

E1.2 Landschap, klimaat en duurzaamheid in het Caribisch Gebied – havo/vwo

Bron 1

Landschap op Bonaire



<https://www.greenpeace.org/nl/acties/bonaire/bonaire-klimaat-feiten/>

Introductie

Het Caribisch gebied bestaat uit een groot aantal eilanden met baaien en riffen en een aantal landen op het vasteland. Het Caribisch gebied heeft een grote diversiteit, met verschillende landschappen, ecosystemen en planten- en dieren soorten. Niet alleen het landschap is bijzonder, het Caribisch gebied staat ook bekend om de kleurrijke koraalriffen.

Klimaat en geologie bepalen grotendeels welke landschappen er in het Caribisch gebied zijn. De mens speelt echter ook een steeds grotere rol in het veranderen van het landschap, met name door zijn rol in de huidige klimaatverandering. Het is belangrijk om de verschillende landschappen (zowel op land als in zee) in het Caribisch gebied te behouden en te beschermen tegen problemen als onder andere overbevissing, vervuiling, erosie en koraalverbleking. Maar ook is het belangrijk om te weten hoe de eilanden in het Caribisch gebied omgaan met alle natuurlijke en menselijke invloeden.

Bij dit katern maak je als eindproduct een combinatie van een poster en mindmap waarop je hebt uitgezocht hoe alle onderwerpen in dit katern passen bij één eiland in het Caribisch gebied. Door het maken van het eindproduct laat je zien dat je de leerdoelen van het katern beheerst.

Oriëntatie

Leerdoelen van dit katern

De kandidaat kan:

- fysische kenmerken van het Caribisch gebied beschrijven, verklaren en analyseren.
- landschappen en klimaten van het Caribisch gebied beschrijven, verklaren en analyseren.
- milieu en duurzaamheid binnen het Caribisch gebied beschrijven, verklaren en analyseren.

Aandachtspunten

- Je kunt beschrijven, verklaren en analyseren waar in het Caribisch gebied karstlandschappen voorkomen.
- Je kunt de verschillende klimaten in het Caribisch gebied beschrijven, verklaren en analyseren.
- Je kunt beschrijven, verklaren en analyseren dat de gevolgen van klimaatverandering, zoals zeespiegelstijging, orkanen en veranderingen in flora en fauna, op verschillende manieren tot uiting komen in het Caribisch gebied.
- Je kunt beschrijven, verklaren en analyseren dat de eilanden in het Caribisch gebied door hun kleinschaligheid een beperkte draagkracht hebben en ook weinig mogelijkheden hebben om milieuproblemen te voorkomen door zowel hedendaagse als toekomstige generaties.
- Je kunt beschrijven, verklaren en analyseren hoe toerisme de draagkracht van het milieu van de eilanden in het Caribisch gebied beïnvloedt.

Kernbegrippen

Aan het einde van dit katern ken je de volgende begrippen:

- Landschappen van het Caribisch gebied:
 - Karstlandschap
- Klimaten van het Caribisch gebied:
 - Tropische orkanen
 - Windhozen
 - (Noordoost)passaat
 - Klimaatverandering
- Milieu en duurzaamheid binnen het Caribisch gebied:
 - Draagkracht van het ecosysteem
 - Afwenteling in ruimte en tijd
 - Koraalriffen
 - Ecologische voetafdruk
 - Absolute en relatieve zeespiegelstijging

In de afronding aan het einde van het katern is een verklarende begrippenlijst opgenomen. Vetgedrukte woorden zijn terug te lezen in deze verklarende begrippenlijst. In deze

begrijpenlijst zijn ook belangrijke begrippen uit domein C van de syllabus voor het centraal examen opgenomen, die van toepassing zijn bij fysische kenmerken van het Caribisch gebied.

Werkwijze

Vooraf

- Voorkennis: Je maakt de instaptoets om te zien hoeveel je nog weet over landschappen, klimaten, milieu en duurzaamheid.

Aan de slag

- Stap 1: Je leert over karstlandschappen en koraalriffen. Hoe ontstaan ze, waar zijn ze te vinden en wat is de rol van karstlandschappen.
- Stap 2: Je leert over de verschillende klimaten in het Caribisch gebied, en waarom juist deze klimaten aanwezig zijn. Hiervoor maak je gebruik van de atmosferische circulatie. Daarnaast leer je over de aanwezige flora en fauna.
- Stap 3: Je leert hoe orkanen en windhozen ontstaan, en waarom deze in het Caribisch gebied voorkomen.
- Stap 4: Je leert over klimaatverandering in het Caribisch gebied. Je komt meer te weten over zeespiegelstijging, koraalverbleking en de veranderingen in flora en fauna.
- Stap 5: Je leert over duurzaamheid en wat mensen kunnen doen om de gevolgen van klimaatverandering te beperken. Ook ga je de bijdrage van het toerisme aan klimaatverandering verder onderzoeken.

Afronding

- Begrijpenlijst: Blauw- en vetgedrukte woorden zijn terug te lezen in de verklarende begrijpenlijst.
- Eindproduct: Alle kennis uit de stappen verwerk je in een poster en mindmap.
- Toetsvragen: Met verschillende vragen test je of je de leerdoelen hebt behaald.
- Examen vragen: Oefen met eindexamen vragen.
- Terugkijken: Kijk terug op het katern, check of je alle leerdoelen hebt behaald.

Nb.

Bij verwijzingen naar de atlas zijn omschrijvingen van kaarten genoemd, zodat de vragen gemaakt kunnen worden met behulp van de Grote Bosatlas, 55^e editie en 56^e editie.

Voorkennis

Begintoets

Er zijn drie verschillende hoofdgroepen gesteenten, elk met een andere ontstaanswijze.

1 Vul de tabel in met de hoofdgroepen. Geef per hoofdgroep twee voorbeelden en een korte beschrijving van hoe het gesteente gevormd wordt.

Hoofdgroep gesteente	Voorbeeld 1	Voorbeeld 2	Hoe wordt dit gesteente gevormd?

2 Hieronder staan vier stellingen. Geef per stelling aan of deze juist of onjuist is. Verbeter vervolgens de uitspraken die onjuist zijn.

- In een hogedrukgebied daalt de lucht.
- Wind verplaatst zich van een hogedrukgebied naar een lagedrukgebied.
- Door de draaiing van de aarde heeft de wind op het noordelijk halfrond een afwijking naar links.
- In een hogedrukgebied valt meer neerslag dan in een lagedrukgebied.

3 Geef aan wat het verschil is tussen weer en klimaat.

4 Noem twee broeikasgassen.

5 Welk woord hoort niet in het rijtje? Licht je antwoord bij elke rijtje toe.

- erosie – stromend water – endogene krachten
- grotten – mechanische verwerking – kalksteen
- fossiele brandstoffen - CO₂ uitstoot - duurzaamheid

Stap 1: Karstlandschap

Bron 2 Grot op Bonaire



<https://www.cavetoursbonaire.com/>

Het **karstlandschap** is één van de verschillende landschappen in het Caribisch gebied. Het landschap ontstaat in gebieden waar kalksteen aan de aardoppervlakte is opgelost. Er kunnen dan grotten ontstaan (zie bron 2). Voor het ontstaan van het karstlandschap moeten we terug naar het Tertiair, een periode op de **geologische tijdschaal** zo'n 66 miljoen jaar geleden. In deze periode werd de basis voor het **kalksteen** gelegd in de vorm van **koraalriffen** die in het water groeiden voor de kust van tropische eilanden. Een koraalrif bestaat uit koraal: een verzameling van kleine zeedieren (koraalpoliepen) die met elkaar een kalkskelet bouwen. De vorming van een koraalrif gaat erg langzaam, het kan wel eeuwen duren. Korallen groeien in tropische en subtropische gebieden, tussen 30 °NB en 30 °ZB. De korallen groeien alleen in relatief warm water. De tropische zee in het Caribisch gebied had de ideale omstandigheden: helder, schoon en ondiep. De meeste korallen overleven in temperaturen tussen de 18 °C en 29 °C. Door platentektoniek kwamen de koraalriffen boven water te liggen, stierven af en veranderden in kalksteenterrassen. Koraalriffen en kalksteenterrassen zijn niet hetzelfde. Koraalriffen bevinden zich in het water, terwijl de kalksteenterrassen uit afgestorven koraal bestaan.

Kalksteen bestaat uit opgestapelde resten van kalkhoudende organismen zoals schelpen, zeedieren of korallen. Deze organismen hebben van opgeloste stoffen in het water kalkskeletjes gevormd. Het opstapelen van de kalkskeletjes leidt tot toenemende druk en zo tot de vorming van kalksteen. Kalksteen is erg gevoelig voor het proces van **chemische verwerking**. Dit is het proces waarbij gesteente oplost doordat het in aanraking komt met zuren in (regen)water. In warmere gebieden met veel neerslag is er veel sprake van chemische verwerking. Kalksteen is een poreus (met goede doorlaatbaarheid) **sedimentgesteente** wat dus makkelijk kan oplossen door chemische verwerking. Daardoor kunnen scheuren in het landschap ontstaan waar regen- of grondwater door naar binnen kan stromen. Het (regen)water bevat ook zuren (vanuit plantenwortels of luchtvervuiling). Het water baant zich een weg door het kalksteen waarbij het

kalksteen wordt opgelost. In kalksteengebieden zal veel regenwater niet over de oppervlakte afstromen maar de grond in sijpelen en het kalksteen onder de grond oplossen. Hierdoor ontstaan er ondergrondse systemen van grotten (zie bron 2 en 3) en gangen waar water door wordt afgevoerd. De term 'karst' wordt gebruikt voor alle verschijnselen die te maken hebben met het oplossen van kalkhoudend gesteente in water. Omdat chemische verwerking sneller verloopt bij hogere temperaturen zijn karstlandschappen met name te vinden in warmere gebieden zoals de mediterrane en (sub)tropische landschapszones.

Bron 3

Grot Fontein op Aruba



<https://www.aruba.com/nl/ontdek/grotten>

In grotten kan het water met de kalksteen ook neerslaan waardoor er kalkafzettingen genaamd druipstenen ontstaan. Karsten kunnen beperkt zijn tot een grot, maar soms gaat het om hele gebieden. Zo zijn er meerdere eilanden in het Caribisch gebied die voor een groot deel uit kalksteen bestaan zoals Antigua (zie bron 4), Barbuda en Bonaire.

Bron 4

Devil's Bridge op Antigua



<https://www.visitantiguabarbuda.com/destinations/devils-bridge/>

De karstlandschappen in het Caribisch gebied zijn belangrijk voor de economie. Er vindt mijnbouw plaats (zie bron 5), daarnaast zijn de locaties met grotten ook een toeristische trekpleister.

Bron 5
Kalksteenmijn in Trinidad en Tobago



<https://coosalstt.com/our-divisions/lime-stone-quarry-operations/>

Vragen

- 1 Geef aan waar (in welk milieu) de sedimenten afgezet zijn waaruit het kalksteen ontstaan is.
- 2 Leg uit hoe de waterkringloop van invloed is op het ontstaan van karstlandschappen.
- 3 Geef
 - de twee klimatologische voorwaarden voor het ontstaan van karstverschijnselen;
 - een andere (niet klimatologische) voorwaarde voor het ontstaan van karstverschijnselen.
- 4 Beschrijf in drie stappen het ontstaan van kalksteenformaties. Begin je beschrijving in het Tertiair.
- 5 Geef de oorzaak van het ontstaan van gleuven en spleten in kalksteen
- 6 Geef aan waar ter wereld koralen groeien. Ga in op
 - breedteligging;
 - positie t.o.v. de kust;
 - kenmerken van het water.

Stap 2: Klimaat en landschap

Het Caribisch gebied heeft het hele jaar door te maken met hoge temperaturen. Echter de hoeveelheid neerslag die valt, is wisselend in het Caribisch gebied. Er zijn gebieden die vrij droog zijn en gebieden met veel regen. Ook hebben de meeste eilanden te maken met een droog en een nat seizoen. Het **klimaatstelsel van Köppen** is een schaal om aan te duiden wat voor klimaat ergens aanwezig is. Daarbij wordt een code van twee of drie letters gebruikt

(bijvoorbeeld Af). In bron 6 is te zien wat de verschillende letters betekenen. Om bij een klimaatgrafiek te bepalen welk klimaat er is weergegeven gebruik je een stappenplan.

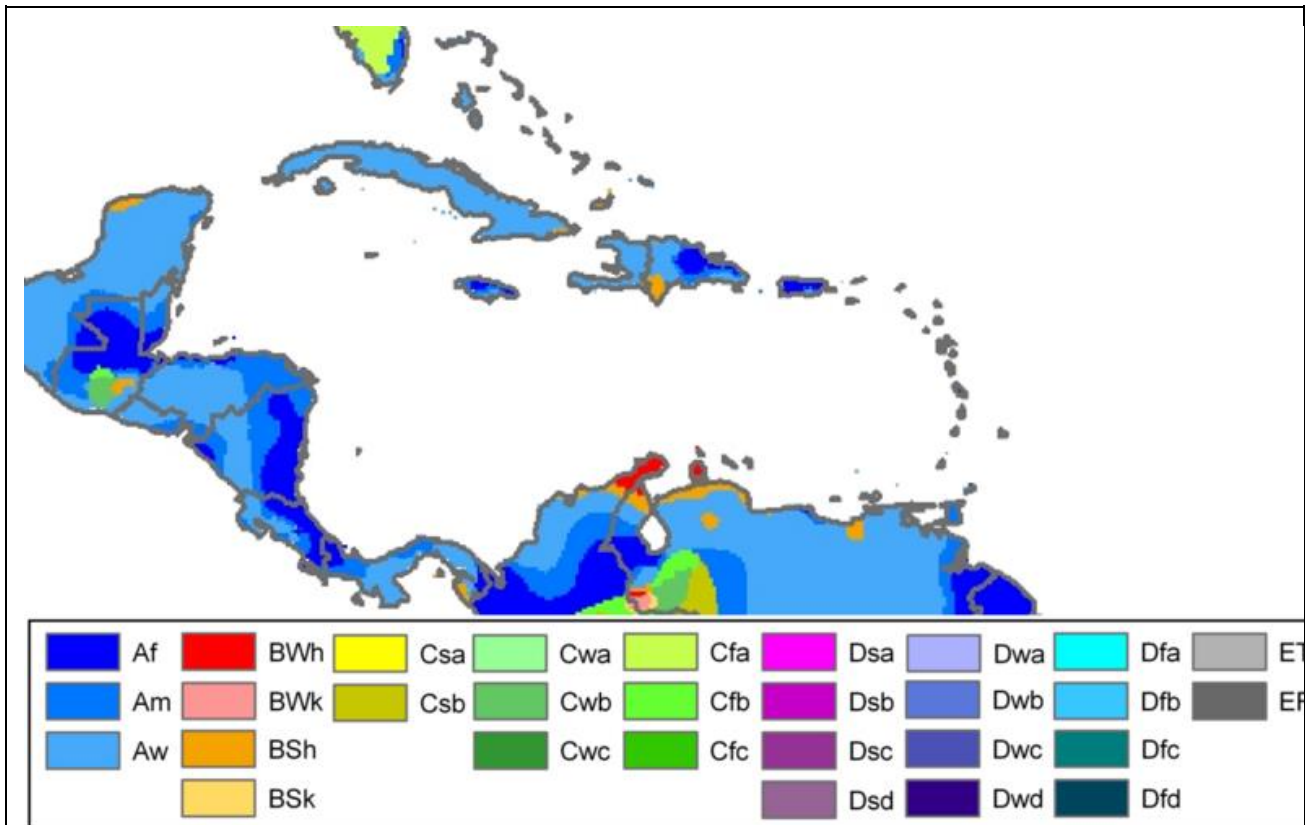
1. Bekijk of de temperatuur het hele jaar door onder de 10 °C is. Zo ja, dan is het een E-klimaat. Bekijk met de kenmerken in bron 6 of het een ET, EF of EH klimaat betreft.
2. Bekijk of de hoeveelheid neerslag onder de 500 mm per jaar is. Zo ja, dan is het een B-klimaat. Bekijk met de kenmerken in bron 6 of het een BS of BW klimaat betreft.
3. Bekijk of de temperatuur het hele jaar door boven de 18 °C is. Zo ja, dan is het een A-klimaat. Bekijk met de kenmerken in bron 6 of het een Af, Aw of As klimaat betreft.
4. Bekijk of de temperatuur in de koudste maand warmer is dan -3 °C en kouder dan 18 °C. Zo ja, dan is het een C-klimaat. Bekijk met de kenmerken in bron 6 of het een Cf, Cw of Cs klimaat betreft.
5. Als het geen E, B, A of C klimaat is, dan is er sprake van een D-klimaat met temperaturen van lager dan -3 °C in de koudste maand. Bij dit klimaat is sprake van grote temperatuurverschillen tussen zomer en winter. Bekijk met de kenmerken in bron 6 of het een Df, Dw of Ds klimaat betreft.

