te zijn. Hoe zit dat?

56. *Constante deeltjesdichtheid*

- a. Heb je met je loop in de proef een constante
deeltjesdichtheid waargenomen?

Practicum

- b. Het lijkt erop dat de deeltjesdichtheid naar onderen
toeneemt, maar dat kan veroorzaakt zijn doordat de grootste
deeltjes naar beneden toe frequenter voorkomen en de
deeltjesdichtheid in feite toch constant is. Ga gericht op deze
mogelijkheden kijken met de loop. Neemt de grootte van de
deeltjes naar beneden toe?

5.4 Natuurwetenschappelijk onderzoek

Je gaat de natuurwetenschappelijk werkwijze toepassen:

- De **waarneming** is: naar beneden neemt de witheid van de suspensie geleidelijk toe.
- De **probleemstelling** is: wat is daarvan de oorzaak?
- De **hypothese** is: de grotere deeltjes zakken sneller naar beneden.

57. Natuurwetenschappelijk onderzoek

Practicum

- a. Bedenk een **hypothese-toetsend experiment** om dit vast te stellen. Voorkóm in dit experiment dat door oppervlaktespanning de deeltjes (even) blijven drijven door ze van tevoren te schudden met wat water. Maak krijt fijn in een mortier. Hoe langer je fijn maakt hoe kleiner de deeltjes. Neem vier monsters tijdens het fijnwrijven. Meng de monsters met een beetje water. Neem van ieder van de monsters een druppel op aan de druppelstaaf en raak het water aan in ieder van de vier reageerbuisen. Kijk welke deeltjes het snelst vallen in het water.
- b. De uitslag van het experiment draagt bij aan de **theorie**vorming. Hoe luidt de theorie?

Je gaat de theorie onderbouwen met een natuurkundig / wiskundig **model**. De formule van de zwaartekracht die werkt op een deeltje met massa m is: $F_z = m \cdot g$. In dit model moet je voor zwaartekracht

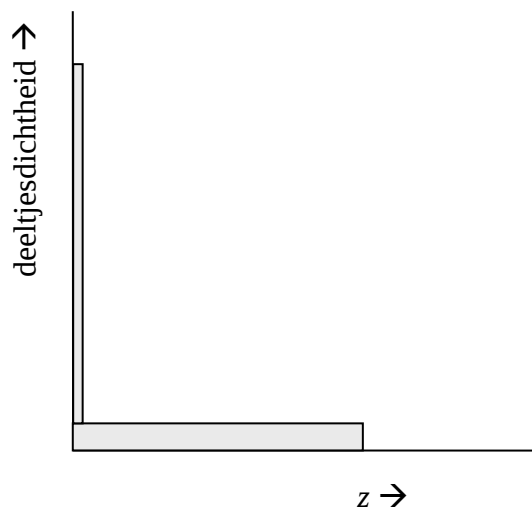
en F_z lezen: de zwaartekracht gecorrigeerd voor de opwaartse kracht.

- c. Schrijf hierin m als functie van de straal r van het deeltje en van de dichtheid ρ van het deeltje en ρ_l de dichtheid van de omringende vloeistof.
- d. De wrijvingskracht F_w op een deeltje is recht evenredig met de zogenaamde relevante oppervlakte A_r . De wrijvingskracht hangt ook samen met de valsnelheid v . Hoe die afhankelijkheid is, weet je niet. Je stelt dat de wrijvingskracht ook recht evenredig is met die snelheid. Noem de evenredigheidsconstante D . Verwerk deze informatie tot een **formule voor de wrijvingskracht**.
- e. De **relevante oppervlakte** is de oppervlakte zoals het bolletje door het water wordt tegengehouden. Dat is ongeveer de oppervlakte zoals wij een bol als bijvoorbeeld de maan zien. Schrijf deze oppervlakte als functie van de straal r van het deeltje.
- f. Vul dit in, in de formule van de vorige vraag.
- g. Stel de formule voor de zwaartekracht op het bolletje gelijk aan de formule voor de wrijvingskracht en leid daaruit een formule voor de valsnelheid als functie van de straal af.

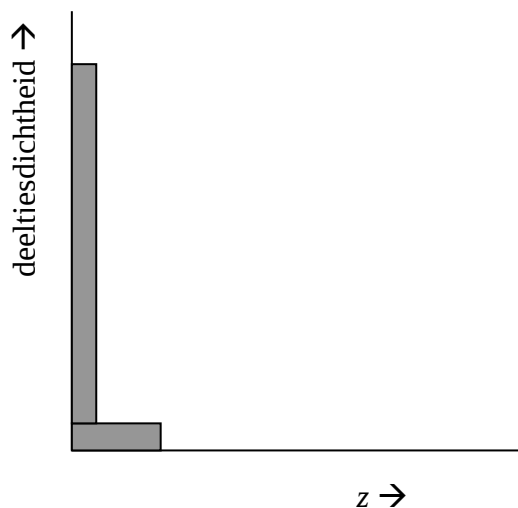
De snelheid waarmee de suspensie uitzakt, hangt dus volgens deze wiskundige onderbouwing inderdaad van de grootte van de deeltjes af.

58. Fysiek model 3. Optelsom van oneindig veel modellen

- a. Mensen lopen door de aanvoergang naar het perron. De mensen lopen niet even hard. De *kleuters* lopen langzamer dan de grotere *kinderen*. Deze lopen langzamer dan de *volwassenen*. Door hun verschil in loopsnelheden zijn de drie groepen niet even ver gevorderd. De *kleuters* zijn tot op een kwart gevorderd, de *kinderen* tot op de helft en de *volwassenen* tot op driekwart. De grafieken hiervan zijn in figuren 32, 34 en 35 getekend. Bij welke groep personen horen deze grafieken?



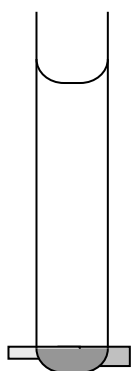
Figuur 35: deeltjesdichtheid optie 1.



Figuur 36: deeltjesdichtheid optie 2.



Figuur 37:
reageerbuis
optie 1.



Figuur 38:
reageerbuis
optie 2.

Terug naar de werkelijkheid met model 3.

- b. De benadering van de werkelijkheid is de optelling van de drie grafieken. In figuur 37 is de bodem van de reageerbuis getekend ruwweg overeenkomstig de figuren 32, 34 en 35 ook wat betreft de kleurcode. Alleen zitten de kleurcodes door elkaar. Immers het “regent” in de buis drie groottes van deeltjes. Ze komen tegelijk aan op de bodem, maar van de grootste deeltjes is daar drie keer zoveel als van de kleinste. In figuur 38 is dit gesymboliseerd qua hoeveelheid. Is het ook juist gesymboliseerd qua plaats? Leg uit.
- c. Waarom bestaat dan uiteindelijk de bovenste laag van het volledig bezonken neerslag volledig uit de fijnste korreltjes?
- d. Teken de rest van de buis. Bedenk daarbij dat het fijnste neerslag zich gemengd heeft, zich opgeteld heeft, met het middelfijne en het minst fijne. Zo ook heeft het middelfijne zich gemengd met het minst fijne. Pas de digitale tekentechniek van figuren 36 en 37 toe om dat te demonstreren.
- e. De kleurcode van de grijs tinten houdt in: hoe donkerder grijs, hoe grotere m (massa per deeltje). Dit komt in figuur 37 niet overeen met verschillen in witheid of deeltjesdichtheid. Leg uit.
- f. Het bovenste kwart van de rest van de buis is volledig doorzichtig. Hoe komt het verschil in grijs tinten in de werkelijkheid tot uiting in de andere drie kwarten van de buis? Begin bij de lichtste tint grijs. Meld ook de mate van witheid van deze kwarten.
- g. In werkelijkheid is zijn er geen overgangen te zien tussen de mate van witheid en de mate van (on)doorzichtigheid. Hoe kun je het model aanpassen om het wat dit betreft meer overeen te laten komen met de werkelijkheid?
- h. Zet in een grafiek de witheid (y -as) uit tegen de hoogte (z -as). Leg uit.

- i. Ben je tevreden met de beschrijving van de werkelijkheid door het derde model?

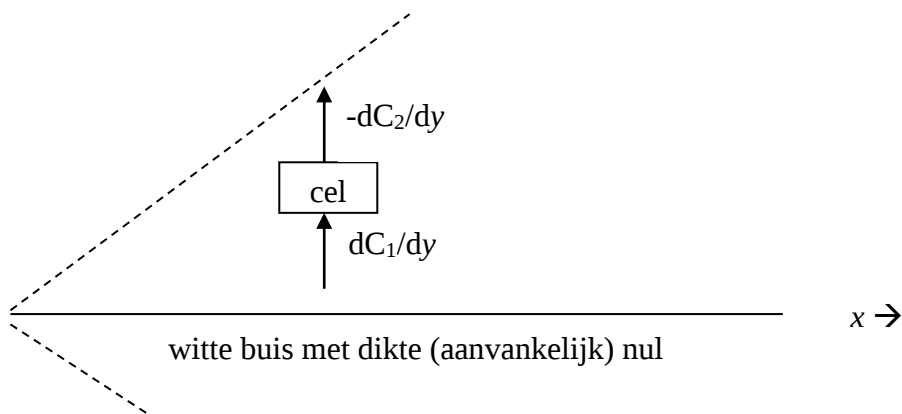
Pluim

In het onderstaande verhaal gaat het over diffusie. In werkelijkheid is er ook dispersie. **Dispersie** is de verplaatsing van een stof in een richting loodrecht op de stromingsrichting. Dispersie wordt veroorzaakt door turbulentie.

