

Tipping points Methaan

Docentenhandleiding

dr. ir. Anneke van de Boer (NESSC / Universiteit Utrecht)



© Met inhoudelijke hulp van Michiel in 't Zandt.

Deze module is eigendom van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap (KNAG) en het Nederlands Earth System Science Centre.

Gebruik van deze module is toegestaan aan scholen of instellingen onder vermelding van de auteurs en de hieronder weergegeven instellingen.

Foto voorzijde: Polesnoy - Fotolia



Werken aan een Geo Future Module

Lesgeven uit een Geo Future Module verschilt in een aantal opzichten van het traditionele lesgeven. Een eerste verschil is dat bij een Geo Future Module de hele module in het teken staat van de eindopdracht. De module vormt voor leerlingen een leertraject waarin zij kennis vergaren die zij nodig hebben om de eindopdracht goed uit te kunnen voeren. Een Geo Future Module vormt daarmee dus echt een geheel. Om de relevantie van de module goed tot uiting te laten komen, moeten leerlingen vanaf het begin weten wat hun eindopdracht is. Dit stimuleert het leerproces.

Een tweede verschil is dat bij een Geo Future Module leerlingen grotendeels zelf aan het werk zijn. Er is zeker ruimte voor presentatie of klassikale uitleg door de docent of een gastspreker, maar dat beslaat niet meer dan 25% van de tijd die aan de module besteed wordt. De meeste opdrachten kunnen door leerlingen zelf of in samenwerking met één of meer andere leerlingen gemaakt worden. De docent heeft daarin wel een belangrijke functie. Hij/zij helpt leerlingen met de inhoud, stimuleert hen, geeft hen advies, houdt hun voortgang bij en, niet in de laatste plaats, houdt hun leerproces in de gaten en stelt dit waar nodig bij. De docent heeft ook een belangrijke taak waar het gaat om het bewaken van de bewegingsvrijheid van leerlingen. Leerlingen kunnen in een Geo Future Module hun eigen leerproces voor een groot deel zelf vormgeven, maar wel binnen bepaalde bandbreedten. Zo wordt creatief denken gestimuleerd, maar moet dit niet leiden tot onrealistische ideeën.

Een derde verschil is dat er bij een Geo Future Module sprake is van differentiatie. Leerlingen kunnen en zullen op verschillende snelheden hun weg door de module vinden. Leerlingen die snel werken hebben meer tijd voor de eindopdracht, leerlingen die minder snel werken hebben meer tijd om zich de basisstof eigen te maken. Een aantal opdrachten in de modules zijn aangemerkt als go-no go momenten. De leerlingen mogen pas verder werken als de docent deze opdrachten heeft goedgekeurd.

Een laatste verschil schuilt in de denkvaardigheidsniveaus. In de gemiddelde traditionele les spelen vooral lagere denkvaardigheden een rol (onthouden/memoriseren, begrijpen, toepassen). Geo Future Modules zijn zo ingericht dat ook de hogere denkvaardigheden aan bod komen. Er vindt een opbouw in denkvaardigheidsniveaus plaats. Hoge denkvaardigheden als analyseren, evalueren en creëren komen in de loop van de modules steeds meer aan bod.

Start van de module

Een Geo Future Module bestaat een relatief groot aantal lessen die allemaal in het teken staan van één thema. De start van de module is alleen daarom al van groot belang. Maar tijdens de start van de module moeten leerlingen ook geïnteresseerd en geprikkeld worden. Voor een docent zijn er bij de start van de module dan ook een aantal zaken van groot belang:

- De leerdoelen: deze zijn opgenomen in het curriculum. De docent moet deze leerdoelen gedurende de hele module helder op zijn of haar netvlies hebben staan. Hierin staat hetgeen leerlingen aan het eind van de module zouden moeten kennen en kunnen.
- De introductie: de docent kan hiervoor verschillende middelen gebruiken. Een filmpje van *tippingpointahead.nl*, een nieuwsbericht over het thema of putten uit eigen ervaring. Alles is mogelijk. Het effect moet in ieder geval zijn dat het leerlingen verwondert, inspireert of aan het denken zet.
- De eindopdracht: deze wordt in het begin van de module geïntroduceerd. Tijdens de module doen leerlingen kennis op en oefenen ze vaardigheden die nodig zijn bij de eindopdracht. Het voortdurende vooruitzicht op de eindopdracht draagt eraan bij dat leerlingen de relevantie van de andere opdrachten zien.
- De startopdracht: de eerste opdracht in de module heeft tot doel het thema dicht bij de beleavingswereld van leerlingen te brengen of een eerste blik te geven op de eindopdracht. Samen met de introductie door de docent, zal het verloop van de startopdracht in grote mate bepalend zijn voor het welslagen van de hele module. Een goed begin is het halve werk.

