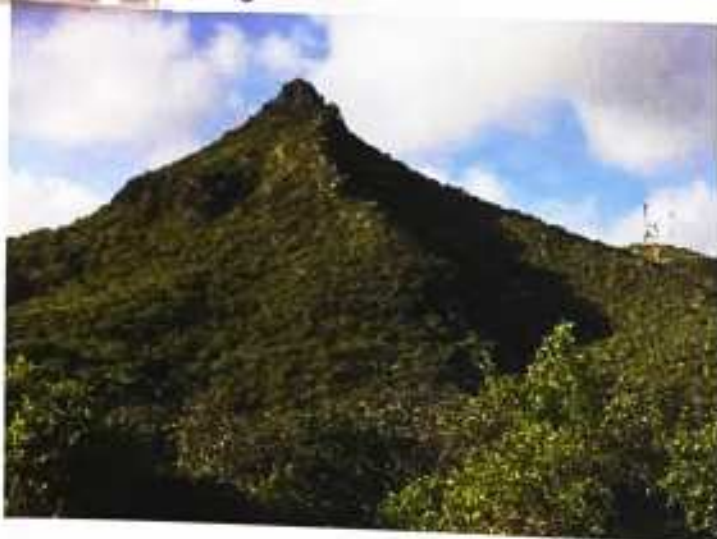




De geologische geschiedenis van Curaçao



drs. Willem A. Mink



foto 1: St. Christoffelberg (foto W.A. Mink)
foto 2: Boka Ascension (foto W.A. Mink)
foto 3: Boka Hulu (foto W.A. Mink)
foto 4: Stalactieten (foto W.A. Mink)
foto 5: Playa Guepi (foto W.A. Mink)
foto 6: Dos Boka (foto W.A. Mink)

achterzijde:

foto 7: Seru Djaka Komé (foto W.A. Mink)
foto 8: Groot Santa Martha (foto W.A. Mink)
foto 9: Grotten van Hato (foto W.A. Mink)
foto 10: St. Christoffelberg (foto W.A. Mink)
foto 11: Wacao (foto W.A. Mink)
foto 12: St. Michielsberg kalkgesteente vermengd met verweringsmateriaal
Curaçao Lava Formatie (foto W.A. Mink)

© 2021 Willem A. Mink

**Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden
verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch,
mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.**

**drs. W.A. Mink, Kaya Bach 29, Cas Grandi, Curaçao
e-mail: willem.a.mink@gmail.com**

ISBN 978.99904.5.144.3

Hoofdstuk 1: Onze aarde

§ 1: Enkele begrippen

Curaçao is zo'n 87 miljoen jaar oud. Naar geologische maatstaven is dat relatief jong. De ouderdom van de aarde wordt namelijk gesteld op 4,6 miljard jaar. De eerste mens op aarde dateert van 250.000 jaar geleden. Maar wat is geologie? En wat is het verschil tussen geologie, fysische geografie, geomorfologie en sociale geografie?

Geologie is de wetenschap die zich bezighoudt met de eigenschappen, de samenstelling en de ontstaanswijze van de aardkorst.

Geologen houden zich bezig met de gesteenten die op aarde voorkomen. Het bestuderen van de op Curaçao voorkomende gesteenten, maar ook de processen die hebben geleid tot bijvoorbeeld het ontstaan van de verschillende gebergten (sérunan) behoren tot het vakgebied van de geoloog.

Fysische Geografie is de wetenschap die zich bezighoudt met het voorkomen van natuurlijke verschijnselen aan het aardoppervlak. Een natuurlandschap is een landschap dat door de natuur is gevormd.

Een voorbeeld van een fysisch-geografisch verschijnsel is een boka (monding of inham). Dit verschijnsel is door de natuur gevormd; de mens is hierbij niet van invloed geweest.

Opdracht 1: Kun je nog twee door de natuur gevormde verschijnselen op Curaçao noemen?

.....

.....

Geomorfologie (vaak ook kortweg als **morfologie** aangeduid) is de wetenschap die de vormen van het landschap bestudeert en de processen die bij het ontstaan daarvan een rol spelen of hebben gespeeld.

In hoofdlijnen zijn er twee groepen van processen die het landschap vormen: **endogene** processen en **exogene** processen. De indeling in de verschillende processen is vaak beperkt bruikbaar. Vaak spelen verschillende invloeden een rol. Zo spelen bij de vorming van terrassen niet alleen endogene processen een rol, maar ook **biologische** processen.