59. Vraag

Zoek terug waar sterke turbulentie door wordt veroorzaakt. Noem vijf oorzaken.

Diffusie is puur het fysisch proces van spontane spreiding door de moleculaire beweging, zonder invloed van buitenaf. Het is niet nodig voor turbulentie een afzonderlijk model te ontwikkelen. Je mag voor het model van dispersie een zelfde model als voor diffusie gebruiken, maar wel met eigen, andere constanten. Het verhaal in de x-richting hebben we gehad. Het verhaal in de y-richting is in principe hetzelfde. Maar de combinatie van de x-richting en de y-richting levert nieuwe inzichten op: bijvoorbeeld de verspreiding in het horizontale vlak. Dit levert ook niet veel nieuws op als de spreiding in de x- en in de y-richting hetzelfde is. Heb je in de y-richting diffusie en in de x-richting de reststroom, dan krijg je een pluim als in figuur 39. Diffusie in de x-richting verwaarloos je ten opzichte van de reststroom omdat de reststroom veel sterker is. Je kijkt in één horizontaal vlak. Dus de variatie in de z-richting is nul. Als je bij $x = 0$ aanneemt dat er nog geen diffusie is, krijg je, gaande in de x-richting, steeds meer diffusie in de y-richting: naar je toe en van je af, als de positieve x-richting naar rechts is. Met als gevolg een pluim, zie de stippellijnen in figuur 39. We gaan op zoek naar een wiskundig model hiervoor.



Figuur 39: pluim.

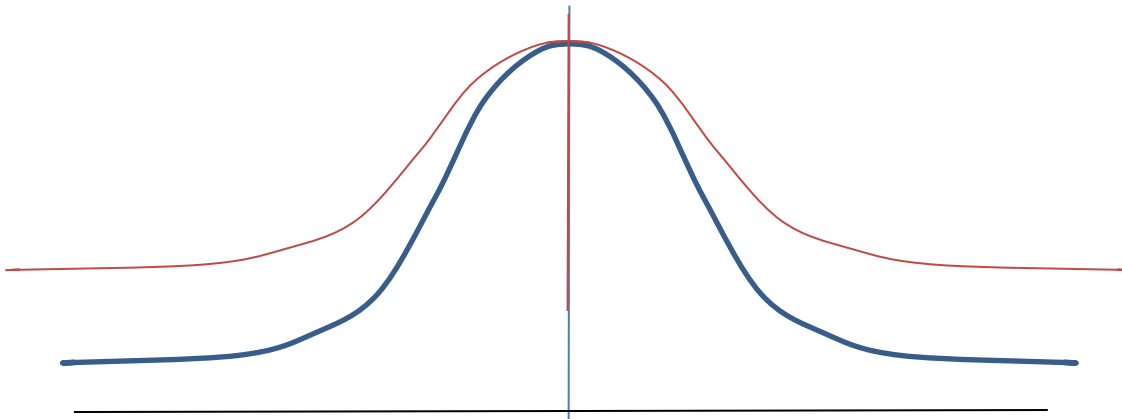
Lollymodel en wittestreepmodel

Op $x = 0$ zit een voeding van een stof, bijvoorbeeld een lekke pijpleiding. Als model daarvan nemen we een lolly. Deze lolly

maakt in de x richting (naar rechts) een smalle "staaf" met een constante concentratie suiker doordat de aanvoer constant is en de reststroom er langs stroomt. Deze suikerstaaf gaat diffunderen van je af en naar je toe (de positieve en de negatieve y-richting): je krijgt een uitgewaaierde suikerstreep. De concentratie is zich vanuit de buis van je af en naar je toe gaan spreiden. De concentratie in de suikerbuis wordt "uitgemolken".

Je kijkt nog steeds alleen horizontaal, loodrecht op de suikerbuis. De vraag is: wat het verloop van de concentratie in die y-richting? Je kijkt naar een cel een eindje van de suikerbuis af. Zie figuur 39. Er is aanvoer van suiker de cel in dC_1/dy en afvoer aan de andere kant, de cel uit van $-(\text{min!}) dC_2/dy$. Netto is dit $(dC_1/dy) - (dC_2/dy)$.

Je wilt weten hoe hard deze netto toevoer verandert per afstandselementje dy . Deze netto toevoerverandering is $d(dC_1/dy) - (dC_2/dy)/dy$. Dit laatste bepaalt hoe sterk de concentratie per tijdseenheid (dC/dt) verandert. Het is ermee recht evenredig. De evenredigheidsconstante ertussen heet de diffusieconstante (D). De formule wordt dan $dC/dt = D \cdot d\{dC_1/dy - (dC_2/dy)\}/dy$. Oplossen van deze differentiaalvergelijking leidt tot de bekende normaalverdeling met de even bekende Gausskromme als grafiek, zie figuur 40.



Figuur 40: Gausskromme.

60. Vragen over de Gausskromme

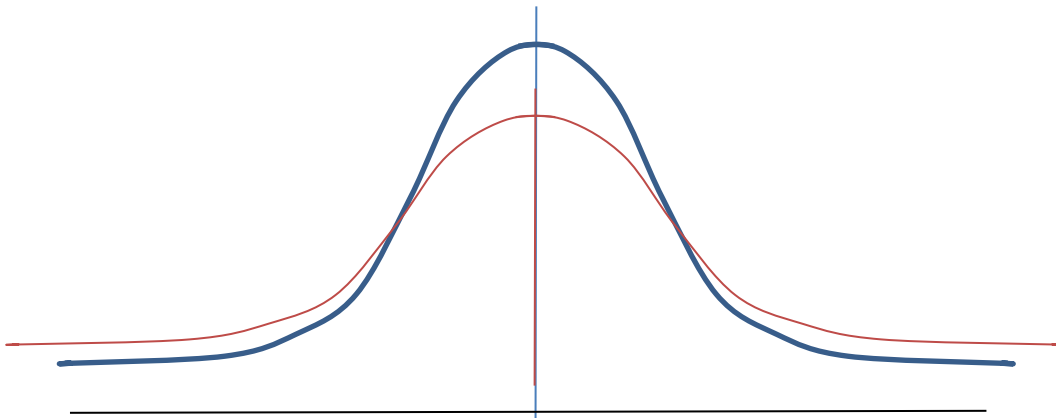
- De eerste stap bij het oplossen van de differentiaalvergelijking is beide zijden **primitiveren** naar de tijd. Wat komt er dan aan de voorkant van de vergelijking te staan?
- Vervolgens moet er nog een keer geprimeerd worden. Waarom?
- Wat komt er dan wat betreft C aan de linkerzijde te staan?
- Begrijp je nu dat de Gausskromme spiegelsymmetrisch is met de verticale as als spiegelas? Leg uit.
- Wat staat er langs de horizontale as uitgezet in figuur 40?
- Wat staat er langs de verticale as uitgezet?

Je ziet dat vlak bij de suikerbuis de concentratie vrijwel de beginconcentratie is.

g. Waarom is de concentratie niet verminderd?

Dat geldt voor de beide krommen in figuur 40.

- h. Wat is nu het verschil?
 - i. Welke van beide krommen is het laatst in de tijd, de dikke of de dunne? Leg uit.
 - j. Van welke kromme is het oppervlak het grootst? Leg uit.)
 Als er geen verversing van de voeding optreedt, kun je als model beter nemen een witte streep in de lucht van een vliegtuig. Je ziet hiervoor een tweede samenstel van grafieken: figuur 41.
 - k. Verklaar de verschillen tussen figuur 40 en figuur 41.
 - l. Is de oppervlakte onder de beide krommen in figuur 41 (ook) gelijk aan elkaar? Leg uit.
 - m. Leg uit waarom de krommen in figuur 41 elkaar snijden.
 - n. Past de suikerbuis of past de witte vliegtuigstreep het best bij de werkelijkheid in de Noordzee? Leg uit.
 - o. In welke situatie is het andere model beter bruikbaar?
 Beide modellen beschreven geen pluim.
 - p. Wanneer ontstaat er een pluim? Geef de relatie met figuur 40 of 40. Verklaar je keuze
- Tot nu is alleen naar diffusie in de y-richting gekeken, maar in de x-richting is er evengoed diffusie.
- q. Welke figuur levert de combinatie van de x- en de y-richting op? Denk aan een steentje in het water.
 - r. Hoe verandert die figuur in de tijd?
 - s. Door de reststroom schuiven deze figuren in de x-richting op. Wat krijg je dan voor een figuur? Laat door een tekening zien.
 - t. De voeding van deze figuur moet maar een beperkte tijd actief zijn om deze figuur te kunnen zien. Hoelang is de voeding in deze figuur actief (geweest)?
 - u. De reststroom en de voeding daarvan (de rivieren) is veel langer actief. Er ontstaan oneindig veel van deze figuren. Wat is de resultante van al deze figuren?