Hoofdstuk 1: Waarom kijken we naar methaan?

Opdracht 3: noem minstens vijf gevolgen van het opwarmen van de Aarde (opzoeken mag)

Antwoord: veel antwoorden mogelijk. Bijvoorbeeld: zeespiegelstijging en dus overstromingen, meer waterverbruik gewassen en bomen en dus drinkwatertekorten en/of verdroging, leefgebied bepaalde dieren verandert drastisch (smelt of verdroogt bijv.), extremer weer (natter of droger), verschuiving van leefgebieden, dreiging tropische ziekten in noordelijke ecosystemen, insectensterfte door instabiele winters.

Opdracht 4: Wetenschappers meten broeikasgasconcentraties op Hawaii, waarom is dit? Hint: bekijk in Google Maps de ligging van 'Mauna Loa'.

Antwoord: Hawaii ligt midden in de Stille Oceaan, ver weg van steden en industrie, waardoor de metingen niet verstoord worden door CO₂ emissies van menselijke activiteiten.

Vraag: Zoek de actuele concentraties koolstofdioxide (CO₂) en methaan in onze atmosfeer op. Klopt de genoemde verhouding van 200? Hint: <https://www.co2.earth/> en https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/.

Antwoord: In 2018 gemeten: CO₂ 400ppm versus 1.8 ppm voor methaan, de verhouding ligt nog iets hoger dan 200.

Vraag: Hoeveel energie bevat een door methaan uitgezonden foton met een golflengte van 3,3 μm? En een door CO₂ uitgezonden foton met een golflengte van 15 μm? Welk foton heeft meer energie? Hoe veel keer meer?

Antwoord: $E_f = hf = hc/\lambda$, met $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$ en $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ geeft $E_{f\text{CH}_4} = 6,0 \times 10^{-20} \text{ Joule}$ (376 meV), en $E_{f\text{CO}_2} = 1,3 \times 10^{-20} \text{ Joule}$ (83 meV), dus het foton uitgezonden door methaan bevat $15/3,3 = 4,5$ maal meer energie.

Hoofdstuk 2: Waar vinden we methaan?

Opdracht 5: wat betekent ppb? Hoeveel is één ppb? Zoek dit eventueel op.

Antwoord: parts per billion; dus hoeveel van de 1.000.000.000.000 luchtvolume-deeltjes zijn er methaan.

Vraag: waarom liggen de concentraties op het zuidelijk halfrond (blauw) lager?

Antwoord: op het ZH is relatief meer oceaan dan op het NH. Methaan komt vooral vrij op het land (hoe dit precies zit komt later aan bod)

Vraag: vanaf welk jaar zie je de methaan concentratie overduidelijk oplopen?

Antwoord: 2007 (wetenschappers weten nog niet precies waarom daar precies een omslagpunt ligt).

Vraag: waardoor worden de fluctuaties binnen een jaar veroorzaakt?

Antwoord: temperatuurverschillen; zomer/winter, groei- en sterfseizoen vegetatie (hoe dit precies zit komt later aan bod, maar is alvast te bekijken op de site van de ESA: https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2013/08/Methane_levels_increase)

Vraag: waardoor zijn deze fluctuaties van de groene lijn minder dan van de blauwe en rode lijn?

Antwoord: de groene lijn is voor de regio 30S-30N, oftewel rond de evenaar, waar de verschillen tussen seizoenen het kleinst zijn.

Hoofdstuk 3: Hoeveel methaan hadden we vroeger?

Opdracht 7: wat was er rond het jaar 1800 aan de hand op Aarde? Denk aan je geschiedenislessen.