Bron 6				
Klimaatsysteem van Köppen				
		Klimaat	Temperatuur	Neerslag
A (tropische klimaten)	Af	Tropisch regenwoudklimaat	Hele jaar warm, altijd boven de 18 °C.	Hele jaar neerslag
	As	Savanneklimaat	Hele jaar warm, altijd boven de 18 °C	Er is een droge zomer
	Aw	Savanne klimaat		Er is een droge winter
	Am	Moessonklimaat		Er is een korte natte periode
B (aride/droge klimaten)	BS	Steppeklimaat	<i>Temperatuur speelt geen rol in de bepaling van het BS klimaat.</i>	Er valt slechts tussen de 250-500 mm neerslag per jaar
	BW	Woestijnklimaat	<i>Temperatuur speelt geen rol in de bepaling van het BW klimaat.</i>	Er valt minder dan 250 mm neerslag per jaar
C (gematigde / zee klimaten)	Cf	Gematigd zeeklimaat	Warmer dan -3 °C (en lager dan 18 °C) in de koudste maand	Hele jaar neerslag
	Cw	Chinaklimaat	Warmer dan -3 °C (en lager dan 18 °C) in de koudste maand	Droge periode in de winter
	Cs	Middellandse Zeeklimaat	Warmer dan -3 °C (en lager dan 18 °C) in de koudste maand	Droge periode in de zomer
D (land / continentaal klimaat)	Df	Landklimaat / continentaal klimaat	Kouder dan -3 °C in de koudste maand, warmer dan 10 °C in de warmste maand.	Droge periode ontbreekt

			Grote temperatuurverschillen tussen zomer/winter.	
	Dw	Landklimaat / continentaal klimaat	Kouder dan -3 °C in de koudste maand, warmer dan 10 °C in de warmste maand. Grote temperatuurverschillen tussen zomer/winter.	Droge periode in de winter
	Ds	Landklimaat / continentaal klimaat	Kouder dan -3 °C in de koudste maand, warmer dan 10 °C in de warmste maand. Grote temperatuurverschillen tussen zomer/winter.	Droge periode in de zomer
E (polaire klimaten)	ET	Toendraklimaat	Tussen 0°C dan 10 °C in de warmste maand,	Weinig neerslag
	EF	Sneeuw/ijsklimaat	Hele jaar onder 0°C	Weinig neerslag, in vorm van sneeuw
	EH	Hooggebergteklimaat	Hele jaar onder 0°C	Veel neerslag, hoog in de bergen in de vorm van sneeuw

In het Caribisch gebied komen voornamelijk de A en B-klimaten voor. De zomer en winter vallen op het noordelijk en zuidelijk halfrond niet gelijk. Met winter worden de maanden bedoeld met weinig zon. Met zomer worden de maanden bedoeld met veel zon. Voor het bepalen van een droge zomer of winter is het dus belangrijk om te weten of een plaats op het noordelijk of zuidelijk halfrond ligt. In bron 7 is precies te zien welke klimaten er per gebied zijn. Op de bovenwindse eilanden en de eilandenboog is dit vaak een savanneklimaat, en op sommige plekken een tropisch regenwoudklimaat. Het moessonklimaat komt ook regelmatig voor op de eilanden. Bij een moessonklimaat is er een groot contrast tussen de droge en natte periode. Op de benedenwindse eilanden komen ook steppeklimaten voor. Het verschil tussen steppe- en savanne wordt bepaald door de hoeveelheid neerslag die er valt. Een savanneklimaat kenmerkt zich met een aantal drogere maanden, en valt onder de tropische klimaten, terwijl steppeklimaten tot de droge (aride) klimaten behoren.

Bron 7
Klimaten Köppen in het Caribisch gebied



In de legenda staat soms een 3^e letter vermeld. Deze letter wordt bij de B-klimaten gebruikt om aan te geven of het een (h)heet of (k)oud klimaat is. Bij de gematigde en continentale klimaten worden de letters gebruikt om aan te geven of het om een warm (a), gematigd (b), koel (c) of koud (d) gematigd klimaat gaat. Bij het mediterrane klimaat worden alleen de letters a en b gebruikt. Er bestaat geen koel mediterrane klimaat.

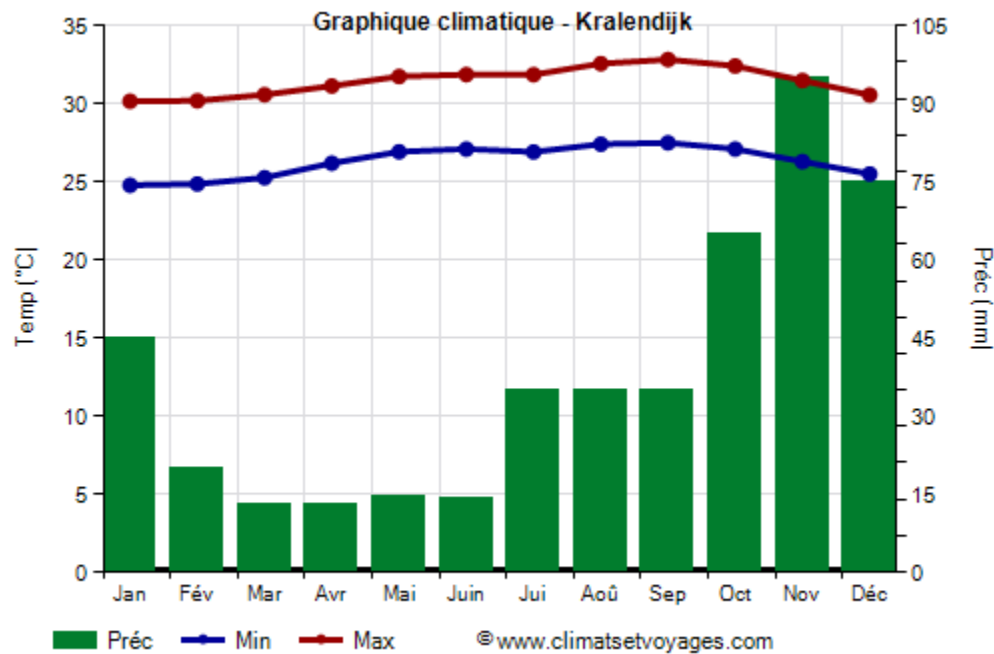
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Central_America_K%C3%B6ppen_Map.png

In bron 8 is in de klimaatgrafiek van Bonaire een steppeklimaat te zien. Bron 8 geeft de klimaatgrafiek weer van Saint Kitts en Nevis, hier is sprake van een savanneklimaat. De grafieken geven de temperatuur (rode lijn = maximum, blauw = minimum) en neerslag (staafjes) aan. Kenmerken van het klimaat in het Caribisch gebied zijn:

- een constante temperatuur gedurende het jaar. De verschillen gedurende het jaar zijn in het zuiden kleiner dan 2 °C, en in het noorden van het Caribisch gebied kan dit zo'n 5 °C zijn.
- een nat en een droog seizoen. Het natte seizoen loopt van mei-juni tot november-december. Het droge seizoen is het andere half jaar. Het natte seizoen loopt gelijk met het orkaanseizoen.
- meer hittestress vooral tijdens droge periodes in het natte seizoen (omdat er geen verlichting is van de intens vochtige hitte door regen en bewolking). Tijdens het droge seizoen is de hitte minder intens.

Bron 8

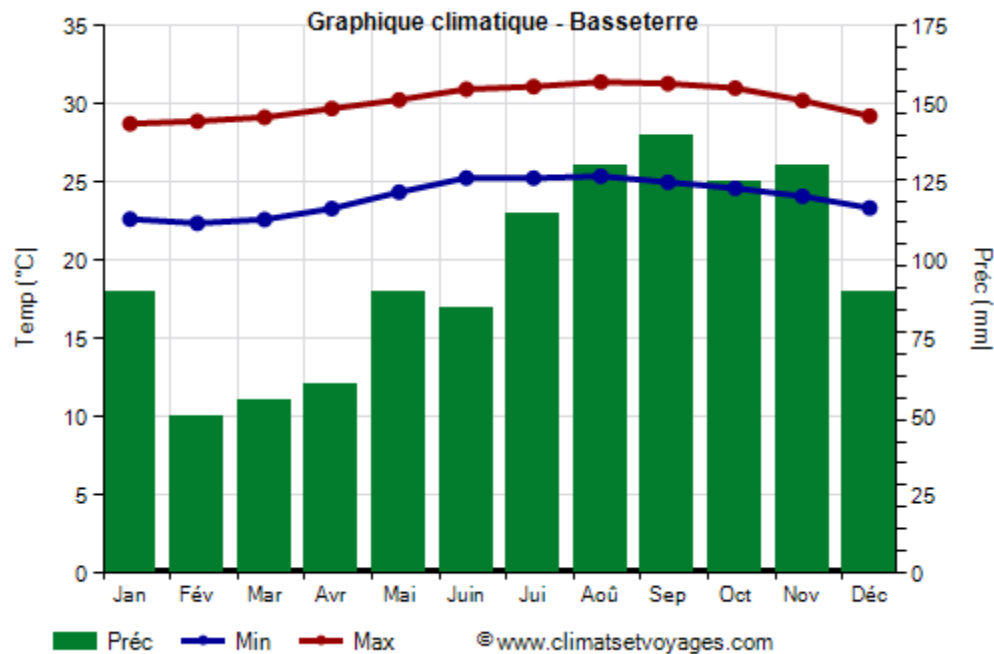
Klimaatgrafiek Bonaire



<https://www.climatsetvoyages.com/>

Bron 9

Klimaatgrafiek Saint Kitts en Nevis



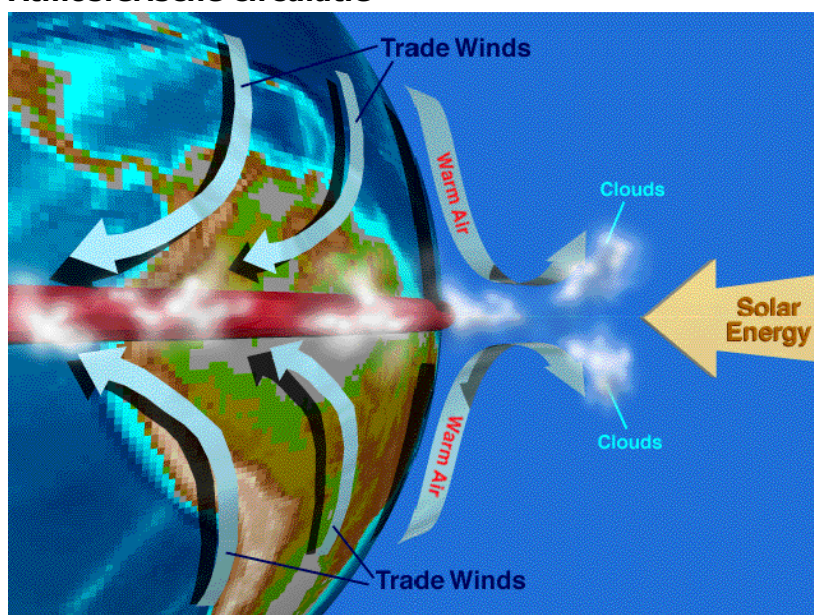
<https://www.climatsetvoyages.com/>

ITCZ

De verklaring voor de aanwezigheid van het steppe- en savanneklimaat ligt in het opschuiven van de intertropische convergentiezone, afgekort **ITCZ**. Dit is een tropisch lagedrukgebied. De droge periodes worden veroorzaakt door aanwezigheid van een subtropisch **hogedrukgebied** (onthoud: hoog = droog) en de afwezigheid van de ITCZ. De ITCZ is een zone met veel opstijgende lucht, veroorzaakt door de instraling van de zon. De lucht is warm en vochtig. Door het opstijgen van de lucht, ontstaat er een luchttekort aan het aardoppervlak. Dit wordt een **lagedrukgebied** genoemd. Bij een lagedrukgebied is er sprake van veel neerslag. De ITCZ ligt niet het hele jaar op dezelfde locatie, omdat de instraling van de zon verschuift doordat de aardas schuin staat. De instraling van de zon is het meest loodrecht op het noordelijk halfrond in de maanden juni/juli. Op het zuidelijk halfrond is de instraling van de zon het meest loodrecht in januari/december. In het Caribisch gebied ligt de ITCZ in maart rond de 2-5 °NB en in september rond de 12-15 °NB. September is door de ligging van de ITCZ en de bijbehorende instraling van de zon dus de maand met de meeste opstijgende lucht in het Caribische gebied. Door de opstijgende lucht ontstaan er sterke lagedrukgebieden. Op het moment dat de ITCZ boven een gebied ligt valt er ook meer neerslag. Dit wordt de regentijd genoemd. Sommige gebieden hebben te maken met een dubbele regentijd, doordat de ITCZ er twee keer overheen schuift. Een voorbeeld hiervan is Guyana met een regentijd in mei-juli en november-januari. Per eiland kan de droge / natte periode een beetje verschillen. Dit heeft ook te maken met de exacte ligging van de ITCZ.

Wind waait altijd van een hogedrukgebied naar een lagedrukgebied. Dat houdt in dat winden tussen de 30 °NB en 30 °ZB richting de evenaar waaien (zie bron 10), naar de ITCZ toe. Deze winden noemen we **passaten**. Op het noordelijk halfrond komt de wind uit het noordoosten, daarom heet de wind **noordoostpassaat**. Op het zuidelijk halfrond komt de wind uit het zuidoosten: de zuidoostpassaat.

Bron 10
Atmosferische circulatie



Vertaling: tradewinds = passaatwind

<http://thebritishgeographer.weebly.com/the-climate-of-tropical-regions.html>

Flora en fauna

De bijzondere ontstaansgeschiedenis van het Caribisch gebied (de geologie) en de verschillende klimaten hebben geleid tot een bijzondere **vegetatie**, ofwel plantengroei in samenhang met het gebied. Alle verschillende planten die ergens groeien worden samen ook wel **flora** genoemd. Ook zorgen de unieke vegetatietypen ervoor dat er een geschikte leefomgeving is voor een grote diversiteit aan **fauna** (alle dieren die in een gebied voorkomen).

In het Caribisch gebied komt op de meeste plekken een tropisch klimaat voor, en daar hoort ook tropische vegetatie bij. Er is tropisch bos (regenwoud) te vinden, waarin ook veel andere planten groeien en veel verschillende dieren hun leefgebied vinden. Op de meeste eilanden groeien tropische palmbomen (zie bron 11).

Bron 11

Palmbomen op Saint Kitts



[https://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:St. Kitts grasslands and palm trees - _panoramio.jpg](https://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:St._Kitts_grasslands_and_palm_trees_-_panoramio.jpg)

Ook al zijn de bergen op de eilanden niet zo hoog, toch komt hoger in de bergen op de Kleine Antillen soms een nevelwoud voor (zie bron 12). Een **nevelwoud** is een tropisch bos dat op een berghelling groeit en ontstaat doordat warme lucht gedwongen wordt om op te stijgen. Bij het stijgen koelt de lucht af, en vindt er condensatie plaats. Die condens is zichtbaar als nevel.

Bron 12

Nevelwoud op Saba



<https://www.beautiful-saba.nl/natuur-op-saba.php>

Langs de kust van het vasteland, en bij sommige eilanden, liggen stroken laagland met moerassen. In het water voor de kust komt ook regelmatig mangrove voor (zie bron 13), dat zijn bossen die met hun wortels boven het zoute water uitkomen. Mangroven zijn belangrijk omdat ze veel CO₂ opnemen, de golfslag bij stormen afremmen en veel voedsel bevatten voor de bewoners en omwonenden. Tussen de wortels van mangroven leven veel vissen en vogels.

Bron 13
Mangrove bij Mangel Halto op Aruba



<https://www.aruba.com/nl/ons-eiland/regios/savaneta>

Op de droge (aride) eilanden komt een heel ander type vegetatie voor. Hier zijn voornamelijk planten te vinden die weinig water nodig hebben: steppevegetatie. De planten hier maken goed gebruik van het natte seizoen. In die periode zuigt de vegetatie zich helemaal vol en is het eiland een heel stuk groener. Er groeien op de droge eilanden onder andere veel soorten cactussen (bron 14), doornstruiken, agave en aloë vera (bron 15).

De cactussen zijn belangrijk voor de natuur op de warme en droge eilanden. Op de cactussen zitten stekels in plaats van bladeren. Vanwege het droge en warme weer moeten cactussen zien te voorkomen dat ze teveel water kwijt raken door de brandende zon. Cactussen hebben veel wortels die vlak onder de grond liggen en zo al het regenwater opzuigen. Een cactus voor de regentijd is vaak dun en rimpelig, maar zodra de regentijd start vult de cactus zich met water.

Omdat er nauwelijks water verdampt uit de cactus heeft de cactus ook genoeg water om de droge tijd te overleven.

Bron 14
Cactusveld op Bonaire



https://www.columbusmagazine.nl/noord_en_midden-amerika/nederlandse-antillen/bonaire/foto/551859/een-cactusveld-aan-de-oostkant-van-bonaire

Aloë vera is een plant die in de 19e eeuw meegenomen is naar het Caribisch gebied met schepen vanuit Afrika. De plant heeft zich aangepast aan het droge klimaat op de eilanden om te kunnen overleven. De medicinale eigenschappen van de plant worden echter wel beïnvloed door veranderingen in neerslag, temperatuur en zon. De plant is een **cash crop**, een belangrijk exportproduct van Aruba.

Bron 15
Aloë Vera op Aruba



<https://arubaaloe.nl/blogs/alles-over-aloe/het-eiland-van-de-aloe-s>

Ook groeien er zogenoemde 'waaibomen' op de eilanden, die als een kompas de windrichting aangeven. De fofoti boom (bron 16) is zo'n waaiboorn, hij groeit vaak in de nabijheid van zout water, daarom komt deze boom veel voor langs de kust. Het is geen mangrove boom, omdat er geen luchtwortels (wortels op de knopen van de stengel) zijn, maar de boom groeit wel vaak in de omgeving van mangrove. Meestal groeit de boom met de stam in de richting van zee. Een

andere waaiboom is de divi divi boom of 'watapane' in het Papiamentu (zie bron 17), deze lijkt op de fofoti boom maar groeit meer landinwaarts. De gedroogde bladeren van de boom vormen vruchtbare grond. De divi divi boom kan goed tegen droogte, door zijn stevige wortels en kleine bladeren.

Bron 16
Fofoti boom



<https://www.followmyfootprints.nl/het-beroemdste-boompje-van-aruba-de-fofoti-tree-op-eagle-beach-geen-divi-divi/>

Bron 17
Divi divi boom / Watapane



https://nl.wikipedia.org/wiki/Dividivi#/media/Bestand:Dividivi_on_aruba.jpg

Dieren die voorkomen op de eilanden hebben zich aangepast aan het klimaat of de omstandigheden van het landschap. Zo komen er in de grotten verschillende soorten vleermuizen voor. Verder kom je allerlei soorten hagedissen tegen en zijn er verschillende soorten slangen (zowel giftig als niet-giftig). Sommige soorten zijn endemisch, wat betekent dat ze alleen voorkomen in een bepaald gebied of eiland, maar andere soorten zijn 'exoten'. Deze dieren komen dan niet van nature voor in het gebied maar zijn (meestal) door de mens ingevoerd. Een voorbeeld van een exoot is de boa constrictor (een wurgslang) op Aruba. De boa constrictor heeft op Aruba geen natuurlijke vijand, waardoor deze kan blijven leven. De boa levert een gevaar op voor de verschillende vogel- en uilensoorten. Andere dieren in het Caribisch gebied zijn geiten, paarden en ezels (bron 18). Deze dieren zijn tijdens het koloniale

verleden meegenomen richting de eilanden en ingezet voor de fokkerij of als werk- en lastdieren. Veel van deze dieren lopen los rond op het eiland, zonder eigenaar.

