

Een NLT-module voor 5-6 vwo over de wisselwerking tussen ijs en klimaat, die zich prima leent voor een gecombineerde behandeling bij aardrijkskunde en natuurkunde.

NLT-module

Ijs en Klimaat

De ijskappen smelten. De opwarming van de aarde leidt tot een stijging van de zeespiegel. Nederland komt onder water.' We lezen er bijna dagelijks over in de krant. Maar wat is waar en hoe weten we dat? De afgelopen tijd is er veel te doen geweest over onzorgvuldigheden in deelrapport 2 van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Dat deel gaat over de gevolgen van de stijging van het CO₂-gehalte in de atmosfeer voor het klimaat in de toekomst. Maar deelrapport 1, de natuurwetenschappelijke basis, is onomstreden. De NLT-module *Ijs en Klimaat* gaat over deze natuurwetenschappelijke basis van het klimaatprobleem. Hij is prima geschikt in de natuurkundeles, maar zeker ook bij aardrijkskunde.

Natuurlijk ijs

Het eerste hoofdstuk van de module gaat over het natuurlijke ijs op aarde: de cryosfeer. Leerlingen komen te weten wat de eigenschappen van ijs zijn, en op welke plekken en in welke vormen het voorkomt. Al het natuurlijke ijs doorloopt een jaarlijkse cyclus van aangroei door sneeuwval en rijpvorming, en afname door smelten en sublimeren. In ijskappen is er bovendien een langzame ijsstroming van hoog naar laag, en aan de zeerand kalft ijs af. Het afkalven van (grote) stukken van de ijskap op het zuidelijke halfrond is geen spectaculair nieuws, maar onderdeel van een natuurlijk proces. Wel is het nieuws als de massabalans – het verschil tussen de hoeveelheid ijs die er jaarlijks bijkomt en afgaat – niet meer nul is. Als die voor een ijskap kleiner is dan nul, wordt de ijskap netto kleiner.

Klimaat

Het tweede hoofdstuk van de module gaat over de invloed van ijs op het klimaat. Het accent ligt hier op de stralingsbalans, met de inkomende energierijke, kortgolvlige straling, en absorptie door aarde en atmosfeer, en de uitgaande langgolvlige straling. De stralingsbalans wordt vooral bepaald door de mate waarin zonlicht wordt gereflecteerd. Droge sneeuw en wolken weerkaatsen sterk, water weinig. Daarnaast wordt de langgolvlige straling die de aarde uitzendt in de atmosfeer meer of minder geabsorbeerd of teruggekaatst, of naar de ruimte uitgestraald. In een practicum meten de leerlingen de weerkaatsing van verschillende oppervlakken. De stof van dit hoofdstuk kan het best samen met een natuurkundedocent worden behandeld, of samen worden voorbereid.

Verleden en toekomst

Dan is er een keuzehoofdstuk over de reconstructie van het klimaat in het verleden aan de hand van ijsmetingen in Groenland en op Antarctica. Zo leren de leerlingen hoe boringen worden verricht in de ijskappen en welke informatie deze opleveren. Bijvoorbeeld over de temperatuur. Met de isotopenthermometer zijn ijstijden en interglacialen duidelijk

De zeespiegelstijging hangt af van de hoeveelheid smeltwater én van de uitzetting van opwarmend water

te herkennen in de boringen. Ook het CO₂-gehalte zegt iets over de temperatuur in het verleden; een hoge concentratie CO₂ in de lucht gaat samen met een relatief hoge luchttemperatuur. In een practicum verzamelen leerlingen aan de hand van onder meer de grootte van luchtbellen in het ijs informatie over de ouderdom en de omstandigheden waaronder het ijs is gevormd.

Een tweede keuzehoofdstuk gaat over de huidige mondiale temperatuurstijging en veranderingen in de omvang van de ijskappen.