Antwoord: industriële revolutie: snelle ontwikkeling van machines die handwerk overnamen, verbranding van fossiele brandstoffen, enorme schaalvergroting van boerderijen; vee en gewas.

Vraag: bedenk waardoor de concentratie methaan toen toenam

Antwoord: verbranding van fossiele brandstoffen, enorme schaalvergroting van boerderijen; vee en gewas.

Opdracht 8: leg uit wat firn is.

Antwoord: overjarige sneeuw, dat al wel wat is samengeperst, maar nog niet zo samengepakt als ijs.

Vraag: Welke factoren bepalen hoe een ijslaag groeit over de tijd?

Antwoord: hoeveelheid neerslag (sneeuw maar ook regen), warmte en duur van de zomer, zoninval (door zon sublimeert sneeuw, dus ook sneeuw in Antarctica bij -50 graden verdampt!

Vraag: Hoe beïnvloeden deze factoren het verschil in leeftijd tussen ijs en luchtbelletjes op dezelfde diepte?

Antwoord: weinig neerslag en veel sublimatie zorgen er voor dat het heel lang duurt voordat de luchtbelletjes worden afgesloten; het verschil in leeftijd wordt daardoor zeer groot.

Opdracht 9: welke gebieden produceren volgens bovenstaand figuur veel methaan? Gebruik eventueel een atlas.

Antwoord: China, India, Siberië en de Tropen; moerassen in Zuid-Amerika en Afrika, rijstvelden in Azië, permafrost in Siberië (en fossiele brandstofverbranding in alle ontwikkelde landen).

Vraag: bedenk drie voorstellen om te voorkomen dat de methaanconcentratie de komende jaren verder stijgt. Het hoeft nog niet te bestaan; bedenk hoe het in de toekomst zal zijn!

Mogelijke voorstellen: kunstmatig eten produceren, onderzoeken hoe rijstteelt kan zonder methaan te produceren, onderzoeken hoe methaan uit de lucht gehaald kan worden, in plaats van rijst veel meer graan eten. Rijstvelden geschikt maken voor andere gewassen, etc. Stoffen toevoegen aan veevoeder die methaanproductie remmen, in het algemeen de groei van de methaanproducenten remmen in rijstvelden, een methaanopvangsysteem maken. Stoppen met gas- en oliebooringen.

Hoofdstuk 4: Waar en hoe wordt methaan geproduceerd?

Opdracht 10: Waar worden de huidige aardbevingen in Noord Groningen door veroorzaakt?

Antwoord: Doordat daar aardgas diep uit de bodem gehaald wordt (2-4km), verzakt de bodem af en toe, met instortende woonhuizen tot gevolg.

Vraag: Waar in je huis wordt methaan voor gebruikt?

Antwoord: aardgas is bijna volledig methaan, en wordt in veel van de huishoudens altijd nog gebruikt om het huis te verwarmen en om mee te koken.

Vraag: hoe zou je je huis kunnen aanpassen om niet afhankelijk te zijn van dit 'methaan'?

Antwoord: koken op inductie, huis goed isoleren zodat minder verwarming nodig is, elektrische warmtepomp, aansluiten op stadsverwarming (gebruikt restwarmte uit industrie en afval)

Opdracht: bekijk deze kaart en ga na waarom vooral noord Groningen getroffen wordt door aardbevingen.

https://theodora.com/pipelines/europe_oil_gas_and_products_pipelines.html

Antwoord: aan de knooppunten van gas- en olie- leidingen in Europa te zien wordt vooral geboord in noord Groningen, dit is het grootste gasveld van Europa.

Opdracht 11: wat is de letterlijke vertaling van 'remote sensing'? En wat zal er hier mee bedoeld worden?

Antwoord: op afstand voelen, hier: vanaf een afstandje kunnen meten over een bepaald gebied vanuit een vliegtuig of satelliet.

Opdracht 12: bedenk hoe dit meetinstrument met behulp van straling kan 'zien' of er veel van een bepaald gas boven de vuilnisbelt hangt of niet.

Antwoord: straling met een golflengte welke alleen geabsorbeerd wordt door methaan (ongeveer 1,7 micrometer) wordt recht naar beneden gestuurd. Afhankelijk van hoeveel straling weer terugkomt, is er veel of weinig straling geabsorbeerd door methaan.