Bron 18
Ezels op Aruba



<http://main.arubandonkey.org/portal/index.php/34-english/info>

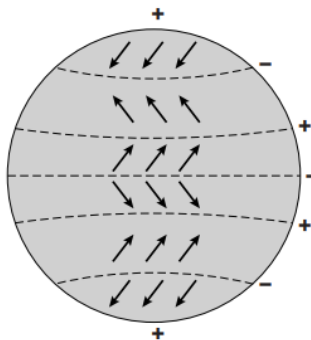
Vragen

1 Geef aan tussen welke breedtegraden het Caribisch gebied ligt.

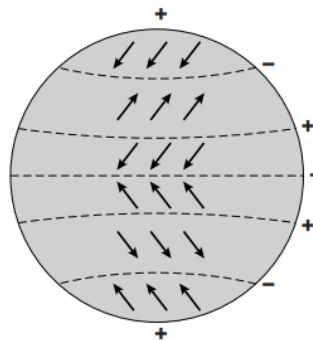
Gebruik bron 19.

Bron 19
Atmosferische circulatie

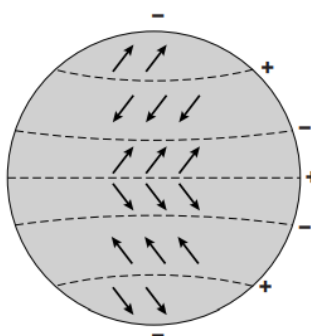
tekening 1



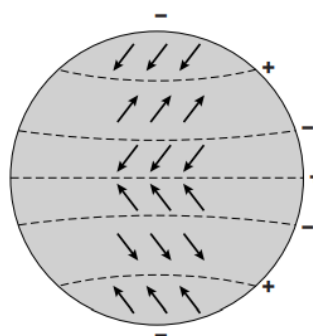
tekening 2



tekening 3



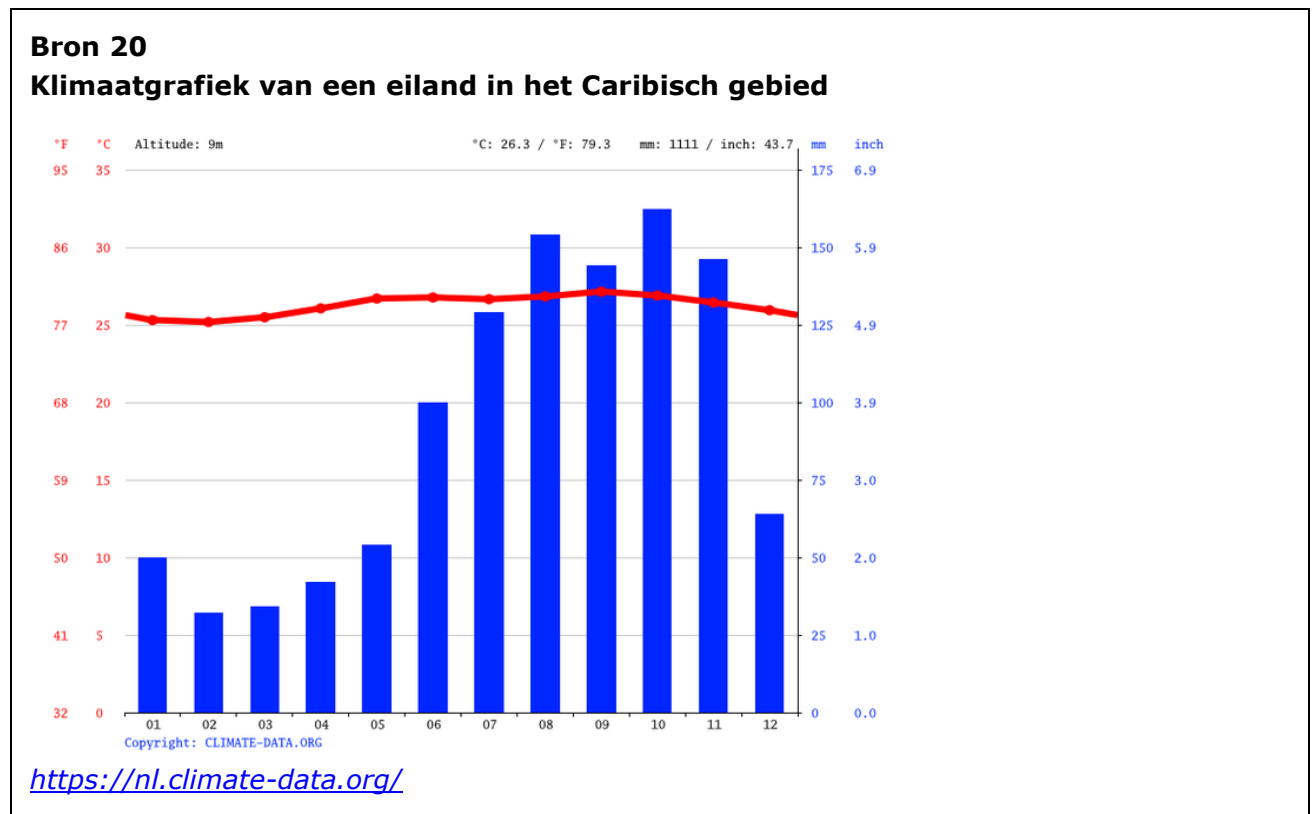
tekening 4



<https://www.examengemak.nl/file/Vmbo%20TL%20GL%20-%20Aardrijkskunde%20-%202016%20-%20II%20-%20Opg%201.pdf>

2 Geef aan op welke tekening de overheersende luchtdruk en het mondiale windsysteem juist getekend zijn.

Gebruik bron 20.



Bron 20 laat een klimaatgrafiek zien van een van de eilanden in het Caribisch gebied.

3 Geef aan welk klimaat de grafiek laat zien volgens het klimaatsysteem van Köppen.

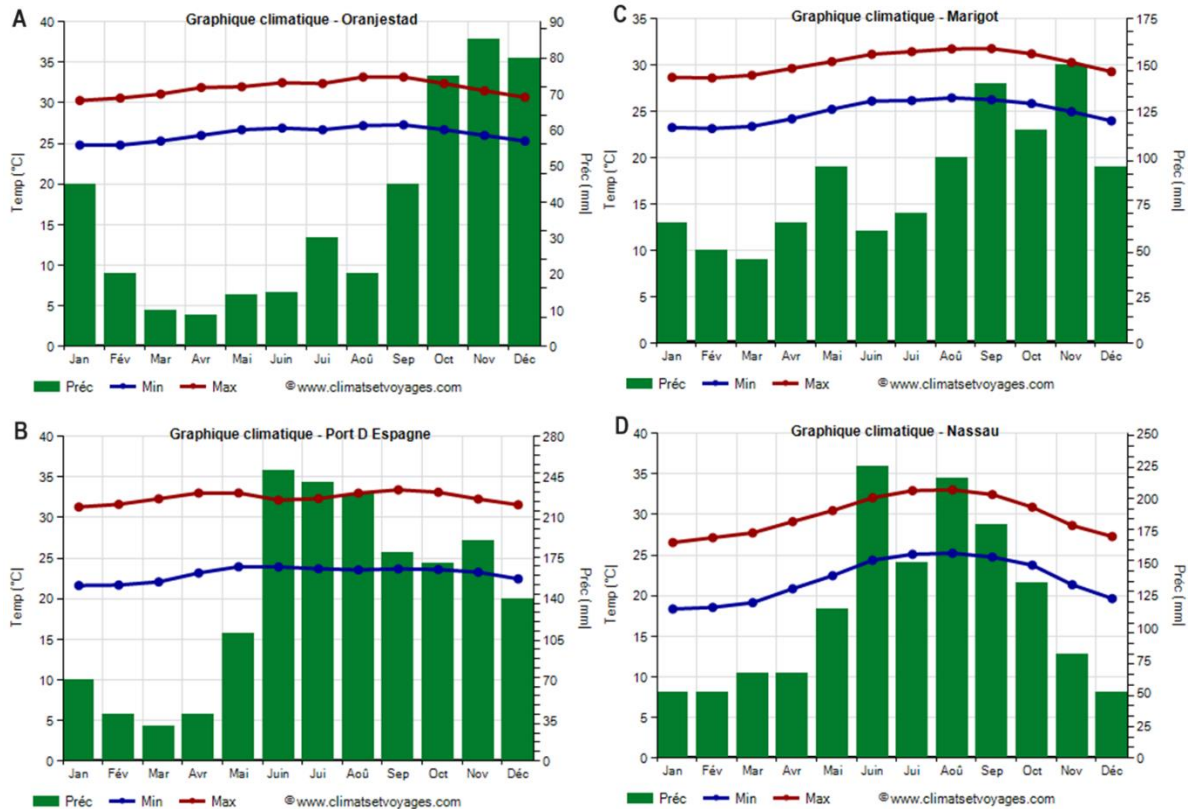
4 Beredeneer of deze klimaatgrafiek bij een bovenwinds- of benedenwinds eiland hoort.

Gebruik bron 21.

Bron 21

Vier klimaatgrafieken in het Caribisch gebied

A = Oranjestad Aruba, B = Port D'Espagne (Port of Spain) Trinidad and Tobago, C = Marigot Sint Maarten, D = Nassau Bahama's.



<https://www.climatsetvoyages.com/>

In bron 21 zijn vier klimaatgrafieken te zien uit het Caribisch gebied.

5 Beschrijf wat er in de klimaatgrafieken verandert van lage breedte naar hoge breedte qua neerslag en temperatuur.

6 Noteer welke klimaten er zijn weergegeven volgens het klimaatsysteem van Köppen.

Ga naar de website <https://earth.nullschool.net/>. Hier kun je windpatronen, zeestromen en luchtvervuiling zien. Onderzoek windpatronen, windsnelheden, temperatuur, luchtdruk, zeestromen.

7 Geef aan hoe je de ligging van de ITCZ op de kaarten kunt herkennen.

8 Verklaar met behulp van de atmosferische circulatie de aanwezigheid van een noordoostpassaat in het Caribisch gebied.

Gebruik bron 16.

Eén van de meest gefotografeerde bomen op Aruba is de 'Fofoti' boom op Eagle Beach, zoals in 16. De boom hangt scheef en is vergroeid naar het zuidwesten.

9 Leg uit met behulp van de atmosferische circulatie waarom de Fofoti boom vergroeid is naar het zuidwesten.

10 Geef aan welke kenmerken vegetatie in de steppe- en savanneklimaten heeft om te kunnen overleven in het droge klimaat.

Stap 3: Tropische orkanen en windhozen

Tropische orkanen

Tropische orkanen, ook wel hurricanes genoemd in het Caribisch gebied, zijn grote tropische weersystemen waarbij de windsnelheden hoger zijn dan windkracht 12 op de schaal van Beaufort (zie bron 22).

Bron 22

Schaal van Beaufort

Windschaal van Beaufort

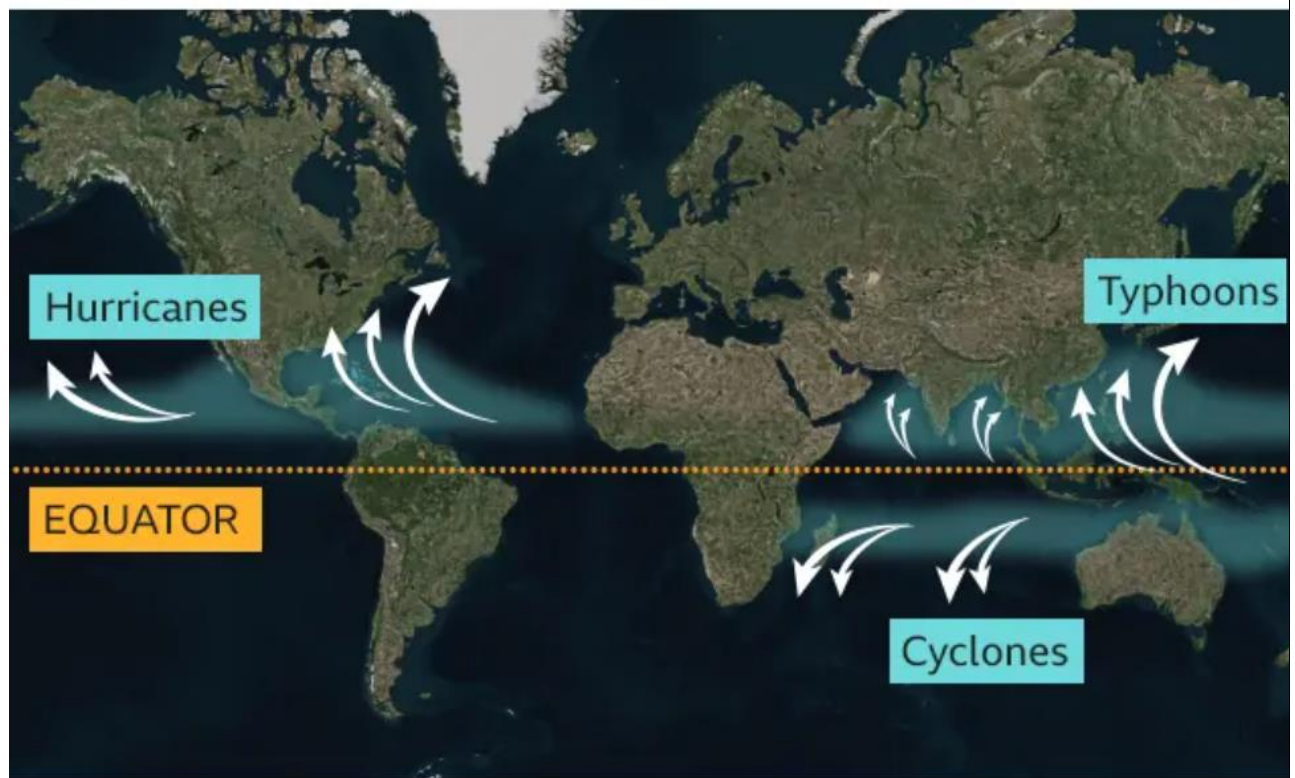
Bft	Benaming	km/u	m/s	Uitwerking boven land
0	stil	0 - 1	0 - 0,2	rook stijgt vrijwel recht op
1	zwak	1 - 5	0,3 - 1,5	windrichting af te leiden uit rookpluimen
2	zwak	6 - 11	1,6 - 3,3	wind merkbaar in gezicht
3	matig	12 - 19	3,4 - 5,4	stof waait op
4	matig	20 - 28	5,5 - 7,9	haar in de war; kleding flappert
5	vrij krachtig	29 - 38	8,0 - 10,7	opwaaiend stof
6	krachtig	39 - 49	10,8 - 13,8	paraplu's met moeite vast te houden
7	hard	50 - 61	13,9 - 17,1	lastig tegen de wind in te lopen of fietsen
8	stormachtig	62 - 74	17,2 - 20,7	voortbewegen wordt moeilijk
9	storm	75 - 88	20,8 - 24,4	dakpannen waaien weg; kinderen waaien om
10	zware storm	89 - 102	24,5 - 28,4	schade aan gebouwen; volwassenen waaien om
11	zeer zware storm	103 - 117	28,5 - 32,6	schade aan bossen
12	orkaan	> 117	> 32,6	grootschalige schade

<https://www.weeronline.nl/nieuws/de-definitie-van-storm-en-zware-windstoten>

Tropische orkanen ontstaan in gebieden waar het zeewater boven de 27 °C is en die op voldoende afstand van de evenaar liggen. Zonder het draaien van de aarde, en het daardoor veroorzaakte **Corioliseffect**, zouden orkanen niet kunnen ontstaan. Het Corioliseffect is maximaal bij de polen en is minimaal bij de evenaar. Op het noordelijk halfrond, waar de wind een afwijking heeft naar rechts, bewegen lagedrukgebieden tegen de klok in. Op het zuidelijk halfrond, heeft de wind een afwijking naar links en bewegen lagedrukgebieden dus met de klok mee. Pas vanaf 5 °NB/ZB is er genoeg draaiing van de aarde voor het ontstaan van orkanen. Orkanen komen hoofdzakelijk voor tussen de 5° en 30° breedtegraad (zie bron 23). Op een lagere breedte is de draaiing van de aarde niet sterk genoeg, boven de 30° breedtegraad is de temperatuur van het zeewater over het algemeen te laag.

Bron 23

Locaties tropische orkanen



Source: NOAA

BBC

<https://www.bbc.com/news/world-45112674>

In bron 24 en 25 is te zien hoe orkanen ontstaan. Het begint als gevolg van de sterke verdamping bij warm zeewater. De lucht verdampt en stijgt op. Bij het opstijgen koelt de lucht af en worden er wolken gevormd. Naarmate er meer lucht verdampt en condenseert, ontstaan er meer wolken en wordt er langzaam een storm gevormd. De warmte die vrijkomt bij het condenseren zorgt ook weer voor meer energie om een storm te vormen. Dit wordt ook wel een positieve terugkoppeling genoemd, een zichzelf versterkend effect. Aan de grond ontstaat een sterker lagedrukgebied, en er komt meer wind. Door de draaiing van de aarde gaat de storm ook draaien. In eerste instantie ontstaat een tropische depressie. Een tropische depressie kenmerkt zich doordat zijn kern van onder tot boven gevuld is met warmere lucht dan de omgeving.