Figuur 41: verschoven Gausskromme.

6. Lessenserie Ontwikkelingen in de tijd

Noordzee

6.1 Instructie

Deze editie van de Noordzee-atlas is uitgegeven (zie pagina 2) in 2004. Dat betekent dat er ondertussen veranderingen kunnen hebben plaatsgevonden. Zie ►URL2. Bijvoorbeeld van een beslissingstraject dat in 2004 ingezet was maar toen nog niet en misschien ondertussen wel voltooid. Zo staat op pagina 62 over windturbineparken dat er op proef binnen de **12-mijlszone** een windturbinepark is toegestaan en “Naar verwachting zullen de windturbines in 2005 worden geplaatst.” De ►Bosatlas 54-ste editie (2012) kaart 95 vertelt al wat meer.

Je kunt je dan afvragen:

- Hoe is dat afgelopen? Waren er veel protesten? Stáán ze er nu? Welke politieke argumenten waren doorslaggevend? Staan ze nu buiten de 12-mijlszone? Hoever?
- Wat is er van het proefproject geleerd? Wat zal het voortschrijdend inzicht nog opleveren?

Maar ook:

- Wat is de zin van windmolenparken?
- Wat is de effectiviteit? Kun je niet beter naar schaliegas gaan boren onder Noordzee?
- Waarom parken? Waarom in zee? Kost dat niet veel energie aan stroomvervoer?

En:

- Wat is de historie wat betreft molens in Nederland? De betekenis voor waterhuishouding in het verleden?
- Wat is de toekomst? Heeft RWS (Rijkswaterstaat) nog geplande projecten? Verdere uitgifte vergunningen. Technische voorwaarden daarin. Toekomstige relevante natuurwetenschappelijke ontwikkelingen. Economisch: waardedaling van huizen (dus van ozb, omzetbelasting) bij zicht op windmolens.

Je gaat dus als project een doorsnede maken door de tijd (verleden, heden, toekomst) van een aan de Noordzee gelieerd onderwerp.

Mogelijke onderwerpen zijn bijvoorbeeld:

- Ingang: Boyan Slat. Wat zijn de biologische en chemische consequenties van nanoplastic?

- Ingang: huidige beleidslijnen van RWS opvragen en daar een onderwerp uit afleiden.
- Beleid ten aanzien van olie- en gasboringen in de Waddenzee. Argumenten van de milieuverenigingen contra economische argumenten. Wat houdt **MER** in? Welke beroepen komen daar aan te pas?
- RWS is volgens insiders steeds meer een club van managers geworden en minder van ingenieurs. RWS moet nu expertise inkopen. Welke beroepen komen hier aan te pas? Welke opleidingen moet je hier voor volgen? Zijn er hogere opleidingen die combinaties zijn van management en techniek?
- Visserijbeleid: Moet bijvangst overboord of juist niet? Maakt bijvangst terug overboord sommige dieren in de voedselketen het te gemakkelijk om aan voedsel te komen en raakt de voedselketen en evolutie daardoor verstoord? Of moet je visvangst als een ondertussen bijna natuurlijke concurrent van de viseters zien waarmee een bijdrage aan de evolutie geleverd wordt? Het toetsen van beide hypothesen in vivo of in het laboratorium. Bijdragen van de wetenschap.
- Palingen worden geholpen langs de dammen in de rivieren stroomafwaarts te komen. Wat is het belang? Wat zijn de verdere verbanden tussen de zoetwater- en de zoutwater**ecologie**? Wat is de zin van die lange trektochten? Wat is de ontstaanshistorie?
- Verdere koppeling tussen de rivieren en de Noordzee: de rivieren voeren “alles” van het vaste land naar de Noordzee: uitspoeling van meststoffen bijvoorbeeld fosfaat. Er is een documentaire die aangeeft dat fosfaat opraakt in de wereld. De maakster van de documentaire heeft als uiterste consequentie zich laten steriliseren. Zonder fosfaatkunstmest kan de wereld niet gevoed worden. Recycling van fosfaat uit zeewater. Hoe? Chemisch? Elektrochemisch? Winnen van fosfaat uit algen?
- 15 september 2013 is er voor de kust van Texel op 8 meter diepte een wrak ontdekt van een Engelse onderzeeër van 50 meter lang. Zijn er nog torpedo's aan boord? Kunnen die nog werken na bijna 100 jaar? (Chemie) Het wrak werd op sonarbeelden herkend. Zie hoofdstuk 1 Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas opdracht 8.10 b en hoofdstuk 3 Lessenserie Hydrografie Abiotische Factoren
- De zeewierboerderij voor Texel. De biologie van zeewier. De plaats in de voedselketen. Wat deed men er vroeger mee? Hoe zit de zeewierboerderij in elkaar? Wat is het zinvolle van zeewier kweken en van de combinatie met de windmolenparken? Toekomst: toepassingen. Boerderijen elders. Zie ook nlt-module Brandstof voor het Leven.
- In opdracht 48 e heb je gezien dat de zuurstofconcentratie volgens het model steeds stijgt. Maar die concentratie wordt nooit groter dan de oplosbaarheid van zuurstof in water. De

zuurstof ontwijkt dan in de lucht. Maar dat gebeurt vóór de verzadiging ook al. Je gaat het model verbeteren door zowel de afdracht van zuurstof naar de lucht er wiskundig in te betrekken alsook de zuurstofopname uit de lucht.

- Nutriënten wisselen (afgezien van zure regen en het ontwijken van ammoniak) niet uit met de lucht. Je kunt in plaats van naar zuurstof te kijken, naar een nutriënt (N) kijken. Dan kun je een serie analoge formules opstellen.

$$[\text{fytoplankton}] = k_2 \cdot [\text{N}]$$

en

$$\frac{d[\text{fytoplankton}]}{dt} = k_1 \cdot \text{N}$$

Dus

$$[\text{N}] = \frac{[\text{fytoplankton}]}{k_2}$$

dan volgt hier uit:

$$\frac{d[\text{fytoplankton}]}{dt} = \frac{k_1}{k_2} \cdot [\text{fytoplankton}] = K \cdot [\text{fytoplankton}]$$

Je krijgt dan iets wat overeenkomt met de werkelijkheid: exponentiele groei van het fytoplankton. Projectvoorstel: Werk dit uit.

Als voorbeeld is een uitwerking gemaakt van het onderwerp:

Dreigende ontgroning Pijlerdam Oosterschelde

Het voorbeeld ga je bestuderen. Het (in ieder geval het deel dat de docent aanwijst) hoort tot de stof. Je ziet dat het voorbeeld voorzien is van een technisch verslag, bestaande uit een verantwoording van je keuze en een beschrijving van hoe je de informatie verzameld hebt en weergegeven. Je ziet dat er opdrachten in zijn verwerkt: gewone vragen, onderzoeksvragen en practica. Na de bestudering van het voorbeeld ga je aan de hand van dat voorbeeld en bovenstaande instructie zelf een project uitwerken, als je daarvoor kiest. Het project moet vragen bevatten, met de antwoorden als volgt weergegeven (DHL: Antwoord einde antwoord.). Je moet ook onderzoeksvragen voor de lezer bedenken en zelf practica bedenken of zoeken. Je moet dus niet series kennis oplepelen maar die kennis door de lezer zelf laten ontdekken en formuleren. Je hoeft je bij de keuze van je onderwerp zeker niet te beperken tot de hierboven gegeven voorbeelden. Ook in het verlengde van de drie andere lessenseries, of in combinatie met deze lessenserie, kun je een project maken. Je kunt ook een onderwerp bedenken in het verlengde van een van de opdrachten uit de lijst van Vragen en opdrachten bij de Noordzee-atlas of helemaal los van dit alles, als je het verband met de Noordzee maar kunt aangeven. Je levert je **paper** ter beoordeling in of je gaat je project aan de klas presenteren. Je kunt dan kiezen tussen een poster-, een ppt- of

een Prezipresentatie. De vragen en opdrachten uit je project kun je tijdens je presentatie inzetten om je publiek te activeren. Heel boeiend voor het publiek is het kort demonstreren van een practicum dat je gedaan hebt. Daarin een aantal van de te stellen vragen integreren is didactisch een goed idee.