Opdracht13 : Bekijk de 8-minutendurende TED talk van Fred Krupp in 2018 over het plan van de Environmental Defense Fund (EDF, een milieu-beschermende nonprofit-organisatie).

Vraag: wat is/was de EDF in 2021 van plan?

Antwoord: een nieuwe satelliet lanceren die zeer nauwkeurig methaanconcentraties meet, en de data daarvan publiek beschikbaar maken

Vraag: wat wil de EDF hiermee bereiken? Hoe is dit gunstig voor ons milieu?

Antwoord: ze hopen dat enorme gas- en olielekken publiekelijk bekend worden, zodat de schuldige bedrijven in een kwaad daglicht komen en de lekken zullen dichten. Hierdoor ontsnapt er minder van het broeikasgas methaan naar de atmosfeer.

Opdracht 14: Vraag aan je docent of zoek zelf dit artikel op: 'Gasveld in Drenthe lekt al 52 jaar methaan' van Nemo Kennislink. Lees dit artikel en beantwoord de volgende vragen.

Vraag: Wat gebeurde er precies in 1965, en hoe kwam dat?

Antwoord: bij een proefboring bleek de gasbel zo dicht aan het oppervlak te zitten dat deze ontplofte, waardoor de grond één grote ingezakte modderpoel werd.

Vraag: Waardoor lekt er nu nog steeds methaan in het grondwater daar?

Antwoord: door de ontploffing zijn er rond het gebied bodemscheuren ontstaan, waardoor andere gasbellen 'lekker'.

Vraag: Is dat lekken nu gevaarlijk? Waarom wel/niet?

Antwoord: Het methaan zit opgelost in grondwater. In Drenthe filtert de Waterleidingmaatschappij het methaan uit het drinkwater. Het aanwezige methaan is niet zo zeer een probleem voor de gezondheid, maar het methaan is wel zeer licht ontvlambaar en explosief, waardoor het wel degelijk gevaarlijk kan zijn.

Opdracht 15: bekijk het filmpje 'methane gas in tap water' en/of het filmpje 'Light Your Water On Fire from Gas Drilling'.

Opdracht: herformuleer, indien nodig, je antwoord op de vorige vraag of en waarom methaan in drinkwater gevaarlijk is

Hoofdstuk 5: Microorganismen verzetten veel werk

Opdracht 16: noem vier vormen van fossiele brandstof

Antwoord: aardolie, aardgas, bruinkool, steenkool

Vraag: waarom is dat biogas, dat voor het grootste gedeelte uit methaan bestaat, geen groot milieuprobleem?

Antwoord: De biomassa is ontstaan uit atmosferische CO₂, door recentelijke plantengroei. Bij verbranding van het methaangas uit deze biomassa komt de koolstof weer als CO₂ terug in de atmosfeer. Wel gaat dit verbranden (meer CO₂ in de atmosfeer) veel sneller en makkelijker dan het vormen van biomassa (minder CO₂ in de atmosfeer).

Vraag: vliegtuigmaatschappijen bieden bij aankoop van je ticket aan om, tegen betaling, bomen te planten ter compensatie van de CO₂-uitstoot van je vlucht. Lossen ze hiermee het milieuprobleem door fossiele brandstoffen op?

Antwoord: Tijdens de vlucht verbrandt in korte tijd veel fossiele brandstof, waarbij koolstof dat gedurende duizenden jaren werd vastgelegd in een paar uur in de atmosfeer verdwijnt. Een boom die 40 jaren groeit legt uiteindelijk wellicht dezelfde hoeveel koolstof weer vast, maar blijft dit ook vastgelegd? Uiteindelijk komt het erop neer dat er door de verbranding van fossiele brandstoffen meer koolstof in de 'snelle' koolstofkringloop wordt ingebracht.

Opdracht 18

Antwoord: er zal gasvorming optreden (CO₂, géén methaan, want we kunnen de situatie niet eenvoudig zuurstofloos maken)

Opdracht 19

Antwoord: er ontstaat een grote vlam. Er zit namelijk veel energie in methaangas, daarom is het zo gewild als brandstof voor verwarming, motoren etc.