Centraal staan de gevolgen van menselijk handelen via fysische factoren als in- en uitstraling voor het klimaat en dus voor de huidige mondiale temperatuurstijging en veranderingen in de omvang van de ijskappen. Doordat het oppervlak aan zee-ijs afneemt, wordt er minder zonlicht teruggekaatst. En door de grotere smeltwaterstromen van grote ijskappen veranderen de zeestromingen. Leerlingen leren manieren om de snelheid van het afsmelten van zee-ijs en ijskappen te bepalen, en ontdekken dat de stijging van de

zeespiegel niet alleen afhangt van de hoeveelheid smeltwater, maar ook van de uitzetting van water door de toename van de gemiddelde temperatuur van de aarde.

Discussie

Het laatste hoofdstuk gebruikt de verkregen kennis om te discussiëren over de klimaatproblematiek. Is er eigenlijk wel een klimaatproblematiek? Dragen menselijke activiteiten bij aan de globale temperatuurstijging van de laatste decennia? Wat zijn de argumenten van doemdenkers en 'klimaatontkenners'? En stevenen we af op een *point of no return*?

Gecertificeerd

De module is ontwikkeld door prof. dr. Michiel van den Broeke van het Instituut voor Marien en Atmosferisch onderzoek Utrecht en het Junior College Utrecht (JCU). Het materiaal is getest op het JCU en na revisie ook op drie partnerscholen. De lessen werden gegeven door een aardrijkskunde- en een natuurkundedocent. De leerlingen vonden de module

interessant, actueel en goed te volgen. Zij stelden de practica en de mooie PowerPoint-beelden erg op prijs.

De partnerscholen gaven aan dat de module een flinke diepgang heeft, en eigenlijk pas goed te doen is aan het eind van 5 vwo of in 6 vwo. De docenten sloegen soms een opgave over vanwege de complexiteit, of lieten die alleen door de meest geïnteresseerde leerlingen maken. Zij vonden de bijlagen handig en verwezen hun leerlingen er vaak naar.

Ook de leerlingen vonden het een interessante module die hen uitdaagde dieper te gaan en inzicht gaf in een wetenschapsgebied dat ze nog niet kenden. Een paar reacties: 'Actueel onderwerp; de reader bevat veel interessante informatie.' 'Je krijgt een beter beeld van de opwarming van de aarde. Leuker dan ik van tevoren had gedacht.' 'Hoe meer ik over deze problematiek leer, des te meer ik erachter kom hoe weinig we eigenlijk weten.' 'Fijn dat er verschillende soorten opdrachten zijn: opstapvragen, vragen letterlijk over de tekst en rekenopdrachten.'

In de klas

De module *Ijs en Klimaat* brengt begrippen uit de aardrijkskunde en de natuurkunde (meteorologie en oceanografie) bij elkaar. De module is geschreven voor NLT: vwo-domein C: Aarde en Klimaat. De module vraagt de nodige natuurkundige kennis van de docent. Als AK-docent kun je dus het best samenwerken met een collega van natuurkunde. De module heeft raakvlakken met de module *Weer en Klimaat* die voor de nieuwe natuurkunde is ontwikkeld (zie <http://www.nieuwenatuurkunde.nl/disclaimer/30>). Als docent kun je hier achtergrondinformatie vinden, of je kunt leerlingen naar deze module verwijzen.

Het is ook mogelijk delen van de module te gebruiken. Vooral de hoofdstukken over natuurlijk ijs en ijs als klimaatarchief zijn geschikt om bij aardrijkskunde te behandelen, maar ook delen uit de andere hoofdstukken. Het onderwerp is te gebruiken bij Klimaatverandering en bij Systeem Aarde.

De module is te downloaden van www.betavak-nlt.nl > gecertificeerde modules. Stuur een mail naar jcu@uu.nl, je ontvangt dan een wachtwoord waarmee je toegang krijgt tot de Word-versies van de teksten, de PowerPoint-presentaties en de docentenhandleiding inclusief uitwerkingen van de opdrachten.