6.2 Lessenserie Ontwikkelingen in de tijd Noordzee (Voorbeeld)

Dreigende ontgroning Pijlerdam Oosterschelde

Technisch verslag

Onderwerpkeuze

Ik (voorlopig spreek ik niet over *wij*: mijn werkpartner kreeg ik pas in een later stadium toegewezen) heb goed de voorbeelden gelezen. Ik was vast van plan Windmolenparken als onderwerp te nemen, tot ik 30 augustus 2014, de dag dat ik echt zou beginnen en heel toepasselijk hoofdartikel in de Gelderlander zag: Zorgen over Oosterscheldekering. De *infographic* daarbij trok mijn aandacht. Een infographic heeft net als de Noordzee-atlas veel informatie in zich. Vooral het rechterdeel met als tekst “Stroming veroorzaakt kuilen van zo’n 25 tot 30 meter diepte. De bodem ervan ligt rond de 60 meter onder NAP.” en “Als gaten niet aangevuld worden, dreigt de blokkenmat weg te zakken.” trokken mijn aandacht. Ik herkende deze situatie van het wegzakken van wrakken (pagina 56 van de Noordzee-atlas) met opdracht 9.5 b: “Leg uit waarom een wrak door getijstromen begraven kan worden” met als antwoord: “Rondom een wrak versnelt de stroom, omdat de stroom niet rechtdoor kan. Dit is te vergelijken met de vorm van een propeller en het zuigeffect van een waterstraalpomp. Door de versnelde stroom wordt zand uitgespoeld. Het wrak kan in het gat vallen, waarna een nieuwe slijpgeul ontstaat, enzovoort, tot het wrak in het zand verdwenen is.” Bovendien deed me het denken aan hoe van suspensies het meest fijnkorrelige materiaal het makkelijkst meegesleept wordt, met als opdracht 8.12 e: “Waarom neemt de korrelgrootte van zuid naar noord af?” met als antwoord: “Er worden suspensies aangevoerd. De grofste deeltjes bezinken het eerst. De kleinste deeltjes blijven lang zweven. De stroming is van zuid naar noord.” Evenals een deel van 8.12 h: “Practicum: Je kunt voor het bestuderen van het effect van diverse korrelgroottes weer een ander miniwaterloopkundig laboratorium bouwen, maar handiger is het na een fikse regenbui de gevolgen daarvan te bestuderen. In de goten kun je stromingspatronen vinden van zand vlak bij de putten. In tuintjes kun je zien dat in de wat lagere delen zwarte grond is neergeslagen. Ook in bossen en op zandpaden zie je dat. Ga in de praktijk na of dat allemaal iets met korrelgrootte te

maken heeft en zo ja wat.” Ook de diverse practica met miniwaterloopkundige laboratoria (opdrachten 8.3 b, 8.4 c en 8.12 h) zijn hiermee in verband te brengen. Misschien kan ik de situatie in een aquariumbak gaan *simuleren*, kijken wat er gebeurt en mijn bedachte oplossingen evalueren.

Daarmee was mij de problematiek duidelijk, begreep ik al iets van de oorzaken en kwamen de eerste adviezen al in me op.

Daarnaast is het onderwerp een probleem met een grote historische achtergrond. De vier oude kaarten van Nederland (nou ja: De Nederlanden) in een oude atlas van voeger bij ons thuis, hebben grote indruk op mij gemaakt: Zeeland was in de vroege Middeleeuwen (zie figuur 42) vrijwel alleen zee en nauwelijks *land*. Ook het jaartal 1953 met de overstromingsramp in Zeeland kan ik me goed herinneren van de verhalen van mijn ouders en de uitvoering van het Deltaplan speciaal met de te sluiten stormvloedkering en de debatten daarover in de politiek heb ik volop van hen meegekregen.

Verzamelen en weergeven van informatie

Het kopiëren van het artikel op papier is geen probleem. Maar hoe krijg ik het artikel digitaal? Intoetsen op google: Gelderlander “Kennis waterbouw Rijkswaterstaat vervliegt” leverde niet het gewenste artikel op. Scannen en naar mijn mailadres zenden, was een oplossing. Je krijgt het in pdf. Daarin kun je met Snap Shot afbeeldingen selecteren en kopiëren. Ook delen van afbeeldingen kun je zo in je document overbrengen.

Dat kwam goed uit want de hele afbeelding in een keer werd te slecht leesbaar omdat hij dan verkleind zou moeten worden.

Helaas kreeg ik problemen met het opnemen van beide helften in dit document: ik kreeg een -gelukkig valse- melding dat de schijf vol zou zijn. Maar de PC was onverbiddelijk: opslaan lukte niet meer. Ik heb toen van het rechterdeel van de afbeelding -het deel waar het om gaat- een tekening in Word gemaakt. Zie figuur 44 onder het kopje *Het huidige probleem: oorzaken en oplossingen*. Achteraf zag ik bovenaan de voorpagina van de Gelderlander dat de internetpagina ervan dg.nl is. Intoetsen van *dg.nl Zorgen om Oosterscheldekering*, levert via ►URL31 een kort ander artikel met “zijwaartse bodemverschuiving” als meest relevante woorden en een verwijzing naar het bekende artikel in de krant en een app, waar ik echter niets mee kon. Het is wel aardig dat je erop kunt reageren. Er stonden acht reacties. De toen meest recente wees erop dat er dure externe adviesbureaus ingeschakeld moeten worden omdat de technische expertise bij RWS zelf tegenwoordig zou ontbreken.

Intoetsen van woorden uit de koppen van het artikel leverde niet veel achtergrondinformatie op. Intoetsen van relevante woorden uit het artikel zelf wel: *Frank Spaargaren (72) en Cees Vroege (79)*, oud-bouwers van de dam, leverde mij de hit naar het ANP (eerste artikel van de bijlage) en hits naar een aantal

radioprogramma's van radio Zeeland waarvan ik nog moet zien hoe ik daar de teksten van krijg. *Oosterscheldekering* leverde een hit naar ►Wikipedia. (tweede artikel van de bijlage). Ergens hoor of lees ik dat de verontrustende feiten zijn geconstateerd toen er door een of beide heren gekeken werd naar metingen naar aanleiding van de plannen een *getijdenstroomcentrale* te bouwen. Dat vind ik ook een heel boeiend onderwerp: alternatieve energieopwekking.

Ik heb via Uitzending Gemist de film over de Watersnoodramp van Andere Tijden van 27-1-2013 21.20 uur bekeken. Ik kan die helaas niet weergeven. Mijn indrukken zijn: emotioneel. Oude beelden: zwart wit. Oproep in ouderwetse ambtelijke taal aan reservisten (oud-militairen: het was vlak na de Tweede Wereldoorlog) om naar hun garnizoen terug te keren. Inhoudelijk: weinig. Een goed werkstuk over de ramp is te lezen via ►URL32. Het werkstuk is een geschiedeniswerkstuk. Het leert mij dat dat de historische doorsnede niet puur historisch moet zijn, maar wetenschappelijk-technisch historisch: het moet binnen het kader van NLT zijn en blijven. Bronnen kunnen voor NLT relevante vragen oproepen die ik deels zelf -zij het soms hypothetisch- kan beantwoorden en deels zal moeten opzoeken. Het gaat dan om vragen als: Hoe werden en worden kustverdedigingswerken gebouwd? Welke wetenschappelijke inzichten werden daarin ontwikkeld en toegepast? Wat is/was de input van de waterloopkundige laboratoria (Delft, Marknesse, Deltares, Noordoostpolder) en van de waterbouwkundige ingenieurs? Zijn sommige inzichten, toegepast in de deltawerken, al achterhaald? Zijn wij als “dé waterbouwkundigen van de wereld” up to date, of staat onze reputatie op de tocht?

Intoetsen van: waterloopkundig laboratorium bestorting erosie kuilen leverde o.a. de hit: nl.scribd.com/.../Stormvloedkering-Oosterschelde-een-overzicht-van-methodieken-voor-voorspelling-en-bewaking-van-ontgrondingen-langs-de-rand-bodembescherming-evaluatie-ontgrondingsonderzoek (link werkt helaas niet meer). Ik kom dichterbij zaken waar ik echt iets aan heb! Datum: januari 1988, lang voor de huidige problematiek! 159 pagina's. Gelukkig kun je er digitaal in zoeken. De titel geeft niet aan dat er aan alternatieve bescherming wordt gedacht. Intoetsen van beschermingsmethodieken levert 0 results... Intoetsen van Erosie levert 8 results, waarvan de eerste pas op pagina 124... De woorden die achter erosie staan zijn ontgrondingskuil 1984 - 1987. Het is dus wel degelijk een oud probleem! Zie ook noot 1. Je ziet in de diverse grafieken niet alleen het afkalven van de kunstmatig aangelegde stoep, maar ook het omgekeerde: het ophogen van de bodem waar het water overheen moet: de afwateringscapaciteit daarvan neemt daardoor af: gevaarlijk! Maar ik ben al bijna inhoudelijk bezig:

Inhoudelijk

Prehistorie

In de prehistorie, de Romeinse tijd en de Middeleeuwen (zie figuur 42) zullen boeren in de kustgebieden gebruik gemaakt hebben van bij eb droogvallende gronden. Zij zullen daar hun koeien hebben laten grazen, die zelf zich tijdig bij vloed terugtrokken. Maar misschien ging dat wel eens mis, of wilde de boer (of “boer” iedereen was boer toen) landbouw gaan plegen, of sloeg er een flink stuk van zijn land weg bij een storm, of werd zijn “huis” bedreigd door het water: hij zal een ieder geval een reden gehad hebben om het stuk droogvallende grond te beschermen tegen het water. En hoe deed hij dat? Nam hij anachronistisch de telefoon en bestelde hij een paar granieten blokken of een paar ton puin? Nee natuurlijk niet, hij pakte het materiaal dat hij voor handen had: klei, zand en graspollen. En toen dat het niet hield, bedacht hij wat anders op basis van zijn ervaring: hij was een dijk aan het **ontwerpen**! Misschien moest hij nog in de gaten krijgen dat via een omweg, via iets hoger gelegen land dat de boer niet bedijkt had, het water achter de dijk kon komen. En wat betreft materiaal: misschien zag hij dat het water in staat was de klei weg te spoelen en ontdekte hij dat hij de klei tegen de stroom goed moest inpakken. Bijvoorbeeld door rietmatten te vlechten. Die duwde hij, om ze op hun plaats te houden, zover mogelijk de grond in, maar de wrijvingskracht werd op den duur overwonnen door de **opwaartse kracht**: de **dichtheid** van hout is kleiner dan 1 (die van water) en dus zeker kleiner dan 1,024 (de dichtheid van zeewater, ►Binas tabel 11). De boer verzwaarde de mat met stenen. Nu kon de mat ook gewoon liggen zonder dat hij wegdreef. Zie daar de materialen die tot voor kort de basis vormden voor de bouw van steeds grotere en langere dijken, die steeds meer land inpolderden. Ook land dat bij eb niet droogviel. De “hebberigheid” naar land had het al enigszins gewonnen van landverdediging. Maar Zeeland zou Zeeland niet zijn geworden zonder deze inpolderingsdrift.