Opdracht 20: Noem een voorbeeld van bewuste gisting om een voedingsmiddel te produceren.

Antwoord: bijvoorbeeld gisting van druiven en graan voor respectievelijk wijn en bier, maar ook het maken van brood en yoghurt vereist specifieke bacteriën.

Vraag: bedenk nu zelf waarom rijstvelden een grote bron voor methaan zijn

Antwoord: rijstplanten staan onder water, waardoor plantenmateriaal onder water afgesloten raakt van zuurstof uit de lucht. De speciale bacteriën gaan plantenmateriaal afbreken, waarbij methaan als gas vrijkomt.

Vraag: bedenk nu zelf waarom in de tropen veel methaan gevormd wordt

Antwoord: daar is veel organisch materiaal en het is er warm én nat genoeg (veel regen) om zuurstofloze condities te creëren.

Vraag: Wat verandert er in de plantenafbraak als een stuk veen opdroogt?

Antwoord: dan worden de speciale archaea verdrongen, en ontstaat bij de afbraak weer 'gewoon' CO₂ doordat er zuurstof aanwezig is.

Vraag: wat is een bijkomend nadeel van dit droogleggen?

Antwoord: doordat het water uit het veen verdwijnt en het plantenmateriaal afgebroken wordt tot gas, daalt de bodem flink. Met een stijgende zeespiegel is dit niet wenselijk.

Hoofdstuk 6: Meten aan methaan

Opdracht 22: hoeveel kg is 1500 Pg?

Antwoord: 1.500.000.000.000.000 kg!

Vraag: waar op Aarde zal de meeste permafrost voorkomen?

Antwoord: in de buurt van de noordpool; op de polen is het het koudst, en op de noordpool is meer land dan op de zuidpool.

Opdracht: gebruik Excel om de data van Michiel zijn onderzoek grafisch weer te geven; maak één grafiek van de methaanconcentraties in de tijd, waarin je de twee verschillende datareeksen weergeeft en labelt met een passende naam. Denk aan de juiste grootheden en eenheden bij de assen!

Vraag: Wat is het nut van de datareeks 'controle 4 °C' en de reeks 'controle 10 °C'?

Antwoord: om te kijken naar het groeiverschil dat alleen veroorzaakt is door de aanwezigheid van acetaat, heeft Michiel twee gemeenschappen exact hetzelfde behandeld, maar geen acetaat gegeven. Als er nog iets anders in de behandeling zit dat invloed heeft op de groei, dan zit dat tenminste in beide gemeenschappen. In het sediment zitten bijvoorbeeld voedingsstoffen, organisch koolstof. Ook dat zal deels worden omgezet naar methaan.

Dus wat er in dat flesje met acetaat eigenlijk gebeurt is:

acetaat + [onbekend] => methaan.

En daarom heb je de controle waarin alleen [onbekend] => methaan gaat.

Daarna kun je dus acetaat - [onbekend] doen en heb je alleen het effect van acetaat.

Vraag: wat zegt de richtingscoëfficiënt oftewel de helling en steilheid van de grafiek?

Antwoord: dat is de toename van de methaanproductie, hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door groei van de betreffende gemeenschap

Vraag: wat zie je na zo'n 75 dagen gebeuren met de verschillende gemeenschappen?

Antwoord: de methanogene gemeenschap in het flesje met acetaat is veel actiever dan de methanogene gemeenschap in het controle-flesje