Kijk voor meer informatie naar deze uitleg:

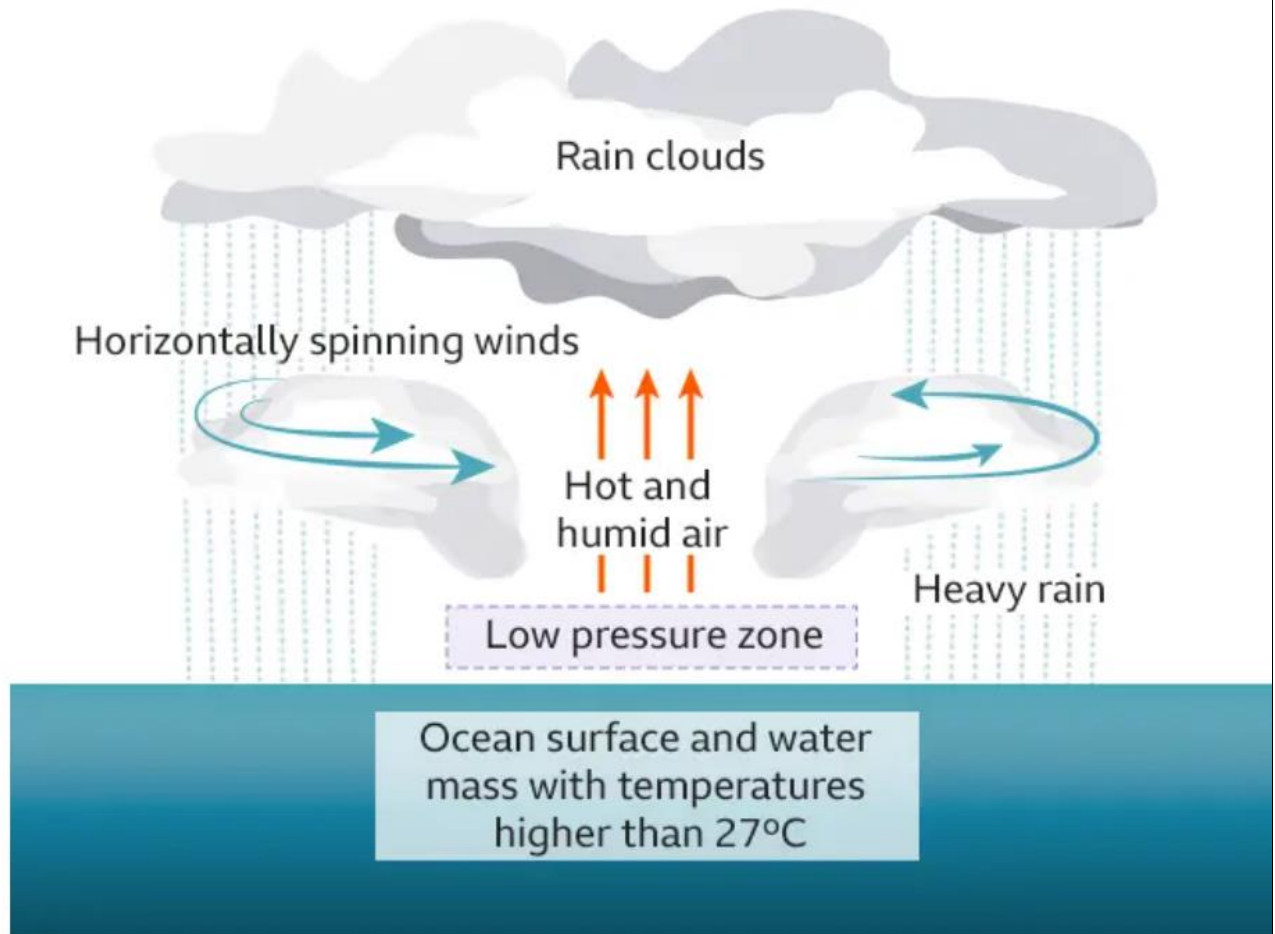
<https://www.youtube.com/watch?v=wPDoIrGUrEc&t=12s> en

<https://www.youtube.com/watch?v=H0rIZKY6DVQ>

Bron 24

De basis voor een orkaan

Basic ingredients of a hurricane



BBC

<https://www.bbc.com/news/world-45112674>

De meeste orkanen die naar het Caribisch gebied trekken ontstaan als tropische depressies voor de kust van Afrika. Met de noordoostpassaat worden deze tropische depressies meegevoerd richting het Caribisch gebied. Als de lucht vochtig genoeg is, kunnen er zware onweersbuien ontstaan en kan een depressie uitgroeien tot een tropische storm. Er is dan wel een lagedrukgebied met stevige wind, maar nog geen orkaan. Ook moet er voldoende windschering zijn. Dat houdt in dat de wind op verschillende hoogtes verschilt van kracht en richting. Hierdoor kan de storm nog sterker worden en kan er een orkaan ontstaan.

Bron 25

Kenmerken van een orkaan



Klik op de link hieronder voor een leesbare versie van bron 25:

<https://infoplaza.ams3.digitaloceanspaces.com/wp-infographic-orkanen-v3.png>

Het opvallendste kenmerk van de orkaan is het oog. Het oog is goed te zien op een satellietfoto als een plek zonder wolken (zie bron 25, afbeelding 4 en bron 26). In het oog van de orkaan is het windstil, en er is sprake van een dalende luchtbeweging. De dalende lucht warmt op, en daarom is er in het oog droog en helder weer. Direct om het oog, bij de 'eyewall' zijn de windsnelheden het hoogst en is het weer het slechtst. Buiten de 'eyewall' zijn regenbanden te vinden, die om het oog draaien.

Bron 26
Orkaan Irma



Satellietfoto van 8 september 2017 met orkaan Irma in het midden in de Caribische Zee, orkaan Jose rechts in de Atlantische Oceaan en tropische storm Katia in de Golf van Mexico.
<https://www.wsj.com/articles/hurricane-irma-barrels-toward-florida-1504882284>

Orkanen kunnen voor veel schade zorgen. Het hele orkaansysteem kan honderden kilometers breed zijn, en het hele gebied merkt de aanwezigheid in meer of mindere mate. Hoe dichterbij het oog, hoe groter de schade. Dit komt door de sterke wind, maar ook door de hoeveelheid regen. Uit de regenbanden valt erg veel regen waardoor er overstromingen en **aardverschuivingen** kunnen ontstaan. Zeker eilanden met steile hellingen, zoals de vulkanische eilanden Sint-Eustatius en Saba, kunnen hiermee te maken krijgen. Daarnaast ontstaan er door de orkaan ook hele hoge golven. Deze (vloed)golven kunnen ook voor veel schade zorgen.

Een storm krijgt de naam orkaan als de windkracht boven de 115 km/uur is (windkracht 12 op de schaal van Beaufort). De kracht van de orkaan wordt gemeten met de Schaal van Saffir – Simpson (zie bron 27). Categorie 1 is het minst zwaar, en categorie 5 is het zwaarst. Pas als de orkaan boven land komt of boven kouder water, neemt deze af in kracht omdat de orkaan zijn 'brandstof' kwijt is, namelijk het relatief warme water.

Bron 27
Schaal van Saffir-Simpson

Schaal van Saffir-Simpson		
Categorie	Windsnelheden	Stormvloed
Tropische depressie	Tot 63 km/uur (tot 8 Bft.)	
Tropische storm	64-118 km/uur (8-11 Bft.)	
Orkaan categorie 1	119-153 km/uur (12 Bft.)	1,2 - 1,6 m
Orkaan categorie 2	154-177 km/uur (12 Bft.)	1,7 - 2,5 m
(zware) Orkaan categorie 3	178-209 km/uur (12 Bft.)	2,6 - 3,8 m
(zware) Orkaan categorie 4	210-249 km/uur (12 Bft.)	3,9 - 5,5 m
(zware) Orkaan categorie 5	≥ 250 km/uur (12 Bft.)	≥ 5,5 m

<https://www.weeronline.nl/nieuws/schaal-van-saffir-simpson>

Het orkaanseizoen in het Caribisch gebied vindt plaats tussen 1 juni en 30 november. De meeste orkanen komen voor tussen augustus en oktober, omdat het zeewater dan het warmst is. Dan worden ook de zwaarste orkanen gevormd. Door de zuidelijke ligging komen er op de benedenwindse eilanden vrijwel geen orkanen voor. Sinds 1851 zijn er slechts zo'n tien tropische stormen in de buurt geweest van de ABC-eilanden (zie bron 28). Orkanen hebben door de afwijking 'naar rechts', veroorzaakt door het Corioliseffect, de neiging noordwaarts te trekken, ver bij de ABC-eilanden vandaan.

Bron 28
Storm over ABC-eilanden

In 1996 trok er een tropische storm over de ABC-eilanden. In 1993 volgde tropische storm Bret een koers ten zuiden van de ABC-eilanden. In 2004 passeerde orkaan Ivan ten noorden van de ABC-eilanden als een categorie 5 orkaan, er werden maximale windstoten gemeten van 260 km/uur. In 2016 passeerde orkaan Matthew ook ten noorden van de ABC-eilanden. Vooral de golven zorgde voor veel kustafslag op de eilanden, waarbij veel zand wordt weggeslagen en infrastructuur schade oploopt. De overige orkanen en tropische stromen passeerden verder weg en/of met minder kracht.

<https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/tropische-orkanen-bij-benedenwindse-eilanden-geen-abc-tje>

De overige Kleine Antillen (en dus ook de bovenwindse eilanden) liggen wel in de route van orkanen. De eilandenboog, waar ook Sint-Maarten, Saba en Sint-Eustatius deel van uitmaken, zijn meestal de eerste eilanden die getroffen worden door tropische orkanen voordat de

orkanen de Caribische zee in trekken. In september 2017 werd Sint-Maarten zwaar getroffen door orkaan Irma.

Windhozen

Een **windhoos** (zie bron 29), ook wel tornado, is een wervelwind die als een trechtervormige slurf onder een onweerswolk zichtbaar is. Een windhoos ontstaat uit een zware onweersbui met een sterke, draaiende opwaartse luchtstroom. Deze zware onweersbuien ontstaan meestal boven land als er grote temperatuurverschillen zijn, en warme, vochtige lucht botst met koude, droge lucht. De warme lucht stijgt op en vormt een onweersbui. De onweersbui kan dan ook gaan draaien en hoge windsnelheden bereiken. Onder de onweersbui kan dan een slurf ontstaan: de windhoos. De ronddraaiende en opstijgende slurf onder de wolk zuigt alles mee wat er op zijn pad komt. De tornado kan binnen minuten weer voorbij zijn, maar heeft een verwoestend effect, ook al is de slurf maar maximaal enkele honderden meters breed. Soms komen er ook waterhozen voor. Een waterhoos is eigenlijk hetzelfde als een windhoos, alleen ontstaat deze boven water. De basis voor de waterhoos is warm water en een koude bovenlucht, en vervolgens vindt hetzelfde proces plaats als bij een windhoos. Meestal heeft de waterhoos onvoldoende kracht om echt veel schade langs de kust te veroorzaken.

Bron 29

Windhoos op Curaçao in oktober 2017



<https://antilliaansdagblad.com/nieuws-menu/16498-waarschuwing-windhoos>

Vragen

- 1** Leg uit hoe een lagedrukgebied kan veranderen in een tropische orkaan.
- 2** Geef de reden waarom orkanen wel in Caribisch Nederland, maar niet in Europees Nederland zullen voorkomen.

Gebruik atlaskaart *De Aarde Natuurrampen*

3 Geef aan welke natuurramp volgens deze atlaskaart het meeste voorkomt in het Caribisch Gebied.

De legenda van de atlaskaart (*De Aarde Natuurrampen*) geeft aan dat het aantal dodelijke slachtoffers als gevolg van deze rampen in het Caribisch gebied meestal minder dan 10.000 is.

4 Geef een demografische reden voor het Caribisch gebied waarom het aantal slachtoffers minder dan 10.000 is.

5 Neem onderstaand schema over en noteer de verschillen tussen een orkaan en een tornado.

	Orkaan	Tornado
Locatie ontstaan		
Tijdsduur		
Grootte / formaat		

6 Hieronder staan vier uitspraken. Geef per uitspraak aan of deze juist of onjuist is. Verbeter vervolgens de uitspraken die onjuist zijn.

- In het Caribisch gebied komen orkanen gedurende het hele jaar voor.
- Een tropische orkaan wordt in het Caribisch gebied ook wel hurricane genoemd.
- Een tornado is een kleine orkaan en ontstaat alleen boven de oceaan.
- Het windstille centrum van een orkaan wordt een slurf genoemd.

7 Geef aan waarom de meeste orkanen tussen augustus en oktober ontstaan.

8 Noem drie factoren die de het pad of 'de route' (ook wel de 'trekrichting' genoemd) van tropische stormen en orkanen beïnvloeden.

9 Leg de volgende uitspraak uit:

'Alle orkanen zijn tropische stormen, maar niet alle tropische stormen zijn orkanen'.

10 Beredeneer waarom hazard management voor orkanen beter uit te voeren is dan bij tornado's.

Ga naar de website <https://coast.noaa.gov/hurricanes> en typ in het zoekvenster de naam van het eiland waar jij woont.

11 Geef aan

- of de orkanen die in de buurt komen van het eiland altijd dezelfde route volgen;
- hoeveel orkanen er in de afgelopen 10 jaar in de buurt zijn gekomen van het eiland;
- wat de kracht was van de orkanen op de schaal van Saffir-Simpson in de buurt van het eiland.

Bekijk de website: <https://www.nhc.noaa.gov/>. Deze website houdt de vorming van orkanen in de gaten, geeft het pad weer van de orkaan en geeft ook waarschuwingen indien nodig. Maak de volgende opdrachten indien de les gegeven wordt in het orkaanseizoen.

12 Noteer welke meldingen er op de website genoemd staan voor het Atlantisch bassin.

13 Beschrijf hoe de verschillende windsnelheden van een tropische storm weergegeven worden.

14 Noteer hoeveel dagen de tropische storm (naar verwachting) nodig heeft om zich te verplaatsen van Afrika naar het Caribisch gebied.

15 Geef aan

- welke eilanden / landen te maken kunnen krijgen met de tropische storm;
- wanneer de tropische storm van kracht veranderd (bijv. van tropische storm naar cat. 1 orkaan);
- welke eilanden / landen de meeste schade kunnen verwachten.

16 Geef aan hoe de website ingezet kan worden bij hazard management.

Stap 4: Klimaatverandering en milieu

Klimaatverandering

Klimaatverandering kan gebeuren als gevolg van natuurlijk oorzaken, maar de huidige klimaatverandering wordt grotendeels veroorzaakt door de mens. De mens zorgt sinds de industriële revolutie voor een snelle opwarming van de aarde. Dit komt voornamelijk door het gebruik van **fossiele brandstoffen** waarin broeikasgassen zitten. Broeikasgassen zijn van nature niet slecht. Ze zorgen voor het **natuurlijk broeikaseffect** waardoor het mogelijk is om op aarde te leven. Door broeikasgassen wordt warmte vastgehouden. De toename van de hoeveelheid broeikasgassen zorgt er echter voor dat er meer warmte in de atmosfeer wordt vastgehouden wat leidt tot het **versterkte broeikaseffect**. Het verbranden van fossiele brandstoffen zoals aardolie, aardgas en steenkool zorgt voor een toename van CO₂ in de atmosfeer. Een ander broeikasgas dat verantwoordelijk is voor de opwarming van de aarde is methaan. Dit komt vooral vrij in de landbouw. Doordat er steeds meer mensen zijn op aarde en de welvaart toeneemt moet er meer voedsel geproduceerd worden, waardoor er meer methaan wordt uitgestoten.

Het versterkte broeikaseffect heeft gevolgen voor het klimaat. Er komen vaker (hevigere) hittegolven voor en extreme neerslag en droogte nemen toe. De wereldgemiddelde temperatuur was in 2022 1,2°C hoger dan in het pre-industriële tijdperk (1850-1900). Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), een VN-commissie, doet onderzoek naar klimaatverandering en heeft in 2023 een nieuw rapport uitgebracht met verontrustende informatie over klimaatverandering. Als er niets gedaan wordt aan de grootschalige uitstoot van broeikasgassen zal de aarde aan het einde van deze eeuw zeker 2°C warmer zijn. Op basis van dit rapport heeft het KNMI voor Caribisch Nederland een aantal conclusies opgeschreven (zie bron 30). Aangezien het zowel de bovenwindse als benedenwindse eilanden betreft, kan deze conclusie ook breder gezien worden voor de eilanden in de regio.

Bron 30

Conclusies KNMI voor Caribisch Nederland

- **Droger:** er valt in het droge seizoen (december-april) al weinig regen, maar in de komende decennia wordt de neerslag naar verwachting nog minder.
- **Warmer:** in Caribisch Nederland neemt de temperatuur sinds de jaren '80 van de vorige eeuw toe met ongeveer 0,2°C per 10 jaar.

- **Orkanen:** voor Bonaire (plus Aruba en Curaçao) blijft de kans op orkanen gelijk. Voor de Bovenwindse eilanden (Sint-Eustatius, Saba en het naburige Sint-Maarten) verwacht het KNMI vaker orkanen met een zwaardere intensiteit, met daarbij veel meer regen.
- **Stijging zeespiegel:** ook als de wereld minder CO2 uitstoot, kan Bonaire rond 2100 een redelijk sterke zeespiegelstijging verwachten: tussen +31 en +78 cm. Bij hoge uitstoot wordt de zeespiegel nog hoger: tussen +55 en +127 cm.

<https://caribischnetwerk.ntr.nl/2023/10/09/klimaatverandering-nog-warmer-en-nog-minder-regen/>

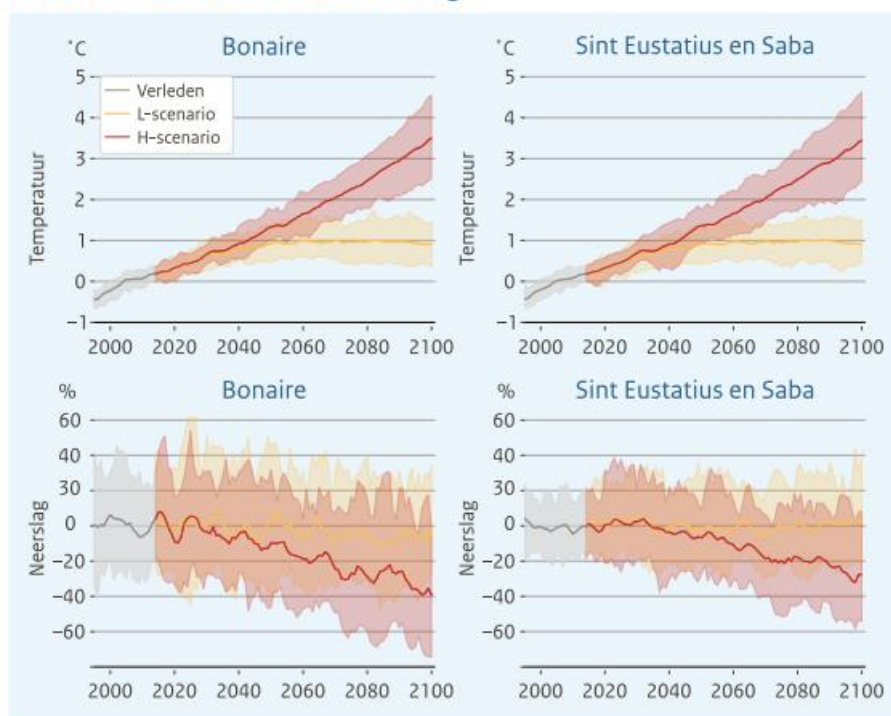
Zoals bron 30 en 31 aangeven wordt het klimaat in het Caribisch gebied heter en droger. Daarnaast zal ook de windsnelheid omhoog gaan. Deze windsnelheid zal effect hebben op de kracht van orkanen. De opwarming van de aarde zorgt voor warmer zeewater. Hierdoor kunnen orkanen meer energie krijgen waardoor er vaker zwaardere orkanen voorkomen. Verder bevatten orkanen door warmer zeewater ook meer waterdamp, waardoor er meer neerslag uit een orkaan kan komen. Ook zal op meer plekken op een hogere breedtegraad de temperatuur van het zeewater de 27 °C bereiken waarbij er orkanen kunnen ontstaan.