Figuur 42: Nederland in de Middeleeuwen.

61. Materialen

- Ga via het artikel van Frieda Zuidhoff en Juke Dijkstra “De oudste dijk van Zeeland? Vondst van een dijkje en terp uit de Romeinse tijd op Walcheren” in het Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis, 20(12-2011) 2, 53-61 na, welke materialen gebruikt werden in de oudste dijken.
- Waarom zijn plaggen en beter idee dan pollen?
- Ga via hetzelfde artikel na op welke afstand (ongeveer) het materiaal voor deze oudste dijkjes gehaald werd.
- Waarom zal iemand die ver van de kust woont eerder kiezen voor een **terp**, en iemand die vlak bij de kust woont eerder kiezen voor een dijk? Geef meerdere argumenten

Watersnood

Toen in 1953 de **Watersnoodramp** om zich heen greep, waren de dijken nog steeds van klassiek materiaal. Materiaal dat zich volzuigt met water. Niet alleen door **adsorptie** en het feit dat het dijklichaam per definitie onder de waterspiegel staat, maar ook door afvoer van de fijnste deeltjes, waar niets voor terug komt. Er ontstaat een met water gevulde holte die bij een zekere waterdruk eenvoudig opzijgeschoven wordt en/of instort. Het overlopen van de dijk is niet het grootste gevaar. Zandzakken houden het niet, als de dijk van onderuit aangetast is. Overlopend water beschadigt de dijk niet heel erg, mits de bekleding van de dijk redelijk in orde is. Bijvoorbeeld een watervaste deklaag van gras en ander, dwars wortelend materiaal. Het overlopende water

is vergeleken bij een dijkdoorbraak, minimaal. Het gevaar is dat de dijk binnendijs kan worden aangetast, als men die daar niet zo sterk heeft gemaakt als buitendijs: binnendijs verwacht men de “vijand” niet... En zover als west Noord-Brabant van de kust af, al helemaal niet. Net zo naïef als de “boer” in de Romeinse tijd en de Middeleeuwen? Men had geen idee van het “*opstuweffect*” van de storm op over een grote afstand in een steeds smaller wordend water.

62. Practicum: opstuweffect

Misschien kan ik dat in een aquariumbak gaan aantonen. Met een stofzuiger (blazend) of bladblazer over het water blazen tussen twee verticale vlakken door. Deze vlakken eerst parallel houden en daarna taps laten toelopen. Kijken of in het laatste geval het water hoger komt. Logisch: evenveel volume in een kleinere breedte geperst moet tot een hogere hoogte leiden.

Nieuwe materialen waren in ontwikkeling: asfalt, grote basaltblokken, betonblokken, cement, nylon. Bij nieuwe dijken werden ze toegepast, maar bij oude niet: de oude werden niet zomaar afgegraven en uit nieuw materiaal nieuw opgebouwd. Daarvoor was een stalen damwand nodig en die kon niet over de hele dijk lengte tegelijk worden ingezet. Het werk beperkte zich tot wel degelijk effectief oplapwerk aan de buitenkant, maar in de binnenkant bleef het verraderlijke gevaar loeren. In de nacht van 31 januari op 1 februari 1953 (ruim zestig jaar geleden) was er een noordwester staande orkaan en springvloed.

63. Springvloed

- Leg uit wanneer er *springvloed* is en waardoor hij veroorzaakt wordt
- Waarom is een noordwester orkaan gevaarlijker dan een vanuit een andere windrichting? Leg uit.

Het noodlot sloeg toe op de zwakste plekken en dat waren er meerdere vrijwel tegelijk en niet allemaal vooraan de kust. Het resultaat was voor het hele getroffen gebied 1835 doden, 100.000 daklozen en 200.000 ha onder water. Ter vergelijking: de oppervlakte van de provincie Zeeland is 293.000 ha en het huidige aantal inwoners bedraagt 381.000. En Nederland sliep. Het enige mogelijke contact was via een in een paar uurtjes tot amateurzender omgebouwde radio in Zierikzee uitgezonden morsesen werden opgevangen door een schip voor de kust. Dat kon contact maken met de Nederlands autoriteiten. De zender zelf had namelijk maar een vermogen van 6 Watt.

64. Practicum

- Bekijk de zender die in Zierikzee gebruikt is via het You Tube filmpje van ►URL33. Identificeer de triode (kijk eventueel via Afbeeldingen van Google), de twee afstemcondensatoren, de spoel, het morseseinapparaat.

- b. Bekijk een oud, niet meer bruikbaar draagbaar radiootje van eind vorige eeuw. Identificeer dezelfde onderdelen.
- c. Bouw van deze onderdelen eventueel een zendertje. Misschien kun je via een zendamateur of de VIRON een bouwvoorschrift krijgen.
- d. Probeer of je signalen kunt ontvangen.

Deltaplan

Dat was ééns maar nooit meer. Men kwam tot een ingrijpend plan: alles afsluiten, zodat niet alle dijken vernieuwd hoefden te worden. Maar Vlaanderen was daar voor wat betreft de Westerschelde fel op tegen en beriep zich daarbij op het scheidingsverdrag van 1839 waarin vrije doorvaart op de Schelde was gegarandeerd (Zie eventueel ook: ►URL34

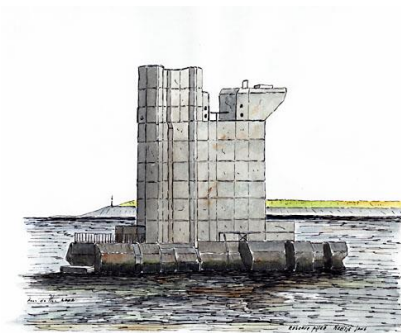
Een sluis zou nooit op kunnen wegen tegen een vrije doorvaart, hoewel de Antwerpse haven een en al sluis is. Het Laatste Nieuws meldt op haar site hln.be: “Het havenbedrijf onderzoekt constant hoe de Antwerpse haven het best bereikbaar blijft. ‘Dat is nodig om de aantrekkelijkheid voor verladers te bewaren,’ luidt de boodschap. Door de verwachte toename van grotere schepen zullen de zeesluizen tegen 2020 tussen de 88,96 en 104,5% van de beschikbare capaciteit gebruiken. De havengemeenschap vraagt dat er een achtste sluis komt.” Zeesluizen...? Het argument toentertijd van de Belgen was dat dat de scheepvaart zou beperken. Daar denken ze nu wel anders over... De sluizen zijn nodig om eb en vloed te overwinnen: de grote schepen kunnen alleen bij vloed naar binnen en naar buiten. Van dat probleem waren ze dan mooi af geweest als ze “ons” de zeesluis hadden laten bouwen. Vreemd dat bij een verwachte daling van het gebruik van de sluizen toch een nieuwe sluis nodig is. Dat komt omdat er een diepere sluis nodig is omdat de moderne schepen groter zijn en een grote diepgang hebben. Wat betreft de Oosterschelde waren er tegenargumenten vanuit de milieubeweging en de visserij. Het water zou zoet worden met alle gevolgen van dien voor de visserij. De Oosterschelde is een kraamkamer voor Noordzeevissen. Oester- en Mosselculturen zouden worden vernietigd. Ook de watersporters en sportvissers waren tegen. Er zou *meer ijs komen op het zoete* water, met gevolgen voor het lokale klimaat: de fruitteelt zou er onder gaan lijden. Een versmalling van de Voordelta zou gaan zorgen voor de *afslag* van de koppen van de eilanden. (Bron: www.geschiediniszeeland.nl)

Open dam

Er kwam een oplossing, maar helaas niet voor het laatste tegenargument, waar we nu de wrange vruchten van plukken. Zie figuur 44. Die oplossing werd: een open verbinding met de zee die alleen in geval van springvloed en/of storm zou gesloten kunnen

worden. Duur? Dat hadden we ervoor over. En wij als Hollanders zouden deze nieuwigheid wel kunnen ontwikkelen. Een nieuwigheid was het en is het. Zie echter noot 2. De schuiven zijn in de werkelijkheid niet uitgetest kunnen worden. Een waterloopkundig laboratorium kan alleen op schaal testen. Wordt in het bedrijfsleven jarenlang in een proeffabriek gewerkt, nu moesten we het doen met schaalmodellen. De werkelijkheid was te kolossaal.