Sociale Geografie is de wetenschap die zich bezighoudt met het door de mens omgevormde natuurlandschap tot een cultuurlandschap.

Een salina is een natuurlijk verschijnsel aan het aardoppervlak. De natuur heeft een baai gevormd, die min of meer afgesloten is en de mens heeft een deel van de baai omgevormd tot zoutpannen, waar zout kon worden gewonnen.

De nadruk in dit leerwerkboek zal liggen op de geologie en geomorfologie.

Opdracht 2:

Geef aan door welk vakgebied de volgende verschijnselen worden bestudeerd.

- het ontstaan van de St. Christoffelberg
- het voorkomen van plantages op Curaçao
- het ontstaan van het Spaanse Water
- de vorming van de grotten van Hato
- de min of meer versteende zand – en kleiafzettingen bij seru Djaka Komé
- het havengebied nabij en rond St. Annabaai

Antwoorden bij opdracht 2:

-
-
-
-
-
-

Vanwege de ouderdom van de aarde heeft men de geologische geschiedenis ervan onderverdeeld in een groot aantal perioden. Samen vormen ze de geologische tijdschaal

De geologische tijdschaal is de indeling van de geschiedenis van de aarde in geologische tijdperken.

Era	Periode	Tijdvak	Miljoen Jaar
Kenozoïcum	Kwartair	Holoceen	0,01
		Pleistoceen	2,5
	Tertiair	Plioceen	5
		Mioceen	26
		Oligoceen	37
		Eoceen	53
		Paleoceen	66
Mesozoïcum	Krijt		144
	Jura		190
	Trias		225
Paleozoïcum	Perm		280
	Carboon		360
	Devoon		395
	Siluur		430
	Ordovicium		500
	Cambrium		570
Precambrium			4600

Figuur 1: De geologische tijdschaal
Bron: www.aardrijkskundeoefenen.nl/e_https://tijdschaal_goed.png

Opdracht 3:

In welke periode van de geologische tijdschaal is Curaçao ontstaan ?

.....

Interessant om te weten is dat dinosaurussen uitgestorven zijn ten gevolge van een natuurramp omstreeks 65 miljoen jaar geleden. Curaçao was toen al gevormd door lavastromen uit de bodem van de Grote Oceaan. Na de vorming van de Knipformatie kwam Curaçao weer volledig onder water te staan. We hoeven daarom niet te zoeken naar skeletresten of eieren van dinosaurussen op Curaçao.

Opdracht 4:

Zoek op internet welke natuurramp zich op aarde heeft afgespeeld waardoor onder meer de dinosaurussen zijn uitgestorven.

.....

.....

.....

§ 2. De indeling van de gesteenten op aarde

De gesteenten die voorkomen op aarde kunnen we onderverdelen in drie soorten:

- a. **Stollingsgesteenten:** zijn gesteenten die ontstaan zijn door stolling van vloeibaar gesteente. Het binnenste van de aarde bestaat uit min of meer vloeibaar gesteente. We noemen dit magma. Door endogene krachten kan dit magma door de aardkorst heen naar buiten komen en afkoelen waardoor het gaat stollen. Wanneer de stolling van het gesteente langzaam plaatsvindt, kunnen zich kristallen vormen. Bij een snelle stolling vindt geen kristalvorming plaats. Het gesteente noemen we dan amorf. Kristallisatie is de vorming van kristallen wanneer een stof van een vloeibare in een vaste vorm overgaat.



Figuur 2:
Basaltzuilen in
Noord-Ierland,
ook wel
genoemd
"Giant's
Causeway"

Bron: Wikipedia

Wanneer de basaltuitvloeiingen onder water plaatsvinden wordt de zogenaamde "kussenlava" gevormd, zoals bij Curaçao het geval is.



Figuur 3:
kussenlava-
structuur bij
een
afgegraven
wand
(foto: W.A.
Mink)

- b. **Sedimentsgesteenten:** zijn gesteenten die oorspronkelijk als verweringsmateriaal door water, wind of ijs zijn afgezet en in de loop van duizenden jaren onder druk van het dikke pakket met afzettingen daarboven zijn samengeperst. Sedimentsgesteenten zijn herkenbaar aan hun gelaagdheid. Wanneer de wind, het water of het ijs verschillende afzettingen meenemen, zijn die afzettingen ook later weer in het gesteente waar te nemen. Zand wordt zandsteen; klei wordt kleischalie.