Bron 31

Neerslag en temperatuur BES-eilanden

Neerslag en temperatuur op de BES-eilanden

De BES-eilanden worden warmer en droger



Toekomstige verandering (t.o.v. 1991-2014) van de jaargemiddelde temperatuur en neerslag op Bonaire en Sint-Eustatius en Saba, bij het lage (geel) en hoge (rood) uitstootscenario.

https://cdn.knmi.nl/system/ckeditor/attachment_files/data/000/000/357/original/KNMI23_kl_imaatscenarios_gebruikersrapport_23-03.pdf

Zeespiegelstijging

Door de opwarming van de aarde smelten de ijskappen en is er sprake van zeespiegelstijging. **Absolute zeespiegelstijging** is de toename van de hoogte van het zeeniveau. Dit kan veroorzaakt worden door verandering in de hoeveelheid water in de oceanen (door het smelten van gletsjers en ijskappen op het land) en verandering in dichtheid (uitzetten van oceaanwater door een temperatuurverandering). Hierdoor kunnen grote gebieden land (zie bron 32) onder water komen te staan. Er kan ook sprake zijn van een **relatieve zeespiegelstijging**, dan gaat het over de som van de stijging van het zeeniveau (als gevolg van klimaatverandering) en de lokale bodemdaling. Door de bodemdaling kunnen de gevolgen van zeespiegelstijging groter zijn.

Bron 32

Zeespiegelstijging



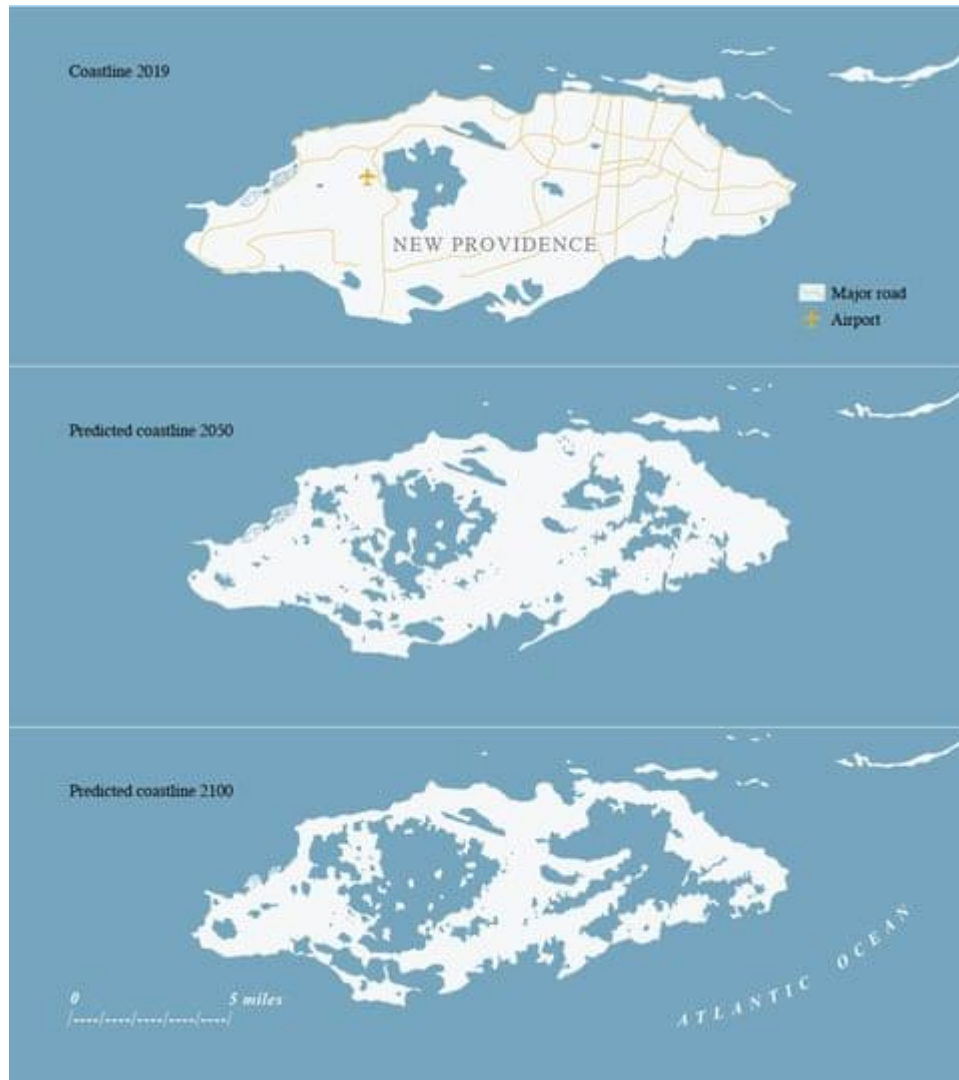
<https://repeatingislands.com/2013/11/16/900m-risk-from-rising-sea-levels/>

Niet alle landen in het Caribisch gebied hebben in dezelfde mate te maken met de gevolgen van zeespiegelstijging. Saba en Sint Eustatius zijn vulkanische eilanden, die hoger boven zeeniveau liggen dan Bonaire. Door de hoogte hebben Saba en Sint Eustatius minder snel last van het stijgende water. Toch zullen alle eilanden de gevolgen merken van zeespiegelstijging. Vooral de kleine eilandstaten zullen al grote gevolgen merken bij 1m zeespiegelstijging, ook op economisch gebied. Dit heeft te maken met de ligging van belangrijke voorzieningen. Door zeespiegelstijging kan er schade aan landbouw, industrie en infrastructuur ontstaan. Ook kunnen grondwaterreservoirs **verzilten** (toename van het zoutgehalte in de bodem). Wat betreft de infrastructuur: 1/3^e van de belangrijke toeristische bestemmingen en vliegvelden in het Caribisch gebied loopt risico bij een zeespiegelstijging van 1m, en bij 2m zeespiegelstijging gaat het zelfs om bijna 2/3^e van alle toeristische bestemmingen en vliegvelden. Ook zeehavens, die erg belangrijk zijn voor de eilandstaten, zijn kwetsbaar voor overstromingen. Zelfs voor de 2m zeespiegelstijging bereikt wordt, zijn de gevolgen voor de eilanden al groot omdat kusterosie de stranden beschadigt, waardoor er minder toeristen zullen komen. Het is voor de eilanden moeilijk om zich te beschermen tegen zeespiegelstijging. In bron 33 is een voorspelling te zien van de invloed van zeespiegelstijging op de Bahama's. In bron 34 is de verwachte zeespiegelstijging te zien tot 2100 voor Bonaire.

Bron 33

Invloed zeespiegelstijging

Deze kaart laat de verwachte kustlijn van de Bahama's zien in de toekomst als gevolg van de mondiale opwarming van de aarde. De verwachting van het IPCC is dat er 0,3m stijging zal zijn in 2050 en 0,91m stijging in 2100.



<https://www.theguardian.com/world/2023/may/22/why-rising-sea-levels-pose-existential-threat-to-the-bahamas-extract-christina-gerhardt>

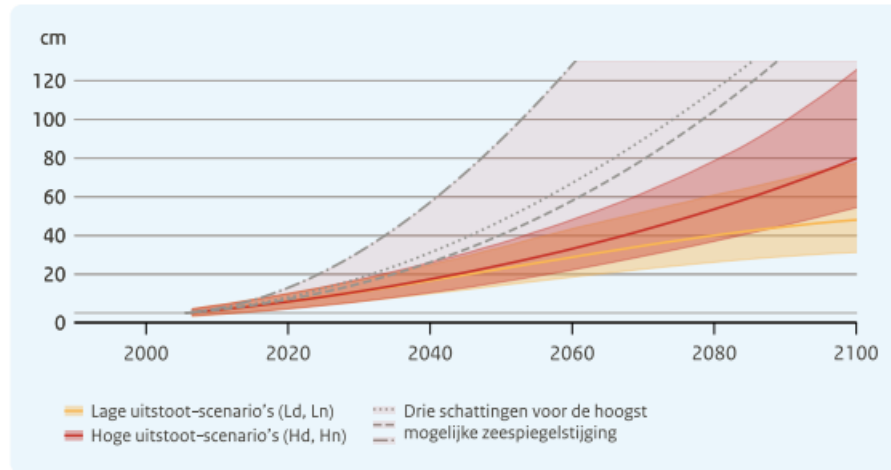
Op zowel de kaart van de Bahama's als in de grafiek over Bonaire (zie bron 34) is gewerkt met zeespiegelscenario's. Zeespiegelstijging is niet terug te draaien zelfs als alle uitstoot van broeikasgassen stopt omdat de broeikasgassen al in de atmosfeer aanwezig zijn en er veel warmte zit opgeslagen in de oceanen. Wel is het zo dat als er minder broeikasgassen uitgestoten zullen worden, de zeespiegelstijging minder zal zijn. Er is een scenario van lage zeespiegelstijging (bij lage uitstoot broeikasgassen) waarbij de zeespiegel rond het jaar 2300 rond de 2 meter is. Bij hoge uitstoot en het smelten van heel veel landijs op Antarctica kan dit oplopen tot meer dan 20 meter in het jaar 2300. Dat houdt in dat grote delen van de eilanden dan onder water zullen staan.

Bron 34

Zeespiegel Bonaire

Scenario's voor 2100 van het zeeniveau bij Bonaire t.o.v. het huidige niveau, inclusief drie schattingen van de hoogst mogelijke zeespiegelstijging (stippellijnen in lichtroze band)

Zeespiegel bij Bonaire tot 2100



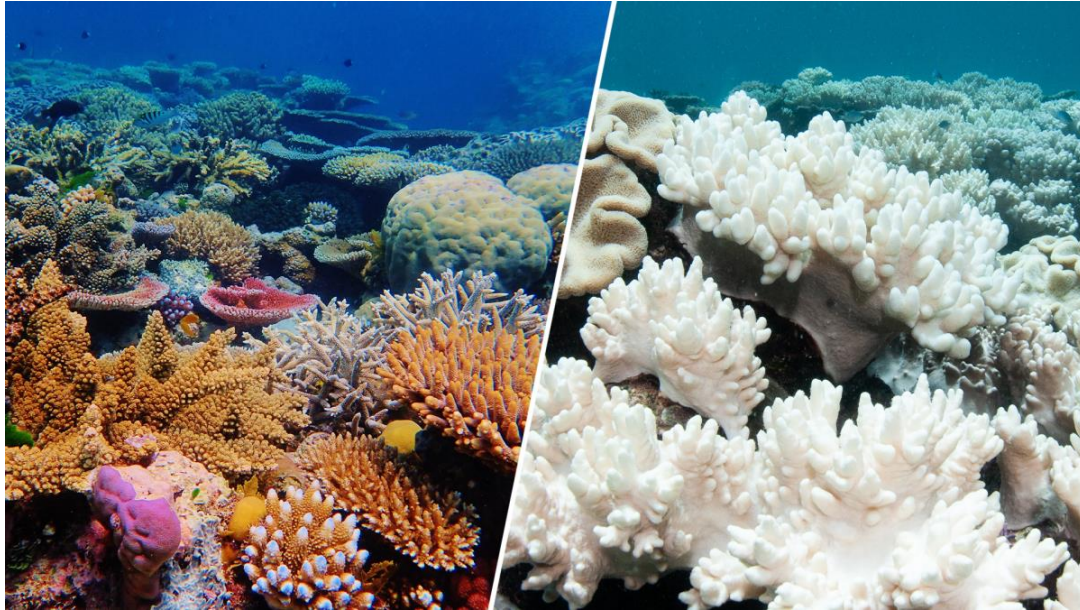
https://cdn.knmi.nl/system/ckeditor/attachment_files/data/000/000/357/original/KNMI23_kl_imaatscenarios_gebruikersrapport_23-03.pdf

Koraalriffen

Koralen zijn erg gevoelig voor temperatuurveranderingen. Door klimaatverandering stijgt de temperatuur van het zeewater. De algen in het koraal kunnen hier niet tegen, waardoor de algen worden afgestoten en het koraal verbleekt zoals te zien is in bron 35. Als de temperatuur van het water daalt, keert ook de kleur van het koraal weer terug. Maar als dit te lang duurt, sterft het koraal.

Bron 35

Koraalverbleking



<https://www.nbcmiami.com/news/local/the-marine-heat-wave-is-killing-coral-reefs-heres-how-south-florida-is-being-impacted/3073507/>

Een groot deel van de extra uitgestoten CO₂ sinds de industriële revolutie wordt opgeslagen (geabsorbeerd) in de oceanen. Dit heeft gevolgen voor het koraal en de vorming van kalk. Door de extra CO₂ die wordt opgenomen verhoogt de zuurgraad van het water: de oceanen worden dus zuurder (hebben een lagere pH-waarde). In plaats van kalkopbouw zorgt te zuur water juist voor afbraak van kalk waardoor de kalk in koralen oplost, de algen in het koraal afsterven en koraal minder snel groeit (er is minder kalk beschikbaar voor de vorming van kalkskeletjes). Hierdoor verbleekt ook het koraal en stopt uiteindelijk ook de vorming van nieuw kalksteen.

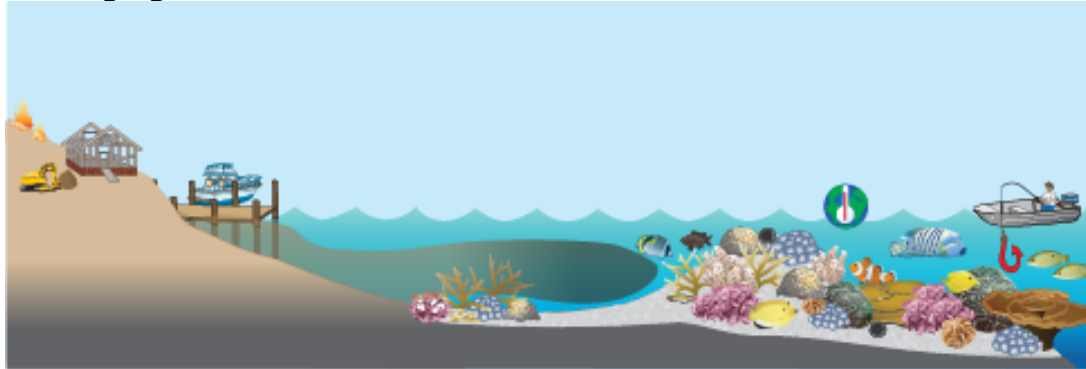
Het koraal kan zich aanpassen aan veranderende klimaatomstandigheden. De snelheid van de huidige klimaatverandering is echter te hoog. De zwaardere stormen als gevolg van klimaatverandering kunnen leiden tot schade aan koraalriffen, bijvoorbeeld omdat koralen losraken of breken. Ook kunnen hevige stormen leiden tot overstromingen op land / meer afstroom van regenwater. Hierdoor komt er meer sediment terecht in het water wat de koralen kan verstikken. Koraalriffen hebben steeds langere tijd nodig om te herstellen van de stormen. Gezond koraal is echter erg belangrijk omdat de riffen ook de kustregio's beschermen. Het vormt een buffer die de kust beschermt tegen golven, stormen en overstromingen, omdat de riffen de golven afremmen. Hierdoor is er minder kustafslag, minder achteruitgang van de kust door het afslijpen van het land door de zee. Door klimaatverandering bereiken ook gebieden op hogere breedtegraden een zeewatertemperatuur die geschikt is voor koraalriffen. Onderzoekers hebben gekeken naar de mogelijkheid voor koralen om te overleven op hogere breedtegraden, maar men verwacht niet dat de koraalriffen ook op hogere breedte voor zullen gaan komen, omdat de hoeveelheid zonlicht op die plekken niet voldoende is in de winterperiode.

Het karstlandschap is ook kwetsbaar voor klimaatverandering, vanwege dezelfde basis: kalksteen. Klimaatverandering kan leiden tot hogere temperaturen en een veranderend neerslagpatroon van zowel meer neerslag als meer droogte. Hierdoor kan er meer of juist minder chemische verwerking plaatsvinden.

Naast klimaatverandering hebben ook menselijke activiteiten invloed op de achteruitgang van het koraal (zie bron 36). Zo wordt op veel plekken in het Caribisch gebied het rioolwater ongezuiverd geloosd in zee, is er overbevissing en ook speelt het toerisme een rol in aantasting van het koraal. Ook overbeweiding is een probleem waardoor er op land meer bodemerrosie is en er meer sediment de zee in stroomt en zo het koraal verstikt.

Bron 36

Bedreigingen voor koraalriffen



Threats to coral reefs

 **Climate change** - changes in air and water temperatures and alterations in long-term weather patterns

 **Overfishing** - removing fish from the reef faster than fish populations can regrow

 **Sedimentation** - sediments from bare land and development reduce water clarity and smother corals

https://teachoceanscience.org/modulepopup/coral_reefs_and_climate_change/war_in_the_Pacific_NHP_threats/

Gevolgen van klimaatverandering voor de flora en fauna

De flora en fauna in het Caribisch gebied hebben ook last van klimaatverandering. Sommige soorten zijn kwetsbaarder, zoals de flora en fauna in de nevelwouden/tropische wouden. Als het warmer wordt, maar er valt tegelijk ook minder neerslag, dan neemt de **relatieve luchtvochtigheid** af. De planten en dieren die hier leven hebben juist die hoge luchtvochtigheid nodig. Ook plant- en diersoorten in de kustgebieden die gevoelig zijn voor zeespiegelstijging, zijn kwetsbaar. Deze gebieden kunnen verzilten, waar niet alle planten goed tegen kunnen. Daarnaast komen er zwaardere orkanen, die ook veel effect kunnen hebben op de kustvegetatie, moerrassen en mangroves. De kracht van de wind bij zwaardere orkanen kan bomen ontwortelen en bladeren wegrukken van de aanwezige vegetatie. Als gevolg van klimaatverandering zal een deel van de flora en fauna naar alle waarschijnlijkheid uitsterven op de eilanden.