Maar wat moet je **downscalen**? De apparatuur, dus de pijlertorens, okay dat kan. De betonblokken? Dat wordt al een beetje discutabel: slaat een betonblokje weg in de stroom? Ja. Zie noot 3. Betonblokken dan niet downscalen? Dat geeft heel andere stromingspatronen. De stroomsterkte van het water evenveel downscalen als de betonblokjes dan? Lijkt me geen geloofwaardige resultaten op te leveren. De fijnheid van het zand downscalen? Nee dan gaat het veel makkelijker met het water mee. De dichtheid van het water downscalen? Vergeet het maar. Hebben we dan zonder “proeffabriek” dat immense risico gelopen? Nee, men hield de vinger aan de pols. Tijdens de bouw kon men al een en ander waarnemen aan het gedrag van enkele pijlers. En natuurlijk is men van onderaf aan begonnen met bouwen: de ondergrond prepareren, de blokkenmatten aanleggen. En, nauwkeurig waarnemen, met heel veel metingen en heel veel grafieken, hoe de gronden aan de voet ervan zich gedroegen. Tot heel veel veranderen heeft dat niet geleid. Toen kwamen de immense torens erop. Niet volledig geprefabriceerd. Het fabriceren gebeurde op het werkeiland Neeltje Jans, dat onderdeel van de Oosterscheldekering is gebleven, overigens zonder pijlers. De 66-ste pijler staat er nog wel: het was de reservepijler voor het geval er één van de andere 65 niet goed zou zijn. Er is nu een klimcentrum in gevestigd. De bulk van de totale massa: die werd langzaam ter plekke aangebracht: de pijlers zijn hol en worden pas ter plekke volgestort met zand. Anders waren de pijlers (maximaal 18.000 ton per stuk!) niet verplaatsbaar geweest. Je kunt zo uitrekenen hoeveel lucht er in moet hebben gezeten om deze 18.000 ton enigszins te compenseren zodat het reusachtige hefschip Ostrea het van de bodem kon tillen en in de fundamenteën kon neerlaten. Een pijler is maximaal 38,75 m hoog.



Figuur 43: pijler.

65. Pijler

- Bereken de lengte en de breedte van het grondoppervlak. Neem aan dat het vierkant is.
- Maar het grondoppervlak is niet vierkant. Uit figuur 43 en de foto's van ►URL35 blijkt dat de lengte en de breedte zich ongeveer verhouden als 2 staat tot 7. Bereken de lengte en de breedte.
- Moet je niet de **dichtheid** van cement weten bij de omrekening van ton naar m^3 ? Leg uit.

Practicum

- d. Of dit gevaarte niet zal omvallen heeft men met een gerust hart downscale kunnen testen. De windsnelheid en de stroomsnelheid mogen hetzelfde blijven: het gaat om de **druk, en die blijft per oppervlakte-eenheid** gelijk. Alleen het downscalen van de werking van de golven lukt niet. Maak een hol downscalemodel van de pijler van hout. Vul dit model met zoveel zand dat de massa naar verhouding overeenkomt met 18.000 ton. Kijk met een regelbare blazer (jijzelf, een stofzuiger, bladblazer, of haardroger) en iets dat de stroming gecontroleerd nabootst (een motortje met een schroef, een pomp met een afgestelde schuine goot) of hij omvalt of niet. Gebruik zo mogelijk een windmeter en/of een stroomsnelheidsmeter.

Het huidige probleem: oorzaken

De oorzaak van het huidige probleem is hoe dan ook inherent aan het inbrengen van een obstakel in de zeestroom. Daarbij gaat het niet om de relatief kalme **reststroom**, maar om de getijstroom. Zij nemen zand mee. Ook het zand dat onder de fundamenteën van de pijlers aanwezig is. Het heeft iets van Lucas 6, 48-49: “Hij lijkt op een man die een huis bouwde. Hij groef een diepe bouwput en legde de fundering op de rots. Bij een overstroming beukte de rivier op dat huis maar kon het niet aan het wankelen brengen.” en Matteüs 7, 26-27: “... iemand die zo dom was zijn huis op zand te zetten. De regen viel neer, de rivieren traden buiten hun oevers, de winden waaiden en teisterden dat huis. En het huis stortte in, het werd een grote bouwval!” Maar vaste rots hebben we niet in Nederland.

66. Opdracht: Hoe diep moet je boren tot de vaste grond?

- a. Uit de mededeling in de Noordzee-atlas (pagina 16) dat de zeebodem al miljoenen jaren daalt en dat sedimentatie voor onze kust de bodemdaling compenseert, kun je opmaken hoe dik de laag sedimenten onder de Oosterscheldekering minimaal is. Doe dat en leg uit.

Practicum

- b. Niet alle sedimenten zitten als los zand aan elkaar. Vergelijk de sterkte van graniet of een ander **stollingsgesteente**, met **afzettingsgesteenten** (sedimentaire gesteenten) als kalksteen, leisteen, schalie, mergel, zandsteen, marmer, steenkool, etc.
- c. Moeten heipalen tot op het stollingsgesteente reiken voor voldoende houvast? Leg uit.

Boringen van 200 meter lijken een reële optie: het diepste boorgat in Nederland is 5800 meter bij de Lutte bij Oldenzaal. Maar de langste heipaal in Nederland was in 2010 (Reinder Peterse in

www.bouwprofsnederland.nl) 43 meter. Heipalen van 200 meter waren dus eind vorige eeuw geen redelijke optie bij de bouw van de Oosterscheldekering. We moesten het doen met onze inventiviteit om op “drijfzand” te bouwen. De kracht moest over een zo groot mogelijk oppervlak verspreid worden zodat de druk weerstaanbaar is door het “losse” zand. En hoe los het zand is, laat de bovenstaande tekening zien. Als het zand niet door waterdichte lagen kunststof is afgesloten, gaat het met de stroom mee. Zie ook noot 4.

67. Zandvormen

Practicum

- Bekijk onder een microscoop de vorm van zeezand, van klei (mag een dunne suspensie zijn), van stuifzand, van rivierzand. Wat zijn de voor het probleem van de afkalving relevante verschillen?
- Bepaal welke zandvorm het meest steil stapelbaar is. Verklaar.

Practicum

- Bepaal welke vorm van zand de hoogste druk kan weerstaan. Vul een lage kartonnen doos met een laag zand. Leg er een stevige plank op die precies erop past. Ga op de plank staan. Beweeg als een drillboor. Kijk of de doos naar de zijkant uitzet of dat er zand langs de plank omhoog komt. Kijk welke soort zand het beste de druk weerstaat. Verklaar.

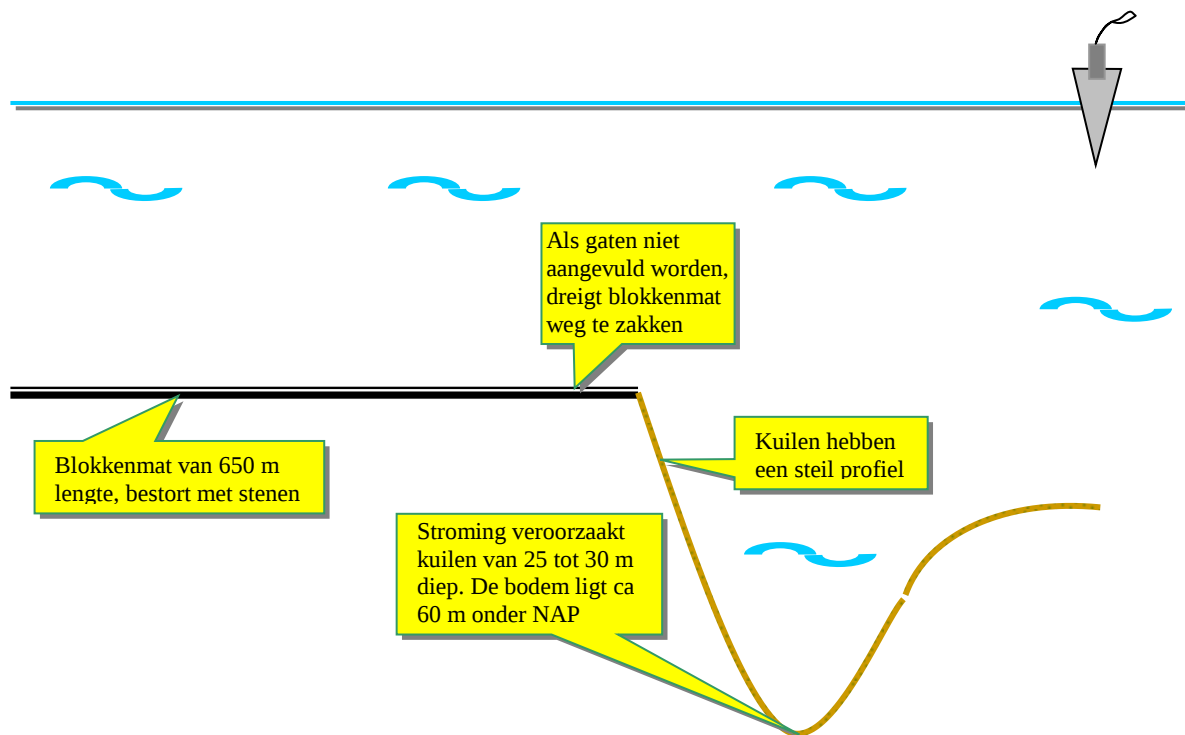
68. Zandsculpturen

- Leg uit waarom rivierzand *scherper* is dan zeezand.
- Leg uit van welke soort zand zandsculpturen worden gemaakt.
- Leg uit welke rol water in zandsculpturen speelt.