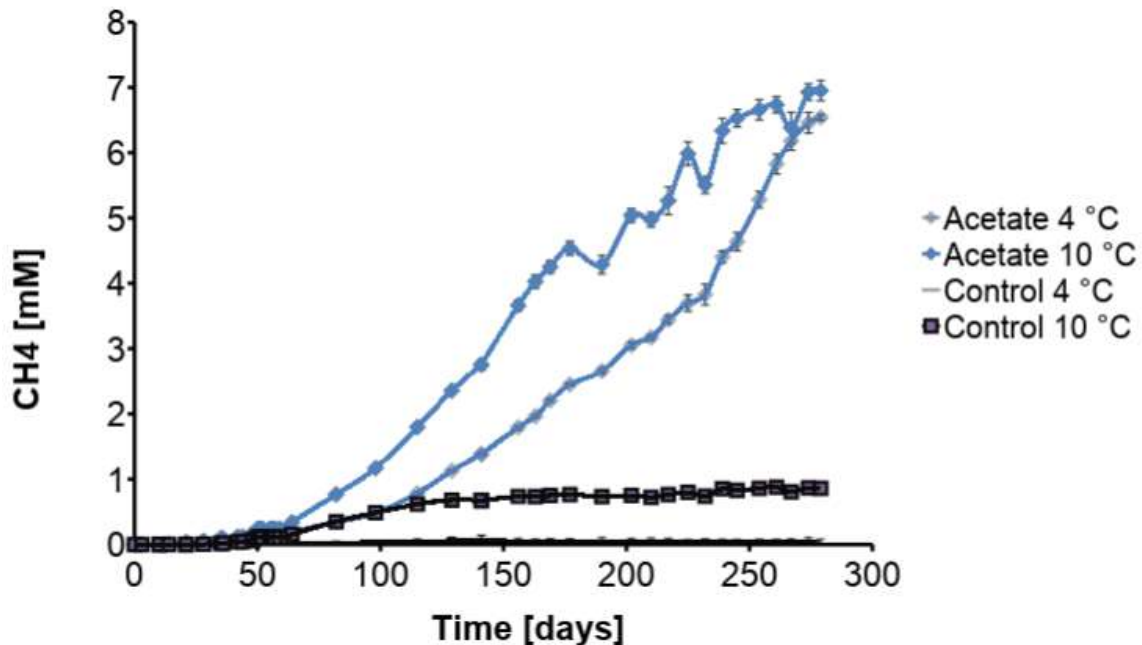
Vraag: wat zie je na zo'n 150 dagen gebeuren met de verschillende gemeenschappen?

Antwoord: het verschil in activiteit wordt alleen maar groter. In het begin zal de reeds aanwezige gemeenschap leven op wat het krijgt (wel of geen acetaat), maar na verloop van tijd verandert de gemeenschap (bepaalde soorten delen sneller, gaan domineren, andere soorten vallen weg). Dat heeft een sterk effect op de activiteit van de gemeenschap. Wanneer dit precies gebeurt is lastig te zeggen, maar dit verklaart wel dat het verschil steeds groter wordt.

Vraag: wat concludeer je uit dit onderzoek van Michiel?

Antwoord:

Zie figuur voor de methaanconcentraties tijdens het experiment van Michiel in 't Zandt in 2018.



Zijn methaan-producerende microbiële gemeenschap was door aanwezigheid van acetaat in het begin veel actiever, al helemaal met de temperatuurverhoging (10grC ipv 4grC, niet in de leerling-data).

Na ongeveer 100 dagen leek er een nieuw evenwicht te zijn ontstaan, maar de gemeenschap met acetaat én hoge temperatuur produceert gedurende de proef veel meer methaan. Zonder acetaat groeit de activiteit nauwelijks (en is er slechts een klein temperatuureffect).

Antwoord: Zowel een stijging van de temperatuur als een verandering in de beschikbaarheid van substraten heeft effect, want zelfs als slechts één van beiden toeneemt, resulteert dat in meer methaan. Acetaat komt vrij bij de afbraak van organisch materiaal en maakt de micro-organismen veel actiever, waardoor het materiaal steeds sneller afbreekt met steeds meer gasvorming en dus snellere opwarming van de aarde met als gevolg nóg snellere afbraak, met mogelijk een kantelpunt als gevolg.

Opdracht 24: Zoals in paragraaf 2.3 gemeld, worden gasconcentraties op Hawaii gemeten. Waarom was dat ook alweer?

Antwoord: Omdat Hawaii ver van menselijke invloeden af ligt, zijn die metingen representatief voor de gemiddelde concentratie op wereldniveau.

Vraag: Wat valt je op aan de metingen rondom de vuilnisbelt?

Antwoord: Bovenop de vuilnisbelt zijn er hoge concentraties, aan de randen zijn de concentraties enorm laag, maar langs het water zijn de concentraties wel weer heel hoog.

Vraag: Wat zal de windrichting die dag geweest zijn en waarom?

Antwoord: westenwind, daarom worden ten oosten van de vuilnisbelt ook nog hoge concentraties gemeten.