Vragen

1 Leg uit hoe het versterkte broeikaseffect de temperatuur op aarde beïnvloed.

2 Leg uit dat het versterkte broeikaseffect een oorzaak van het verdwijnen van het koraal kan zijn.

Gebruik atlaskaart *De Aarde Klimaatverandering*.

3 Noteer voor het Caribisch gebied op het gebied van neerslag en temperatuur

- wat er is veranderd tussen 1961-1980 en 1981-2020;
- wat er zal gaan veranderen in de 21^e eeuw.

Ga naar <https://flood.firetree.net/> en zoek je eigen woonplaats of huis op. Stel links bovenaan de stijging van de zeespiegel in. Bekijk bij verschillende stijgingen van de zeespiegel wat er met het eiland waar jij woont, gebeurt.

4 Noteer de hoogte van de zeespiegelstijging waarbij jouw woonplaats of huis onder water loopt.

5 Geef aan

- of er locaties zijn die al eerder onder water lopen;
- wat de kenmerken zijn van deze locaties;
- of er locaties zijn die in de toekomst onder water zullen lopen;
- wat de kenmerken zijn van deze locaties.

Ga naar <https://bes.climateimpactatlas.com/nl/>

6 Vul onderstaande tabel in.

	Bonaire			Saba en Sint-Eustatius		
	Huidig	2050	2100	Huidig	2050	2100
Het wordt heter <ul style="list-style-type: none"> - Gemiddelde temperatuur (in °C) - Gem. temperatuur droog seizoen - Gem. temperatuur nat seizoen 						
Het wordt droger <ul style="list-style-type: none"> - Gemiddelde neerslag (in mm) - Gem. neerslag droog seizoen - Gem. neerslag nat seizoen 						
Er zal meer wind komen <ul style="list-style-type: none"> - Gemiddelde windsnelheid (in m/s) - Gem. windsnelheid droog seizoen - Gem. windsnelheid nat seizoen 						
Het wordt heter <ul style="list-style-type: none"> - Gemiddelde temperatuur (in °C) 						

<ul style="list-style-type: none"> - Gem. temperatuur droog seizoen - Gem. temperatuur nat seizoen 		
De zeespiegel stijgt (in cm)		

7 Schrijf per onderwerp een conclusie voor Bonaire en voor Saba en Sint-Eustatius. Maak daarbij een onderverdeling tussen de huidige situatie en de toekomstverwachting.

8 Geef twee manieren hoe koralen getroffen kunnen worden door klimaatverandering.

Stap 5: Duurzaamheid

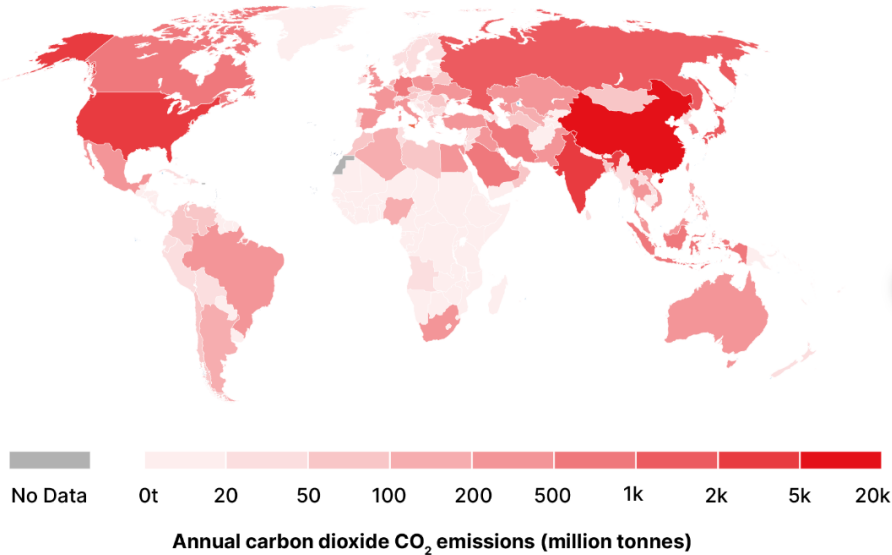
Draagkracht

Het aantal mensen op aarde is sinds de industriële revolutie enorm gegroeid. Er wonen op dit moment meer dan 8 miljard mensen op aarde. Door de toegenomen bevolking en de toegenomen welvaart moet er steeds meer voedsel worden geproduceerd. Al deze mensen wonen ergens, verplaatsen zich en produceren afval. Hierdoor komt de **draagkracht van het ecosysteem** (de aarde) in gevaar. Met draagkracht wordt bedoeld hoeveel mensen op aarde kunnen leven zonder het **ecosysteem** (alle planten, dieren en de leefomgeving op aarde) aan te tasten. Door het toegenomen ruimtegebruik van de mens is de ruimte voor de natuur afgenomen. De ruimte die er per mens gebruikt wordt om te leven kun je weergeven met de **ecologische voetafdruk** (ook wel CO₂ voetafdruk genoemd). De grootte van deze voetafdruk is verschillend per persoon en heeft te maken met iemands levensstijl. Hoe kleiner iemands ecologische voetafdruk, hoe minder schade deze persoon aanricht aan het milieu. De voetafdruk van mensen in centrumlanden is groter dan van mensen in periferielanden. Dit komt door de grotere welvaart van mensen in centrumlanden, waardoor er meer producten gekocht worden, mensen meer reizen, er meer vlees geconsumeerd wordt etc. In het Caribisch gebied wisselt de grootte van de ecologische voetafdruk. Trinidad en Tobago heeft de hoogste uitstoot van CO₂ per persoon, gevolgd door Curaçao. Haïti heeft daarentegen een hele lage uitstoot van CO₂ per persoon.

Afwenteling

De landen die zwaar getroffen worden door klimaatverandering hebben vaak weinig aan klimaatverandering bijgedragen. Het zijn vooral de centrumlanden die sinds de industriële revolutie gezorgd hebben voor klimaatverandering door de uitstoot van broeikasgassen (zie bron 37), maar het zijn de (semi)periferie landen die kwetsbaar zijn (zie bron 38).

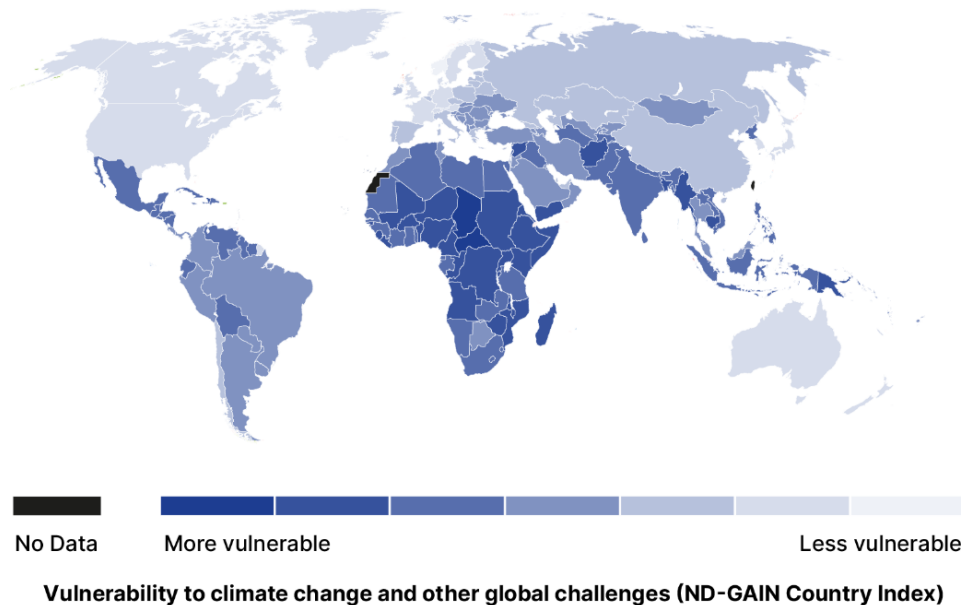
Bron 37
Jaarlijkse uitstoot van CO₂



Source: adapted from Our World In Data/Global Carbon Project, source 2020.

<https://developmenteducation.ie/feature/what-does-mapping-fossil-fuel-use-and-climate-vulnerability-look-like/>

Bron 38
Kwetsbaarheid voor klimaatverandering



Source: adapted from Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN), 2020 data.

<https://developmenteducation.ie/feature/what-does-mapping-fossil-fuel-use-and-climate-vulnerability-look-like/>

De centrumlanden zijn veroorzakers, maar ervaren minder problemen met de gevolgen van klimaatverandering. Hierbij passen de begrippen **afwenteling in ruimte** en **afwenteling in tijd**: de negatieve effecten van vooruitgang worden afgeschoven op een ander gebied (ruimte) of op toekomstige generaties (tijd). Het gaat bij afwenteling in tijd om bijvoorbeeld het maken van producten in periferielanden, waarbij deze landen de negatieve gevolgen hebben zoals de afvalstoffen, terwijl het product in een centrumland gebruikt wordt. Het centrumland heeft dus geen negatieve gevolgen, maar het perifere land wel. Bij afwenteling in tijd zijn de gevolgen nu nog niet merkbaar, maar moeten mensen in de toekomst rekening houden met bijvoorbeeld klimaatverandering of het opraken van grondstoffen.

Maatregelen

Door de toenemende ecologische voetafdruk in combinatie met klimaatverandering heeft de aarde het steeds lastiger. We kunnen echter niet zonder de aarde, daarom moeten er maatregelen genomen worden om de natuur te behouden en ecosystemen te beschermen. In verschillende klimaatakkoorden is vastgelegd dat de opwarming beperkt zou moeten worden tot 2 °C en het liefst zelfs onder de 1,5 °C wereldwijde gemiddelde temperatuurstijging moet blijven. Maatregelen die genomen worden kunnen verdeeld worden in **mitigatie** en **adaptatie**. Mitigatie is het afremmen van de opwarming van de aarde door minder broeikasgassen uit te stoten. Hierbij kun je denken aan gebruik van duurzame energiebronnen, fietsen in plaats van de auto te gebruiken of minder vlees eten. Maatregelen nemen gericht tegen de gevolgen van klimaatverandering noem je adaptatie. Een voorbeeld van een adaptieve maatregel is het versterken van dijken of het verbeteren van de waterafvoer om wateroverlast bij hevige buien te verminderen.

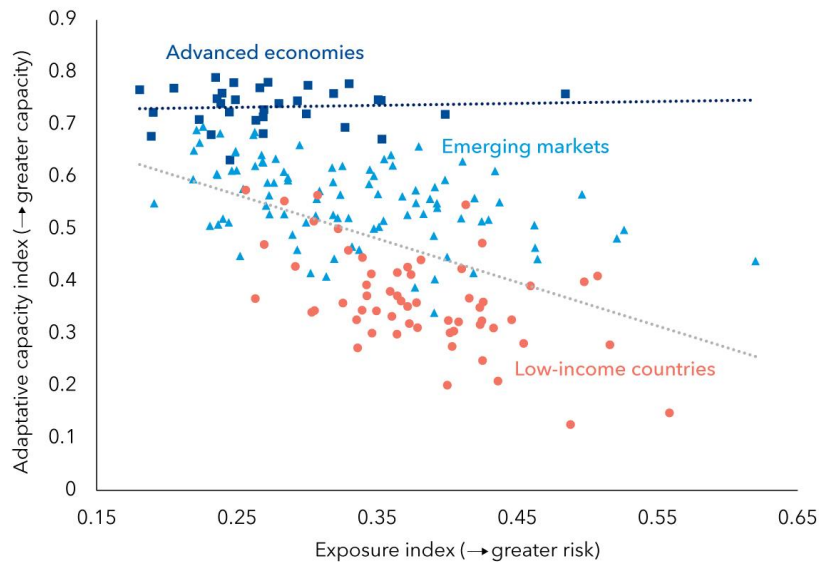
Mensen in centrumlanden hebben meer geld om te bouwen aan een CO₂ neutrale samenleving en maatregelen te nemen tegen de gevolgen van klimaatverandering. In armere gebieden hebben mensen vaak wel veel last van de gevolgen van klimaatverandering, maar onvoldoende middelen om zich hiertegen te beschermen met adaptieve maatregelen. In bron 39 is te zien hoe landen met lage inkomens een groter risico lopen op de gevolgen van klimaatverandering maar ook minder adaptieve mogelijkheden hebben. Naast armere gebieden merken ook eilandstaten sneller de gevolgen van klimaatverandering in de vorm van zeespiegelstijging of extreem weer. Dit kan komen doordat een groot deel van de bevolking aan de kust woont.

Bron 39
Ongelijke kosten van klimaatverandering

Unequal costs of climate change

Poorer countries face greater risks from climate change and are less able to adapt to them.

(adaptive capacity and exposure indexes, points out of 1)



Source: IMF staff calculations based on 2015-18 data from the European Commission, the United Nations University Institute for Environment and Human Security, the University of Notre Dame, and the April 2020 World Economic Outlook. Note: Dotted lines show estimated linear relationships for advanced economies, and for emerging market and low-income countries combined, respectively.

IMF

<https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2022/03/23/blog032322-poor-and-vulnerable-countris-need-support-to-adapt-to-climate-change>

Veel eilandstaten gebruiken fossiele brandstoffen voor hun elektriciteitsproductie. Die fossiele brandstoffen zijn niet duurzaam, maar een alternatief vergt veel investeringen. De bereidheid van de landen in het Caribisch gebied om te investeren in een CO₂ neutrale samenleving is er zeker maar de kleinschaligheid, afgelegen ligging en economische situatie maken dit lastig. Dit komt doordat de **energietransitie**, waarin er alternatieven gebruikt worden voor fossiele brandstoffen, hoge kosten met zich mee brengt. De eilandstaten hebben vaak een kleine en eenzijdige economie. Ook zorgen regelmatig terugkerende natuurrampen ervoor dat er telkens leningen aangegaan moeten worden om de schade te herstellen, waardoor er weinig geïnvesteerd kan worden in een grootschalig project als de energietransitie. Internationale organisaties helpen arme en kwetsbare landen met financiële steun. Het geld wordt ook geïnvesteerd in klimaatadaptatie, dit is uiteindelijk goedkoper dan het herstel na een natuurramp.

Barbados loopt op het gebied van adaptatie en mitigatie voorop met het project 'Roofs to Reefs'. Dit project is gestart vanuit herstelwerkzaamheden nadat het land getroffen was door een orkaan. Binnen het project wordt geprobeerd om (economisch) herstel te combineren met

de transitie naar een klimaatbestendige economie. In bron 40 zijn de doelstellingen van het project weergegeven, deze zijn zowel gericht op adaptatie als mitigatie.

Bron 40

Roofs to Reefs doelstellingen



ROOFS TO REEFS PROGRAMME OBJECTIVES:

- to make low- and middle-income homes more resilient to extreme weather events and their impacts, such as possible loss of access to electricity and potable water distribution systems;
- to increase freshwater storage capacity and water use efficiency and reduce emissions through the deployment of distributed renewable energy generation;
- to decrease land-based sources of marine pollution through more sustainable land use practices;
- to make critical utility, water and sanitation and road infrastructure climate resilient; and,
- to restore vulnerable coral reef ecosystems, particularly on the west and south coasts of the island.

BARBADOS 2021 UPDATE OF THE FIRST NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION

<https://www.cijn.org/barbados-the-cost-of-being-a-climate-champion/>

Toerisme

Klimaatverandering zorgt op de eilanden in het Caribisch gebied voor uitdagingen op het gebied van veiligheid, gezondheid, bestaanszekerheid, economie en biodiversiteit. Veel van de eilanden zijn bijvoorbeeld afhankelijk van het toerisme. Klimaatverandering kan op meerdere manieren het toerisme in gevaar brengen. Een aantal voorbeelden zijn:

- gebouwen/gebieden met een culturele waarde komen onder water te staan, zoals de slavenhuisjes op Bonaire;
- koraal kan verdwijnen / verbleken, wat het minder aantrekkelijk maakt voor het duik- en snorkeltoerisme;
- er groeit meer zeewier door warmer zeewater en meer aanspoelend (stinkend) zeewier op de stranden maakt het strand minder aantrekkelijk voor toeristen;
- het wordt te heet door klimaatverandering;
- zwaardere stormen laten veel schade achter op de eilanden.

Al deze onderdelen maken het Caribisch gebied minder aantrekkelijk voor toeristen, waardoor er een belangrijke bron van inkomsten verdwijnt.

Bron 41



<https://www.caribbeanclimateblog.com/how-can-tourists-help-the-caribbean-cope-with-climate-change/>

Veel van de activiteiten van toeristen zijn ook niet goed voor het milieu. Toeristen laten een relatief grote 'voetafdruk' achter (bron 41). De eilanden kunnen echter niet zonder toerisme, en daarom is het dus belangrijk dat ook het toerisme een verandering op het gebied van duurzaamheid ondergaat. Opbrengsten van toerisme leveren de eilanden geld op om te investeren in de energietransitie. De aanleg van zonneparken of windmolenparken vraagt namelijk om grote investeringen. Het geld wat een bezoek aan een van de nationale parken oplevert kan ook worden geïnvesteerd in behoud van lokale flora en fauna. Ook is het nodig dat er aandacht gevraagd wordt voor de vervuiling van zeeën en oceanen. Deze vervuiling wordt onder andere veroorzaakt door plastic, vuilstort, lozen van afvalwater maar ook door het gebruik van verkeerde zonnebrandcrème. Op sommige eilanden is er een verbod op het gebruik van verkeerde zonnebrandcrème omdat hierdoor het koraalrif beschadigd raakt (zie bron 42). Een andere maatregel is het verbod op het gebruik van 'single-use' plastics (zie bron 43).