69. Drijfzand bouwgrond?

Practicum

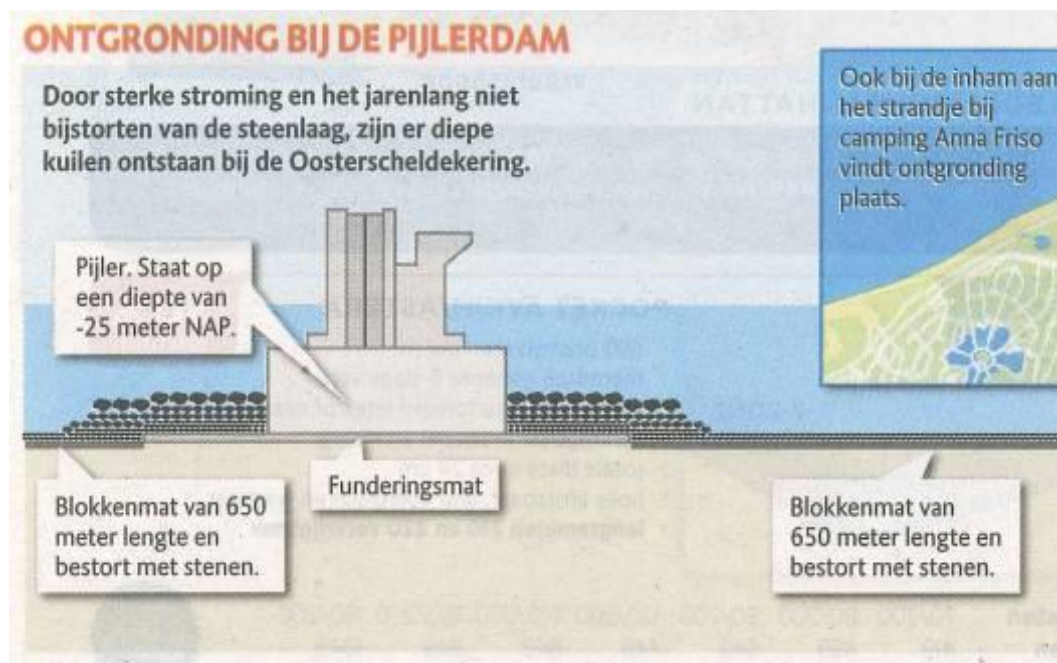
- Herhaal practicum 67 c. Sluit alleen nu het zand af met een stevige plastic zak. Sluit de zak zo stevig af dat het zand geen kant op kan. Gebruik eerst een plank die aan alle zijden iets over het zand heen steekt en daarna een plank die dat niet doet. Let op of het zand tussen de plank en de kartonnen rand omhoog komt.
- Leg uit welk situatie stabiel is. Geef twee oorzaken.
- Leg uit hoe men in werkelijkheid (zie figuur 44 en 45) heeft geprobeerd te bereiken dat het zand niet omhoog kan ontsnappen. Geef twee maatregelen.
- Leg uit waarom dat nu dreigt te mislukken.



Figuur 44: blokkenmat.

Het huidige probleem: oplossingen

Zie figuur 44: op het eind van de blokkenmat rechts, ontstaat door uitspoelen door de sterke stroom een steil **profiel** dat dreigt in te zakken, waardoor de blokkenmat naar beneden zal komen.



Figuur 45: ontgronding bij de pijlerdam.

De volgende opties voor oplossingen zijn denkbaar:

- 1. Luchtkussens onder het einde van de blokkenmat.

- 2. Een afhangend gordijn van kunststof tegen het steile profiel van de kuil.
- 3. De blokkenmat laten afhangen in de kuil. Blokkenmat op het eind verzwaren, de blokken op het eind vastzetten.
- 4. Een zanddicht stalen wand verticaal omlaag bij het uiteinde van de blokkenmat, het steile profiel is zo afgesloten.
- 5. Grote blokken *basalt* of beton in het gat storten.
- 6. Idem en de blokken aan elkaar metselen.
- 7. De blokkenmat verlengen.
- 8. De hele blokkenmat langzaam schuin naar beneden af laten lopen, zodat het een eind onder de kuil door gaat en de natuur zijn gang laten gaan.
- 9. De kuil naar rechts verbreden, uitbaggeren.
- 10. Niets doen
- 11. Voor de kuil en achter de kuil (gezien de stroomrichting) een ondoorlaatbare onderwaterbarrière bouwen bijvoorbeeld van staalplaten.
- 12. Voor de kuil en achter de kuil (gezien de stroomrichting) een doorlaatbare onderwaterbarrière bouwen bijvoorbeeld van netten.

70. Beoordeling en afweging

a. Kies van de bovenstaande oplossingen de volgens jullie werkgroepje drie beste oplossingen uit en geef aan waarom ze goed zijn, wat er gaat gebeuren na installatie ervan en waarom.

b. Kies van de bovenstaande oplossingen de volgens jullie drie slechtste oplossingen en geef aan waarom ze slecht zijn, wat er gaat gebeuren en waarom.

c. Vul met de hele klas de onderstaande uit te breiden tabel van figuur 46 in. Vul in de kolom *cijfers* voor de goede opties een cijfer van 1 tot en met 10 in en voor de slechte opties een cijfer tussen -1 en -10. Combineer deze cijfers in de kolom *Totaal per optie* en geef in de kolom *Toelichting* aan wat er gebeuren zal en waarom en stuur de tabel naar RWS als je docent daarmee instemt. Op ►URL1 bij 'contact' vind je: telefoonnummer Noordzeeloket 0900 - 6667393 (€0,01 p/m). E-mail: Stel uw vraag via het contactformulier en per reguliere post Postbus 556 3000 AN Rotterdam.

Nr optie	Cijfers				Totaal per optie	Toelichting
1						
2						

Figuur 46: tabel oplossingen voor ontgronding.

Toekomst

Op ►URL36 wordt in het onderdeel matten_pijlers_schuiven onder het kopje *Autoweg* beweerd dat de kering 200 jaar moet kunnen bestaan, maar dat door de huidige meteorologische ontwikkelingen het ontzettend dure project (1,13 miljard Euro) wellicht vóór het jaar 2050 vervangen zal moeten worden. Misschien kun je in plaats daarvan de nodige aanpassingen bedenken.

Door het broeikaseffect stijgt het niveau van de Noordzee vele malen sneller dan dat de zeebodem daalt door de geologische bodemdaling. Bovendien is er op termijn een *inklinking* van de Zeeuwse bodem van 5 tot 20 cm te verwachten. Het lijkt er dus op dat over niet al te lange tijd het rivierwater “tegen de berg op moet” om op de Noordzee te komen.

71. Vraag

Bedenk een manier op basis van de getijden om hierin te voorzien.

Bovendien stijgt ook de aanvoer van het water van de rivieren door het broeikaseffect, niet alleen door het afsmelten van de gletsjers.

72. Vraag

Geef een andere door het broeikaseffect veroorzaakte reden van het vergroten van het *debiet* van de rivieren. Leg uit.

Zeeland -en niet alleen Zeeland- dreigt dus weer onder te lopen. We zullen de hele Delta droog gaan moeten houden zoals we onze polders en gebieden onder NAP droog houden: met elektrische pompen.

73. Vraag

De huidige uitslijtingsproblemen van de Oosterscheldedam zijn naar buiten gekomen naar aanleiding van metingen voor het onderzoek naar de mogelijkheid om *waterkracht turbines* aan te leggen in de dam. Bedenk nu een mogelijkheid om zowel stroom op te wekken als stroom te gebruiken voor het spuien.

Maar eens komt de tijd dat ook tijdens eb het water te hoog staat. Er zal dus geen stroom meer door waterkracht opgewekt kunnen worden.

74. Toekomstdroom

Onderzoeksvraag

- Vergelijk de voorspellingen van de stijging van het gemiddeld zeeniveau met die van de getijdenwerking en geef aan hoe reëel het is om te verwachten dat eb ooit nooit meer lager zal zijn dan het te verwachten peil in de Oosterschelde.

- b. Bedenk een andere manier om rond de Oosterscheldedam continu stroom op te wekken zodat er continu gespuid kan worden.