Opdracht: controleer je antwoord met behulp van de site van het KNMI; zoek op hun website naar 'Nederland nu', dan 'Klimatologie', en dan 'metingen en waarnemingen'.

Vraag: Wat voor installatie herken je in **Error! Reference source not found.?**

Antwoord: Riool Water Zuivering Installatie

Vraag: Wat valt je op aan de metingen in een stadsdeel van Utrecht?

Antwoord: Overal ongeveer dezelfde concentratie, behalve ten noordoosten van de RWZI.

Vraag: Wat zal de windrichting die dag geweest zijn en waarom?

Antwoord: zuiderwind, daarom worden ten noorden van de RWZI ook nog hoge concentraties gemeten.

Opdracht: controleer je antwoord met behulp van de site van het KNMI; zoek op hun website naar 'Nederland nu', dan 'Klimatologie', en vervolgens 'metingen en waarnemingen'.

Opdracht 25: hoeveel elektronen heeft een waterstof atoom?

Antwoord: één, daarmee wordt het positieve proton weer opgeheven en is de lading van een waterstofatoom neutraal.

Vraag: hoeveel neutronen heeft een waterstof atoom?

antwoord: normaal geen, maar er bestaan isotopen van waterstof; deuterium en tritium, met respectievelijk één en twee neutronen, waardoor het massagetal twee en drie wordt.

Opdracht 28: Hoe zou je uit deze modelgegevens toch één waarde voor de methaanconcentratie op die locatie kunnen geven?

Antwoord: Een tijdsgemiddelde waarde berekenen voor die locatie.

Opdracht 29: Aan welk kantelpunt zou het vrijkomen van methaan door het smelten van de meren uit Ove's veldwerkgebied kunnen bijdragen?

Antwoord: Methaan is een sterk broeikasgas en het opwarmen zorgt voor smelt, wat weer voor extra methaan en dus extra opwarming zorgt. Als dit steeds sneller gaat kan een aardbol zonder ijs ontstaan, die niet zomaar weer in een aardbol met ijs kan veranderen; het systeem is 'gekanteld'.

Opdracht 30: geruchten gaan over oregano of zeewier als extra voer voor koeien, zodat koeien minder methaan 'uitstoten'. Zoek op het internet op of wetenschappers dit intussen hebben bewezen, of dat ze iets anders gevonden hebben. Wees kritisch; zijn er wetenschappers aan het woord of is het een populair geschreven artikel, of gaat het zelfs om fake news? (hint; in het Engels zoeken levert vaak veel meer zoekresultaten op, of zoek op het project 'Koeien en Kansen')

Vraag: hoe zouden deze producten de methaanproductie in de maag beïnvloeden?

Antwoord: afhankelijk van actuele status wetenschap. De producten zouden bepaalde micro-organismen doden.

Beoordeling en reflectie

Voor de beoordeling kan onderstaand formulier gebruikt worden. Geef leerlingen bij voorkeur zo gericht mogelijk feedback. Laat hen ook elkaar feedback geven. Laat tot slot de leerlingen reflecteren op zijn/haar eigen werk en het proces daar naartoe. Reflectie is een essentieel onderdeel van het leerproces.

Ontwikkelpunten	Criteria	Gevorderd
<i>Dit verdient aandacht</i>	<i>Volgende resultaat</i>	<i>Duidelijk beter dan standaard</i>
	Startopdracht en opdrachten <ul style="list-style-type: none"> De opdrachten zijn allemaal gemaakt De opdrachten zijn dusdanig gemaakt dat de stof ruim voldoende begrepen wordt. 	
	Go – no go opdrachten <ul style="list-style-type: none"> De opdrachten zijn goed uitgevoerd. De voorstellen bevatten eigen inbreng De Atlas en/of het internet is goed gebruikt 	
	Het onderzoeksplan <ul style="list-style-type: none"> Bevat een beknopte, heldere samenvatting van het probleem Bevat een voor de doelgroep duidelijk beschreven plan Bevat een uitgebreide realistische begroting Bevat onderbouwing gebaseerd op betrouwbare bronnen 	

Leerpunten voor de volgende module (concreet en meetbaar geformuleerd)

KNAg



NESSC