Kalkgesteente wordt eveneens tot de sedimentsgesteenten gerekend. De skeletdeeltjes van de koraaldieren verkalken na verloop van tijd en vormen uiteindelijk dikke pakketten kalkgesteente.

Sedimentsgesteenten zijn tevens herkenbaar doordat in het gesteente fossielen kunnen voorkomen.

Fossielen zijn versteende resten of afdrukken van planten en dieren die in de aardkorst bewaard zijn gebleven.

- c. **Metamorfe gesteenten:** zijn gesteenten die gedurende een zeer lange tijd onder invloed hebben gestaan van hoge druk en temperatuur, waardoor de samenstelling van het oorspronkelijke gesteente geheel is veranderd.

Opdracht 5:

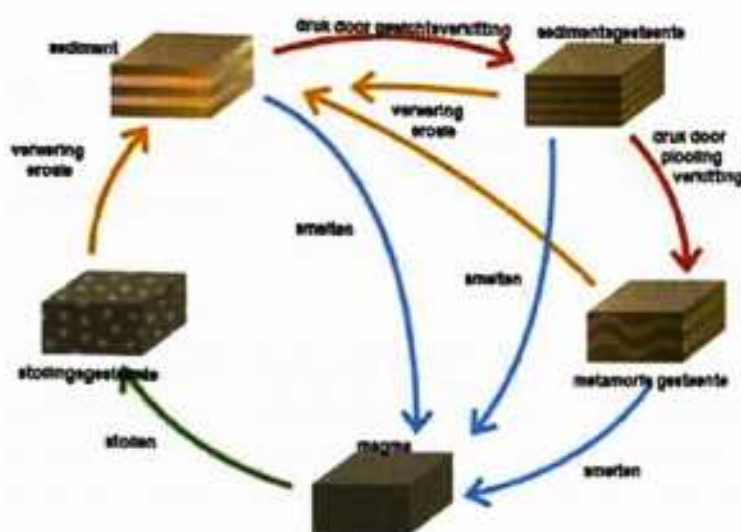
Noem een voorbeeld van een metamorf gesteente.

Alle gesteenten kunnen van het ene soort in het andere overgaan. Dit noemt men ook wel de gesteentenkringloop.

Gesteentenkringloop is het proces waarbij een gesteente steeds opnieuw de fasen doorloopt van verwerking, erosie, sedimentatie en nieuwe gesteentevorming.

Gesteenten vertellen ons over de geschiedenis van het gebied. Het Knipgesteente in het St. Christoffelpark vertelt ons dat Curaçao, dat onder water is gevormd, enkele vele honderden meters is opgeheven. Houdt men hierbij nog rekening met erosie en verwerking dan zal de St. Christoffelberg misschien wel tussen 1500 en 2000 meter hoger zijn geweest. We kunnen ons dit haast niet voorstellen.

Op Curaçao komen sedimentsgesteenten voor met afdrucken van schelpen. Dit betekent dat Curaçao gedurende een langere periode onder water heeft gelegen en daarna is opgeheven. Deze opheffing is echter van een andere aard dan de opheffing van de St. Christoffelberg.



Figuur 4: Kringloop van het gesteente.
Bron: Wereldwijd; Aarde

§ 3. Platen tektoniek

Platen tektoniek is de verschuiving van continenten door convectiestromen in het binnenste van de aarde.

Wanneer we de westkust van Zuid-Amerika en de oostkant van Afrika bekijken, valt het ons op dat deze delen bijzonder veel op elkaar aansluiten. Bij nader onderzoek aan beide randen van de continenten vielen wetenschappers bepaalde overeenkomsten op. Niet alleen sloten de gesteenten in Zuid-Amerika en Afrika op elkaar aan, maar ook liepen de bergketens aan weerszijden van beide continenten door. Evenzo heeft men aan beide kanten overeenkomsten gevonden in de flora en fauna.