6.3 Bij dit voorbeeld is een PowerPoint te raadplegen via de ►NLT Toolbox

Na afsluiten van dit werkstuk (sorry: te laat...) heb ik nog contact gehad twee personen van Rijkswaterstaat zelf. Daar kwam het volgende uit.

Noot 1. De ontgrondingskuilen zijn niet nieuw en ook niet onverwacht: ze waren al in het ontwerp voorspeld en er is ook rekening mee gehouden in het ontwerp. Juist daarom is er tot een lengte van ca. 650 uit de as van de kering bodembescherming aangelegd om de kuilen ver genoeg van de kering weg te houden. Maar de helling van de kuilen was op sommige plekken zo steil geworden dat er zettingsvloeiing (soort onderwaterlawine van zand. Zie eventueel ►URL37) is opgetreden. Die hellingen hadden volgens plan bestort moeten worden en dat is niet op tijd gebeurd. Vanaf 2012 zijn toen over grote lengtes een soort inhaalbestortingen om dat te herstellen.

75. Vraag achteraf

Staat het juiste antwoord in de lijst met oplossingen voor ontgroning (opdracht 10) erbij? Zo ja, welke is dat? Zo nee, welke lijkt er het meest op? Wat is het verschil?

Noot 2. Opmerking van de tweede persoon van RWS: Zo nieuw was dat helemaal niet. De stormvloedkering in de Eider in Sleeswijk-Holstein is van 1973.

Oeps! En aan de Oosterscheldedam werd gebouwd van 1969/1976 (hervatting) tot 1986. Informatie van Wikipedia (ingekort) over het Duitse voorbeeld:

Het Eidersperrwerk is een stormvloedkering op de plaats waar de Eider uitmondt in de Waddenzee. Nadat de stad Tönning door de stormvloed van 1962 was getroffen, wilde men maatregelen nemen om het gebied beter te beschermen tegen het hoge water. De eerste optie was dijken verhogen. De tweede optie (deze werd gekozen) was een waterkering in de monding van de rivier. Men startte in 1967 met de bouw. De belangrijkste moeilijkheid was om de waterbeweging in de riviermonding onder controle te krijgen. De kustlijn in het estuarium werd hiertoe verkort van 60 tot 4,8 km.

Door deze gewijzigde kustlijn en de enorme stroming door de opening spoelde enorm veel zand weg. Er ontstonden aan beide zijden van de kering kolken van wel 28 meter diep. In 1993 werden deze met 45.000 zandzakken gedempt.

Dus de Duitsers gingen ons in van alles voor... Maar of we er ook van geleerd hebben...

Noot 3. Er werd wel met kleine blokjes gewerkt, maar die werden (slim!) vastgezet!

Noot 4. Nog een opmerking van persoon 2: Het lastige met deze gelijkenis is altijd dat het wel voor Israël opgaat, maar niet voor Nederland. In Nederland is geen vaste rots en is juist (het dieper liggende) zand onder onze klei- en veen gronden de vaste grond. Wie in Nederland op zand bouwt is goed bezig. Daarom heien we tot in het zand.

Noot 5. Op zondag 5 juli finishte de tweede etappe van de Tour de France op de Oosterscheldekering, zie figuur 47.



Figuur 47: finish Tour de France op de Oosterscheldekering.

Einde	Lessenserie Ontwikkelingen in de tijd Noordzee
-------	--

Einde	Module Noordzee-atlas
-------	-----------------------

URL-lijst

URL1	Noordzeeloket, http://www.noordzeeloket.nl
URL2	Noordzeeatlas, http://www.Noordzee-atlas.nl/index/index.htm
URL3	Youtube, The Arca, the Dutch oil spillage clearance vessel with sweeping arms. Part-A, https://www.youtube.com/watch?v=7vPonMM7KiA . Bekijk het filmpje.
URL4	Wikipedia, Aardolie, https://nl.wikipedia.org/wiki/Aardolie
URL5	MarineTraffic, http://www.marinetraffic.com
URL6	Ecofys, http://www.ecofys.com/nl/pers/ecofys-lanceert-testmodule-voor-zeewierteelt-in-offshore-windparken
URL7	Wikipedia, Getijde (waterbeweging), https://nl.wikipedia.org/wiki/Getijde_(waterbeweging)
URL8	Wikipedia, Corioliseffect, http://nl.wikipedia.org/wiki/Corioliseffect . Bekijk de animatie 'Biljartbal op een draaiende tafel'.
URL9	Wikipedia, Noordzee, http://nl.wikipedia.org/wiki/Noordzee . Lees "Geologie" en "IJstijden: droogvallende en onderlopende Noordzee".
URL10	Wikipedia, Doggerland, http://nl.wikipedia.org/wiki/Doggerland .
URL11	YouTube, GETM-ERSEM Model Dynamics: Chlorophyll-Nitrate (slice), https://www.youtube.com/watch?v=_brQ0L19_uU . Bekijk het filmpje.
URL12	YouTube, GETM-ERSEM Model Dynamics:Phosphate, https://www.youtube.com/watch?v=sL2RjbtchxM . Bekijk het filmpje.
URL13	YouTube, GETM-ERSEM Model Dynamics:Temperature, http://www.youtube.com/watch?v=n249DUqWPKo . Bekijk het filmpje.
URL14	YouTube, GETM-ERSEM Model Dynamics:Temperature (slice), http://www.youtube.com/watch?v=dDZyqKGHoiA . Bekijk het filmpje.
URL15	Kennislink, Warmer zeewater door zon & wind, http://www.kennislink.nl/publicaties/warmer-zeewater-door-zon-wind

- URL16 YouTube, CTD Rosette,
<https://www.youtube.com/watch?v=EINJDfbkevl>.
 Bekijk het filmpje.
- URL17 YouTube, Multicorer Test Video,
<https://www.youtube.com/watch?v=gRt2icfYYZ0>.
 Bekijk het filmpje.
- URL18 YouTube, GETM-ERSEM Model Dynamics:Chlorophyll
 (wmv),
<https://www.youtube.com/watch?v=JghYPbSrvzY>.
 Bekijk het filmpje.
- URL19 Noord Hollands Dagblad, Walvis op Razende Bol krijgt
 'spuitje' om in te slapen,
<http://www.noordhollandsdagblad.nl/stadstreek/de-nhelder/article19592883.ece>
- URL20 Wikipedia, Diatomeeënaarde,
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Diatomee%C3%ABnaarde>
- URL21 DiscoveryNews, Bioluminescent Waves Explained,
<http://news.discovery.com/earth/videos/earth-bioluminescent-waves-explained.htm>. Bekijk het
 filmpje.
- URL22 Wikipedia, Bioluminiscentie,
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Bioluminescentie>
- URL23 Wikipedia, Dinoflagellaten,
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Dinoflagellaten>
- URL24 Inquiry-to-Insight, Our Acidifying Ocean,
<http://i2i.stanford.edu/AcidOcean/AcidOcean.htm>
- URL25 De Gelderlander, Uitvinder (19) wil oceaan ontdoen
 van plastic,
<http://www.gelderlander.nl/algemeen/binnenland/uitvinder-19-wil-oceaan-ontdoen-van-plastic-1.4388510>. Bekijk
 het filmpje.
- URL26 YouTube, How the oceans can clean themselves:
 Boyan Slat at TEDxDelft,
<https://www.youtube.com/watch?v=ROW9F-c0kIQ>.
 Bekijk het filmpje.
- URL27 EenVandaag, Boyan Slat gaat plastic uit de oceanen
 halen,
<http://www.eenvandaag.nl/economie/51891/boyan-slat-gaat-plastic-uit-de-oceanen-halen>
- URL28 YouTube, Celebrating 10 Years VLIZ by Jan de
 Leeuw,
<http://www.youtube.com/watch?v=nAB5bfKBSwl>.
 Bekijk het filmpje.
- URL29 YouTube, Onderwatergeluid - Gezonde Zee,
https://www.youtube.com/watch?v=zxPfy_ApJs.
 Bekijk het filmpje.
- URL30 NIOZ (Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek
 der Zee), https://www.nioz.nl/northsea_model

- URL31 De Gelderlander, Dambouwers Oosterscheldekering slaan alarm,
<http://www.gelderlander.nl/algemeen/binnenland/dambouwers-oosterscheldekering-slaan-alarm-1.3980412>
- URL32 Scholieren.com, Waternoodramp 1953,
<http://www.scholieren.com/werkstuk/4943>
- URL33 YouTube, Zelfbouw zender uit 1953 gebruikt tijdens de watersnoodramp in Zeeland,
<https://www.youtube.com/watch?v=DABMjrNOdes>
- URL34 VNSC (Vlaams Nederlandse Schelde Commissie), 170 jaar vrije vaart op de Schelde,
http://www.vnsc.eu/uploads/2011/01/Doeke_Roos170-jaar_vrije_vaart_op_de_Schelde.pdf
- URL35 Zeeuwse ankers, Verhaal Matten, pijlers en schuiven,
<http://www.zeeuwseankers.nl/nl-NL/verhaal/225/matten-pijlers-en-schuiven>
- URL36 Cobouw, Zettingsvloeiing voor oog van camera,
<http://www.cobouw.nl/nieuws/algemeen/2014/10/08/zettingsvloeiing-voor-oog-van-camera>