Bron 42 Reef safe sunscreen



<https://www.intfieldstudies.org/blog/your-guide-to-reef-safe-sunscreen>

Bron 43

Verbod op single use plastics



<https://www.deaci.aw/ban-on-all-single-use-plastic-effective-on-november-19-2019/>

Vragen

1 Noteer het juiste woord: Hoe hoger de welvaart in een land, hoe *groter/kleiner* de ecologische voetafdruk is.

Ga naar <https://data.footprintnetwork.org/#/> en bestudeer de kaarten. Je kunt wijzigen van onderwerp door onder de kaart te klikken op de cirkels met daarbij de onderwerpen.

2 Noteer per onderwerp wat de kaart precies weergeeft en wat je opvalt over het Caribisch gebied.

- Ecological deficit/reserve
- Total ecological footprint
- Ecological footprint per person
- Total biocapacity
- Biocapacity per person

3 Geef aan wat het verschil is tussen adaptatie en mitigatie.

4 Noteer twee voorbeelden van adaptatie en twee maatregelen voor mitigatie:

- die al uitgevoerd worden op het eiland waar jij woont.
- die volgens jou ook nog mogelijk zouden kunnen zijn op het eiland waar jij woont.

5 Beredeneer dat het project 'Roofs to Reefs' op Barbados uit zowel adaptatieve als mitigerende maatregelen bestaat.

Klimaatverandering kan leiden tot hevigere buien en stormen, en dit kan gevolgen hebben voor de hoeveelheid plastic die in zee terechtkomt.

6 Leg uit hoe veranderingen in neerslag kunnen leiden tot meer plastic op de stranden.

7 Beredeneer wat voor (beleids)maatregelen er genomen kunnen worden om achteruitgang van het milieu als gevolg van toerisme te verminderen.

Afronding

Begrippenlijst

- **Aardverschuiving**: Een massabeweging waarbij sediment onder invloed van de zwaartekracht naar beneden schuift, rolt of valt.
- **Absolute zeespiegelstijging**: Stijging van de hoogte van de zeespiegel.
- **Adaptatie**: De omgeving aanpassen en je voorbereiden op de gevolgen van het veranderende klimaat.
- **Afwenteling in ruimte**: Afwentelen in ruimte is het doorschuiven van problemen naar een ander gebied. Dit gebeurt vooral door rijke landen naar landen waar veel armoede of corruptie is of waar minder strenge milieuregels gelden.
- **Afwenteling in tijd**: Afwentelen is het doorschuiven van problemen. De negatieve gevolgen van vooruitgang worden afgeschoven op een andere generatie / tijd.
- **Cash crop**: Een landbouwgewas dat niet voor de consumptie is bedoeld, maar als handelsgewas wordt ingezet.
- **Chemische verwerking**: Het oplossen van gesteente door de inwerking van water, zuren en zuurstof.
- **Corioliseffect**: Het effect dat luchtstromen een afwijking krijgt door de draaiing van de aarde; op het noordelijk halfrond is de afwijking naar rechts, op het zuidelijk halfrond naar links.
- **Draagkracht van het ecosysteem**: Het maximaal aantal mensen dat op een gebied of op aarde kan leven zonder schade aan te richten aan de natuur / het milieu.
- **Ecologische voetafdruk**: een soort meetinstrument van het totale deel van de oppervlakte van de aarde die jij 'in gebruik' hebt om te kunnen leven.
- **Ecosysteem**: het geheel van planten, dieren en de leefomgeving, waarbij alles wat leeft en groeit elkaar in evenwicht houdt.
- **Energietransitie**: de overgang van het gebruik van fossiele brandstoffen naar het gebruik van duurzame energiebronnen.
- **Fauna**: Alle dieren die in een gebied voorkomen.
- **Flora**: Alle planten die in een bepaald gebied voorkomen, ook wel vegetatie.
- **Fossiele brandstoffen**: Brandstoffen die gevormd zijn uit miljoenen jaren ouden resten van planten en dieren. Deze brandstoffen zijn erg vervuilend, stoten veel CO₂ uit en raken op. Voorbeelden zijn aardolie, aardgas en steenkool.
- **Geologische tijdschaal**: De indeling van de geschiedenis van de aarde in tijdvakken.
- **Hogedrukgebied**: Een gebied met een hoge luchtdruk (maximum), dat ontstaat doordat lucht daalt. Er is wegstromende lucht, geen bewolking. (Hoog → Droog!)
- **ITCZ**: Intertropische Convergence Zone, het lagedrukgebied rond de evenaar. Schuift tussen de keerkringen heen- en weer, met de instraling van de zon mee.

- **Karstverschijnselen**: Alle verschijnselen die voorkomen in een gebied met kalkgesteente en te maken hebben met het oplossen van de kalksteen, veroorzaakt door chemische verwerking.
- **Kalksteen**: Sedimentgesteente dat ontstaat door het samenpersen van schelpen en kalkskeletten.
- **Klimaatindeling van Köppen**: aanduiding van het type klimaat gebaseerd op temperatuur en neerslag.
- **Klimaatverandering**: De geleidelijke (of abrupte) verandering van het klimaat als gevolg van natuurlijke en/of menselijke processen.
- **Koraalriffen**: Een koraalrif is een soort onderwaterstad, bewoond door duizenden soorten en gebouwd op het kalkskelet van koraaldiertjes.
- **Lagedrukgebied**: Een gebied met een lage luchtdruk (minimum), dat ontstaat doordat lucht opstijgt. Er is een 'tekort' aan lucht, en de lucht stroomt uit alle richtingen toe. Hier heb je bewolking en neerslag.
- **Mitigatie**: Maatregelen om de opwarming van de aarde te beperken
- **Natuurlijk broeikaseffect**: Het broeikaseffect is een natuurlijk verschijnsel waarbij de van nature in de atmosfeer aanwezige gassen (vooral waterdamp) een deel van de door onze planeet uitgestraalde warmte vasthouden.
- **Nevelwoud**: een tropisch bos dat op een berghelling groeit en ontstaat doordat warme lucht gedwongen wordt om op te stijgen
- **Noordoostpassaat**: Wind die tussen 30° N.B en de evenaar waait, deze wind komt uit het noordoosten.
- **Passaten**: Wind die van de subtropische hogedrukgebieden (30° N.B. en Z.B.) richting de evenaar waait; op het noordelijk halfrond komt deze uit het noordoosten, op het zuidelijk halfrond uit het zuidoosten.
- **Relatieve luchtvochtigheid**: de hoeveelheid waterdamp in de lucht bij een bepaalde temperatuur in verhouding met de maximale hoeveelheid waterdamp die de lucht kan bevatten.
- **Relatieve zeespiegelstijging**: De combinatie van bodemdaling en zeespiegelstijging.
- **Sedimentgesteente**: Gesteente dat ontstaat door het samenpersen van sedimenten, zoals kalksteen en zandsteen.
- **Tropische orkaan**: een groot tropisch weersysteem waarbij de windsnelheden hoger zijn dan windkracht 12, herkenbaar aan een vrijwel windstil 'oog' in het centrum van het systeem.
- **Versterkt broeikaseffect**: De mens stoot extra broeikasgassen (zoals CO₂ en methaan) uit waardoor er veel meer broeikasgassen in de atmosfeer zijn gekomen. Deze broeikasgassen houden extra warmte vast waardoor de temperatuur op aarde stijgt.
- **Verzilten/verzilting**: Het zouter worden van de bodem/water.
- **Windhoos**: Wervelwind die vaak als een trechtervormige slurf onder een onweerswolk zichtbaar is.

Eindproduct: Kaartopdracht

Je gaat een combinatie maken van een poster en een mindmap. Neem een vel A2-papier (of twee vellen A3-papier). Kies een eiland in het Caribisch gebied (een andere dan waar je zelf woont). Overleg met je klasgenoten en docent zodat er een grote diversiteit is aan gekozen eilanden. Voor dit gekozen eiland ga je de genummerde opdrachten hieronder uitvoeren. Met

behulp van dit katern, de atlas en het internet ga je op zoek naar informatie om de vragen te beantwoorden. Print eventuele foto's uit en plak deze erbij op het A2-papier (of bewaar ze in een Word/Google-document op de computer).

- 1) Onderzoek of er kalksteen is op het eiland. → zo nee, kies een ander eiland waar wel kalksteen te vinden is.
- 2) Schrijf nu eerst de naam van het eiland midden op het vel papier (dat mag op een mooie/creatieve manier natuurlijk!).
- 3) Onderzoek of er grotten, natuurlijke bruggen of andere karstformaties te vinden zijn. Schrijf de naam op van deze karstformaties en leg uit hoe de formaties zijn ontstaan. Vermeld ook of de karstformaties wel / geen toeristische trekpleister zijn.
- 4) Zoek een klimaatgrafiek op van (een plaats op) het eiland. Noteer de juiste code volgens het systeem van Köppen + naam.
- 5) Leg uit waarom juist dit klimaat hier voorkomt. Gebruik in je antwoord hogedrukgebieden / lagedrukgebieden / ITCZ / passaatwind.
- 6) Geef aan welke veranderingen in klimaat er op het eiland zullen komen als gevolg van klimaatverandering.
- 7) Zoek uit of het eiland weleens getroffen is door een orkaan. Noteer naam + jaartal van de meest recente orkaan. Zoek vervolgens op internet naar gevolgen van de orkaan en noteer deze op het vel papier.
- 8) Leg uit waarom dit eiland wel/niet (regelmatig) te maken heeft met orkanen. Ga naar <https://flood.firetree.net/> en zoek het gekozen eiland op. Stel links bovenaan de stijging van de zeespiegel in. Bekijk bij verschillende stijgingen van de zeespiegel wat er met het gekozen eiland gebeurt.
- 9) Noteer de hoogte van de zeespiegelstijging waarbij de hoofdstad onder water loopt.
- 10) Geef aan
 - of er locaties op dit eiland zijn die al eerder onder water lopen
 - wat de kenmerken zijn van deze locaties.
 - of er locaties op dit eiland zijn die later onder water lopen
 - wat de kenmerken zijn van deze locaties
- 11) Noteer twee adaptieve en twee mitigerende maatregelen
 - die al uitgevoerd worden op het gekozen eiland.
 - die volgens jou ook nog mogelijk zouden kunnen zijn op het gekozen eiland.
- 12) Onderzoek welke mogelijkheden er zijn voor het opwekken van duurzame energie op het gekozen eiland
- 13) Onderzoek hoe klimaatverandering in de toekomst de mogelijkheden voor toerisme op het gekozen eiland kan beïnvloeden.
- 14) Noteer alle andere relevante informatie die je tegen gekomen bent over het eiland en die passend zijn bij dit katern.

Als iedereen klaar is met het onderzoeken van het gekozen eiland ga je de posters/mindmaps met elkaar vergelijken.

- 15) Leg de vellen papier op de grond, probeer dat zo te doen dat er op de grond een kaart van het Caribisch gebied ontstaat.
- 16) Zoek naar overeenkomsten en verschillen over de weergegeven onderwerpen tussen de eilanden in het Caribisch gebied. Noteer deze voor jezelf in je schrift.
- 17) Bepaal welke eilanden het meest getroffen zullen worden door de gevolgen van klimaatverandering. Noteer ook deze uitkomsten in je schrift.

Toets

Gebruik de atlas De Aarde Klimaatgebieden / Zeestromen en De Aarde Vervuiling en Ozon – Vervuiling van de wereldzee.

In de Caribische zee is een plastic soep aan het ontstaan. De grootste concentratie hiervan bevindt zich, in tegenstelling tot de plastic soep in de oceanen, niet midden in de Caribische zee maar vooral voor de kust van Belize.

- 1) Welke zeestroom en welk mondiaal windsysteem zijn verantwoordelijk voor de concentratie van plastic voor de kust van Belize?

Gebruik bron 44.

Bron 44
Grotten van Hato



<https://zonnicuracao.nl/bezienswaardigheden/grotten-van-hato/>

De Grotten van Hato op Curaçao zijn bijzonder omdat de grotten bovengronds zijn, in plaats van ondergronds zoals de meeste grotten.

- 2) In welk soort sedimentgesteente kunnen grotten ontstaan?

De grotten van Hato hebben te maken met karstverschijnselen.

- 3) Geef twee voorbeelden van karstverschijnselen.

Gebruik bron 45.

Bron 45
Saba met hoogste top: Mt. Scenery



www.paganga.nl

Saba is niet geschikt voor massatoerisme (en streeft dat ook niet na).

4) Geef hiervoor een ruimtelijke en een ecologische verklaring.

Gebruik bron 46.

Bron 46

Saba - Well's Bay: Dit bruin-gele zandstrand verdwijnt soms



www.lifestyle-caribbean.com/sababeaches.html

De hoeveelheid bruin zand op de stranden van Saba is niet constant.

5) Geef aan hoe dat komt.

Gebruik bron 47.

Bron 47

Saba – Cove Bay

Het ondiepe gedeelte van de baai wordt afgescheiden van de open zee door een door de natuur gevormde rij van rotsen. Hier is niet zo lang geleden wit zand gestort dat uit Sint-Maarten is geïmporteerd.



<http://www.lifestyle-caribbean.com/sababeaches.html>

Bij Cove Bay op Saba is wit zand gestort (zie bron 47), afkomstig van Sint-Maarten.

6) Noem een nadelig gevolg dat kan optreden voor het mariene leven van het storten van wit zand op Cove Bay. Leg je antwoord uit.

Het klimaat van Bonaire is semi-aride. Door het stortbuikarakter van de regen ontstaat er veel erosie. De mate van erosie verschilt tussen het begin en het einde van de regentijd.

7) Beredeneer dat de erosie aan het begin van de regentijd heviger is dan aan het einde van de regentijd.

Gebruik bron 48.

Bron 48

Bouwmaterialen worden schaarser op Bonaire.

Bouwmaterialen worden schaarser op Bonaire Zand, diabaas en kalksteen worden steeds schaarser. Er is bij de winning ervan wildgroei ontstaan, hoewel er voldoende wetten zijn tegen de winning van zand en stenen. Voor kleine eilanden is het belangrijk dat men de stenen op het strand niet weghaalt, zeker wanneer men de klimaatverandering in gedachten houdt. De overheid moet daarom vergunningsvoorwaarden strenger maken en betere controle uitvoeren. Er moeten oplossingen komen voor het tekort aan zand. Het zou verstandig zijn om het hergebruik van gemalen puin (bouwafval) als zand te stimuleren.

vrij naar: <http://www.bonairevandaag.com/>

Zand en stenen die van nature op de stranden liggen, spelen een rol in de bescherming van de kust. Door klimaatverandering is extra aandacht nodig voor bescherming van kustgebieden.

8) Geef aan waarom, met het oog op klimaatveranderingen, zand en stenen belangrijk zijn voor de kustbescherming.

Gebruik bron 49, 50 en 51.

Bron 49

SIDS: nieuwe overeenkomsten op zoek naar bescherming van de oceanen.

'Small Island Developing States' (SIDS) ofwel de 'Kleine Eilandstaten in Ontwikkeling' zijn staten waarvan de economie gebaseerd is op de natuurlijke omgeving. Deze kleine eilandstaten zijn afhankelijk van de mogelijkheden die de natuurlijke omgeving hen biedt. Volgens het Milieuprogramma van de Verenigde Naties liggen daarin ook hun groeikansen. De natuurlijke omgeving is de basis voor de zogenoemde 'green-blue economy'. De 'green economy' is een economie waarin de natuurlijke omgeving een essentieel deel is van de besluitvorming. De 'blue economy' is een economie waar de meeste ontwikkelingskansen gebaseerd zijn op het mariene milieu.

Bron: examen Aardrijkskunde 2017 – Curaçao

Bron 50

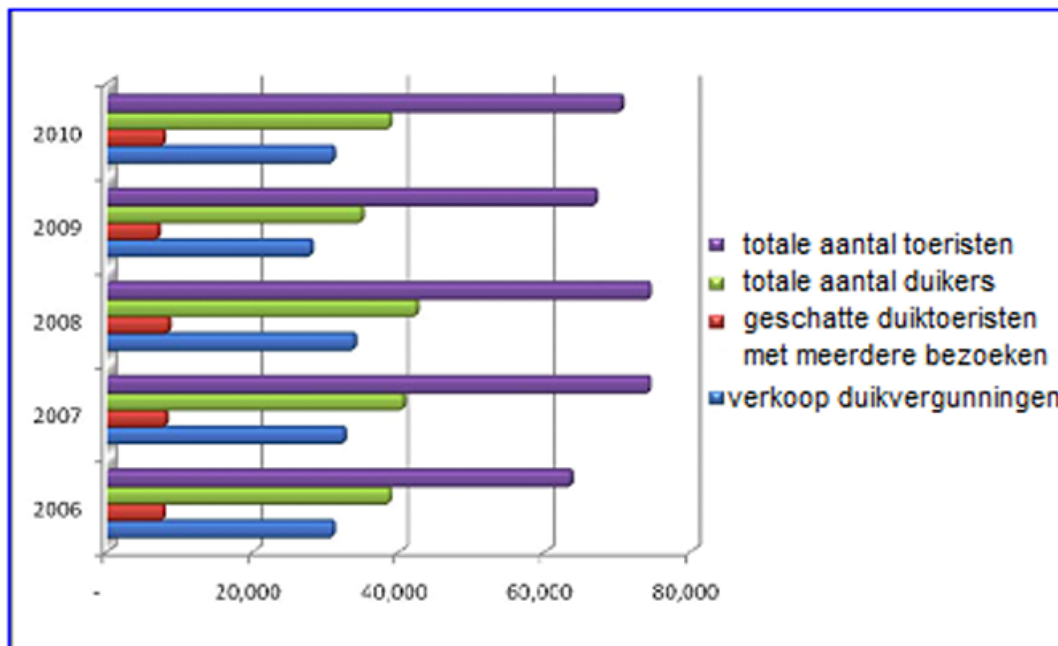
De onschatbare waarde van het ecosysteem voor het toerisme op Bonaire.

Uit een studie blijkt dat toeristen op Bonaire bij benadering 125 miljoen dollar per jaar besteden. Van dit totale bedrag is 100 miljoen dollar afkomstig van 'stay-over' toeristen. Het bezoek van de 'stay-over' toeristen vertoont een grote correlatie met de kwaliteit van de natuur. Wat opvalt, is dat de toerist veel meer waarde hecht aan de mariene ecosystemen dan aan de ecosystemen op het land. Ongeveer 40% van de toeristen is niet van plan terug te komen indien Bonaire veel meer verstedelijkt. Meer dan 40% is niet van plan terug te keren indien de koraalriffen ernstig beschadigd worden.

Vrij naar: http://www.ivm.vu.nl/en/Images/2001_TEEB_Tourism-brief_O_09_tcm53-309207.pdf

Bron 51

Totaal aantal toeristen in vergelijking met het totale aantal duiktoeristen.



vrij naar: <http://www.tourismbonaire.com/includes/Annual-Statistics- Report-2010.pdf>

Voor de ontwikkeling van het toerisme op Bonaire is de keuze voor een 'green-blue economy' de beste garantie.

9) Noem uit elk van de bronnen (49, 50 en 51) één argument waaruit blijkt dat Bonaire een 'green-blue economy' heeft.

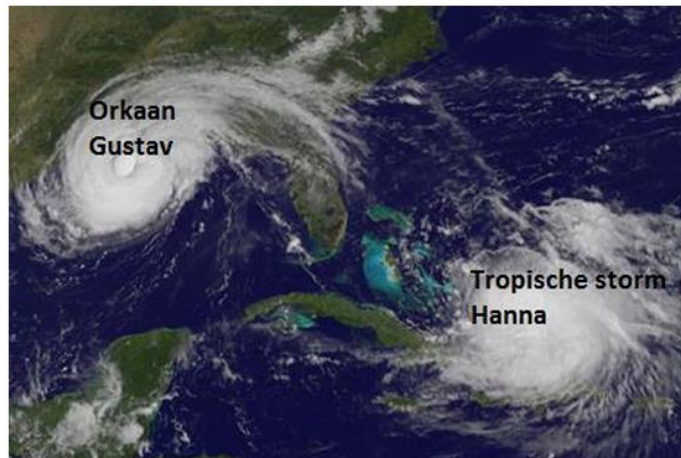
Gebruik bron 52.

Bron 52

Orkanen en Haïti: een tragische geschiedenis

In veel opzichten was het orkaanseizoen van 2008 het wreedste ooit voor Haïti. Vier stormen - Fay, Gustav, Hanna en Ike - veroorzaakten zware regenval. De vier stormen hebben 793 slachtoffers, 310 vermisten, 593 gewonden en 22.702 verwoeste huizen opgeleverd. Ongeveer 800.000 mensen werden getroffen. De overstromingen hebben 70% van de gewassen van Haïti verwoest, resulterend in tientallen dode kinderen als gevolg van ondervoeding in de maanden na de stormen. De schade wordt geschat op meer dan 1 miljard dollar, de duurste natuurramp in de geschiedenis van Haïti. De schade bedroeg meer dan 5% van het BNP. Het jaar 2008 was slechts één van de vele jaren waarin orkanen ellende hebben gebracht in Haïti. Waarom lijkt Haïti getroffen te worden door een onevenredig groot aantal rampen? Het antwoord is dat het grotendeels geen natuurrampen zijn, maar door mensen veroorzaakte milieurampen: Haïti is het armste land van het westelijk halfrond. Hout en kool uit verbrande bomen voorzien het land al decennialang voor 85% van de energie, omdat olie te duur is. Als gevolg hiervan hebben in Haïti miljoenen mensen enorme hoeveelheden bos gekapt, waardoor regenwater nu ongehinderd van de berghellingen kan stromen. Er is dus geen tropische storm nodig om verwoesting te brengen

in Haïti. Ook in recente jaren hebben verschillende orkanen Haïti getroffen, zoals Matthew in 2016. Wat kan er gedaan worden om de invloed van deze rampen te verminderen? Onderwijs en armoedebestrijding zijn van cruciaal belang voor verbetering. Bovendien worden herbebossingen en gebruik van alternatieve brandstoffen gestimuleerd.



In één beeld twee van de tropische depressies die Haïti troffen in 2008.

<https://www.wunderground.com/hurricane/haiti.asp>

In het Caribisch gebied kunnen orkanen ontstaan. De kracht van orkanen wordt beïnvloed door positieve terugkoppeling.

10) Leg uit dat de positieve terugkoppeling van een orkaan pas mogelijk is als de orkaan zich boven zeewater bevindt met een temperatuur hoger dan 27°C.

Bestudeer atlaskaart Verenigde Staten Natuurgeweld – Hurricanes en tornado's.

De informatie in de atlaskaart duidt op een relatie tussen de luchtdruk in het centrum van een orkaan en de maximale windsnelheid ervan.

11) Geef aan welke relatie dit is.

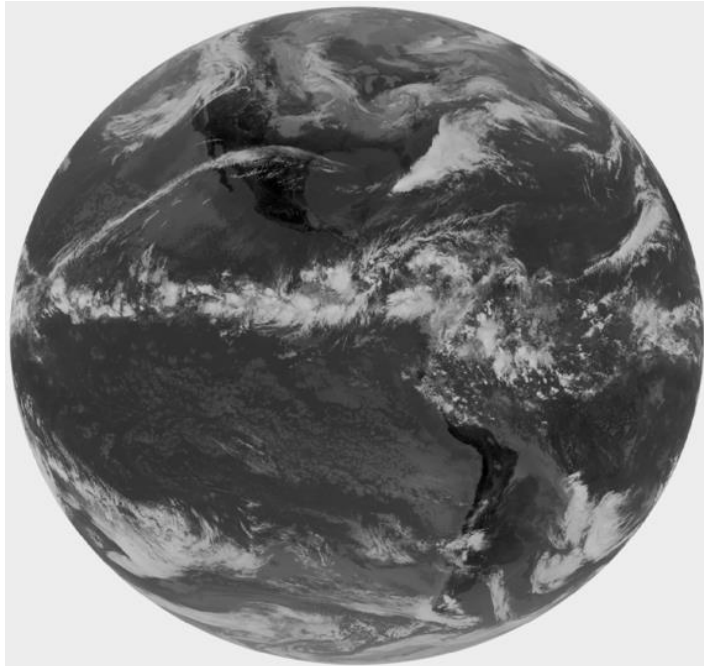
Jamaica, Haïti, Cuba en de VS zijn het zwaarst getroffen door orkaan Sandy. In gebieden getroffen door natuurrampen is de mate van welvaart vaak bepalend voor enerzijds het aantal slachtoffers en anderzijds de economische schade.

12) Beschrijf beide relaties.

Gebruik bron 53.

Bron 53

Satellietfoto aarde



[http://www.nasa.gov/images/content/448594main_infrared-image_first HI.jpg](http://www.nasa.gov/images/content/448594main_infrared-image_first_HI.jpg)

De Hadley-cel is de verticale luchtcirculatie in de tropische zone. Kenmerkend voor de Hadley-cel is het bestaan van zowel het equatoriale lagedrukgebied als het subtropische hogedrukgebied eromheen.

13) Noem de twee gegevens op de satellietfoto van bron 53 waaraan je de Hadley-cel kunt herkennen.

14) Geef aan

- in welke periode van het jaar deze satellietfoto is gemaakt. Kies uit: Januari-Maart / April – Juli / September-Januari;
- waarom de foto in deze periode gemaakt moet zijn.

Examenvragen

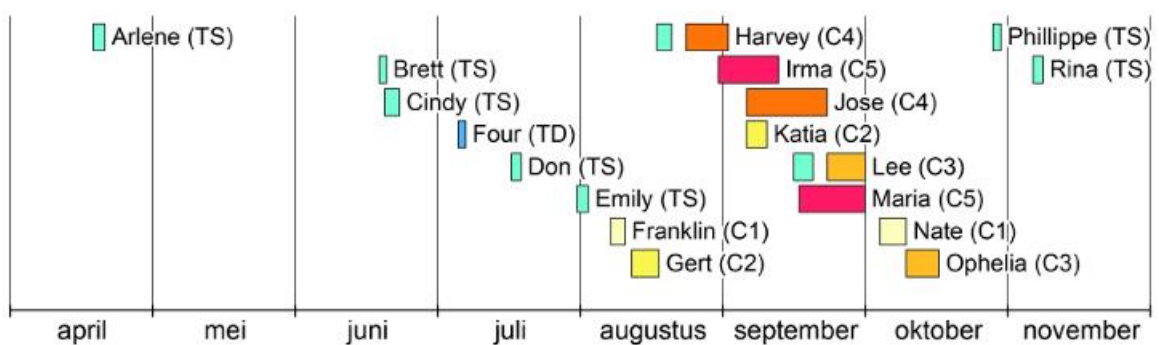
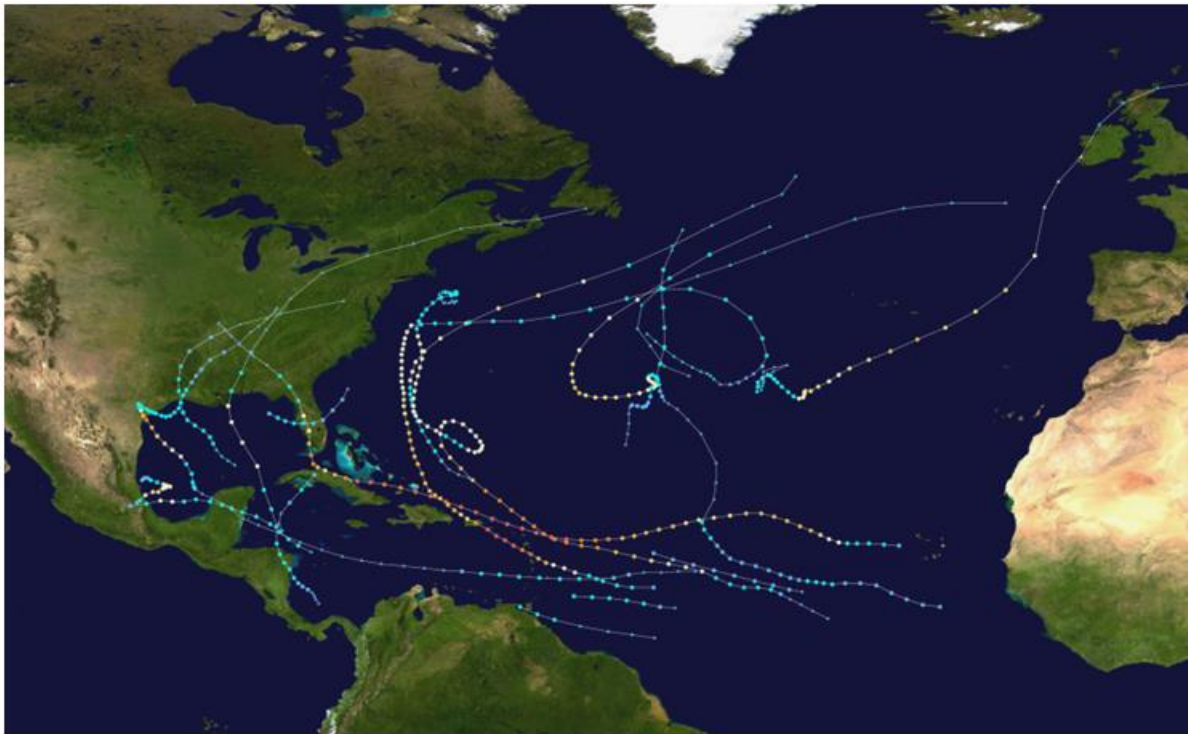
Maak de volgende examenvragen.

Examenopgave – Orkanen in het Caribisch gebied – HAVO 2021-1

Bestudeer bron 54 en 55.

Bron 54

Orkanen op de Atlantische Oceaan in 2017



Legenda:

windsnelheden, in km per uur

- tropische depressie (TD) 62 en minder
- tropische storm (TS) 63 - 117
- orkaan categorie 1 (C1) 118 - 153
- orkaan categorie 2 (C2) 154 - 177
- orkaan categorie 3 (C3) 178 - 208
- orkaan categorie 4 (C4) 209 - 251
- orkaan categorie 5 (C5) 252 en meer

https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_2017_Atlantic_hurricane_season#/media/File:2017_Atlantic_hurricane_season_summary_map.png

Bron 55

Luchtfoto's Bahama's – voor en na orkaan Dorian.



www.bbc.com/news/world-latin-america-49574900

Gebruik bron 54.

In het algemeen bestaat er een verband tussen de periode in het jaar waarin een orkaan plaatsvindt en de kracht van de orkaan.

- 1) Leg uit in welke periode van het jaar orkanen het krachtigst zijn. Je uitleg moet een oorzaak-gevolgrelatie bevatten.

Gebruik bron 54.

Om de schade na een orkaan te beperken is op de bovenwindse eilanden hazardmanagement van groter belang dan op de benedenwindse eilanden.

2) Geef

- een voorbeeld van hazardmanagement;
- een oorzaak waardoor hazardmanagement op de bovenwindse eilanden van groter belang is dan op de benedenwindse eilanden;
- een reden voor CARICOM om op het gebied van hazardmanagement meer te willen samenwerken.

Gebruik bron 55.

In september 2019 verwoestte orkaan Dorian een groot deel van de noordelijke Bahama's. Internationale organisaties konden sneller noodhulp organiseren dan de lokale overheid. Dit leidde tot kritiek op de nationale overheid van de Bahama's.

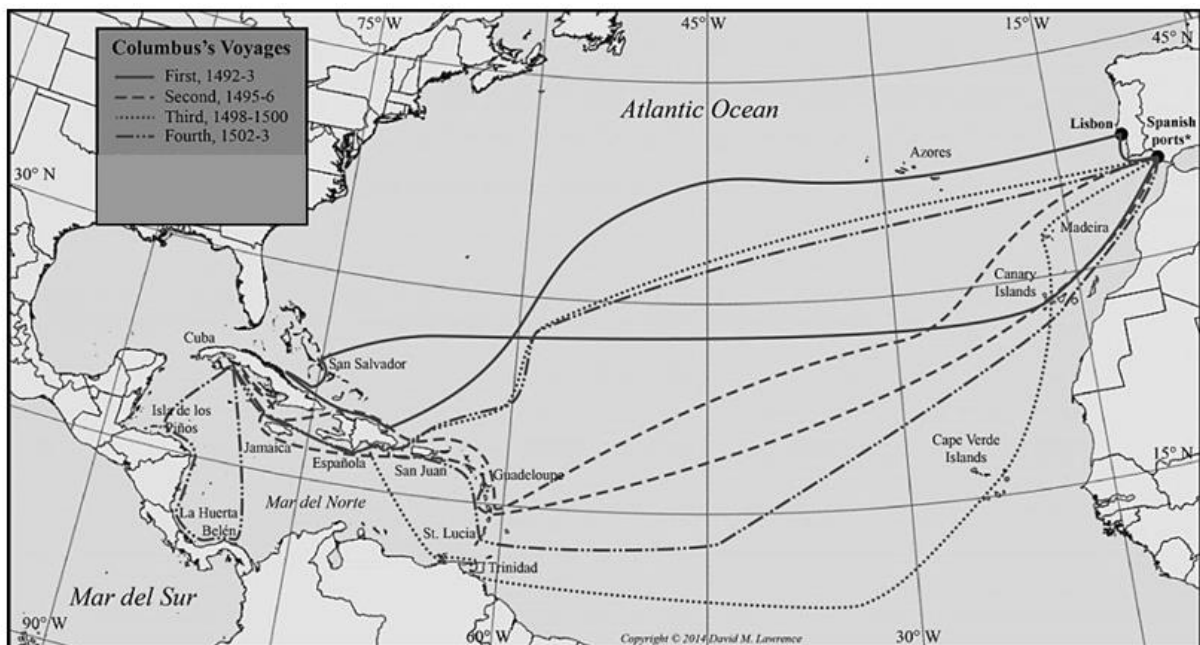
- 3) Beredeneer dat internationale noodhulp sneller georganiseerd kon worden dan lokaal georganiseerde noodhulp.

Examenopgave – De reizen van Columbus – HAVO 2017-1

Gebruik bron 56.

Bron 56

De vermoedelijke routes van de vier reizen van Columbus



<http://enviroexplore.davidmlawrence.com/2014/09/28/letter-of-dr-chanca-on-the-second-voyage-of-columbus/>

Op de kaart in bron 56 staan de vermoedelijke heenreizen en de terugreizen van Columbus. Columbus gebruikte zijn kennis van de windsystemen voor zijn routebepaling. De heenreizen waren op een andere geografische breedtegraad dan de terugreizen.

- 4) Beredeneer wat het verschil is tussen de heenreizen en terugreizen van Columbus. Leg je antwoord uit aan de hand van de belangrijke windsystemen.

Volgens onderzoekers waren er in de jaren waarin Columbus reisde minder orkanen dan gemiddeld door het ontbreken van de omstandigheden waarin orkanen kunnen ontstaan.

- 5) Beschrijf drie voorwaarden die nodig zijn voor het ontstaan van een orkaan.

De keuze van de vertrekdatum van Columbus' eerste reis (3 augustus) wordt als argument gebruikt om zijn kennis over orkanen te betwijfelen.

- 6) Beredeneer dat deze vertrekdatum niet logisch is, gelet op de positie van de ITCZ. Gebruik in je antwoord een oorzaak-gevolgrelatie.

Terugkijken

Intro

Lees de Introductie van het katern nog eens door. In de introductie staan vier vragen. Heb je in het katern antwoord gekregen op deze vragen?

Hoe ging het?

- Tijd

Voor het katern staat ongeveer 4 uur. Heb je alle vragen/verwerkingsopdrachten in 4 uur kunnen doen?

- Inhoud

Was alles wat in dit katern behandeld is nieuw voor je?

Schrijf een ding op wat je al wist. Schrijf ook een ding op wat je nog niet wist.

- Begrippenlijst

Heb je de begrippenlijst vaak gebruikt tijdens het lezen van de tekst?

- Eindproduct

Ben je tevreden over het eindproduct?

- Examenvragen

Er waren enkele examenvragen om te oefenen.

Heb je ze gemaakt? Ging het goed?

Bronnen

Hier zijn vijf betrouwbare bronnen waar je informatie kunt vinden over de inhoud van dit katern.

1 <https://www.rijksdienstcn.com/economie-klimaat/documenten/brochures/economie-natuur/energie/bijlage-duurzame-en-betaalbare-energie-in-caribisch-nederland/index>

2 <https://npokennis.nl/longread/7878/wat-maakt-een-orkaan-zo-verwoestend>

3 <https://bes.climateimpactatlas.com/nl/>

4 <https://nl.climate-data.org/>

5 <https://caribischnetwerk.ntr.nl/>