Ook Wegener (1880 – 1930) was er volledig van overtuigd dat Afrika en Zuid-Amerika aan elkaar vast moeten hebben gelegen. Hij had echter geen bewijzen voor zijn bewering. Pas in de zeventiger jaren van de vorige eeuw werd het bewijs van de verschuiving van de continenten gevonden door een grootschalig onderzoek van de Atlantische Oceaan. Geologen zagen tot hun grote verbazing de duizenden kilometers lange, Noord-Zuid gerichte, bergketen op de bodem van de Atlantische Oceaan.

Opdracht 6:

Maak met behulp van de atlas duidelijk wat de geologen zagen op de bodem van de Atlantische Oceaan en de betekenis van deze vondst voor onze kennis over de aardkorst.

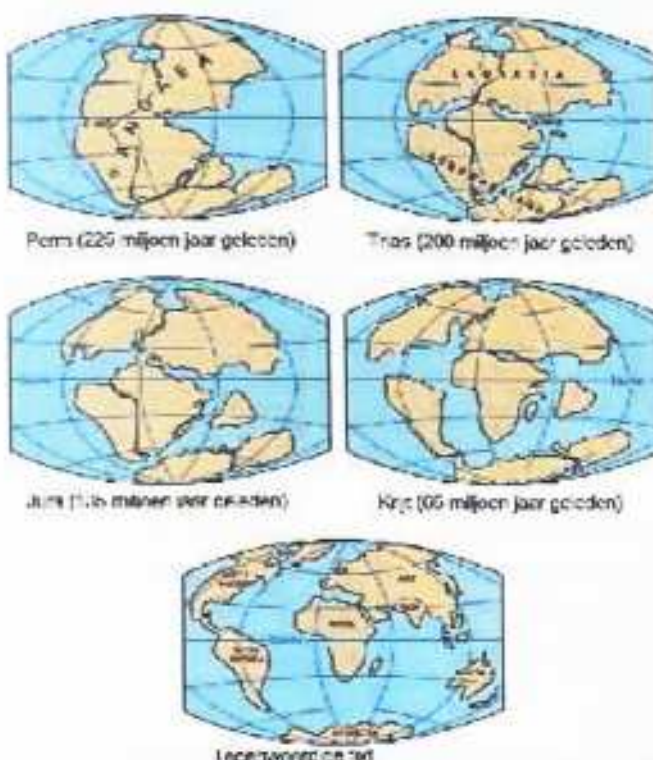
.....

.....

.....

.....

Wegener kreeg na zijn dood erkenning voor zijn onderzoek naar de verschuivingen van de continenten.



Figuur 5: De verschuiving van de continenten
Bron: <https://www.10voorbiologie.nl>

De verschuiving van de continenten is middels een animatiefilm te zien bij:

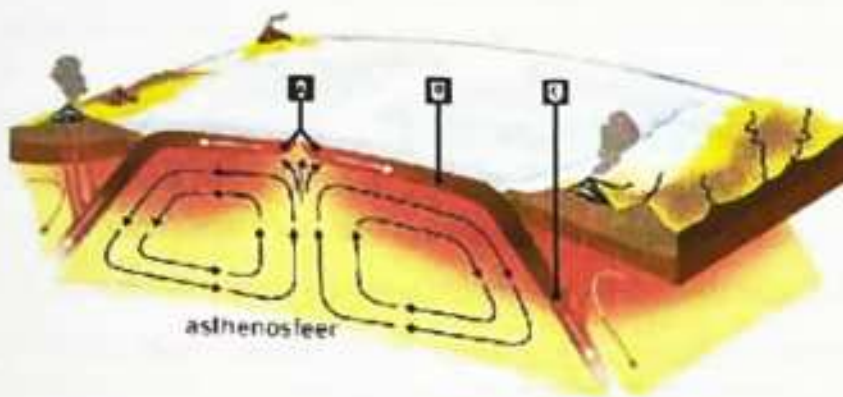
<https://www.youtube.com/watch?v=QT9MU0r-tqA>

<https://www.youtube.com/watch?v=uLahVJNnoZ4>

De verklaring voor het verschuiven van de continenten wordt gevonden in de aanwezigheid van convectiestromen in het binnenste van de aarde.

Convectiestromen zijn stromingen van het gesmolten gesteente onder de aardkorst binnen in de aarde.

In figuur 6 zien we dat door verschillen in de hitte van de aardmantel (ong. 3000 °C) het grotendeels vaste gesteente opstijgt. Door de verminderde druk in de nabijheid van de lithosfeer wordt het vaste gesteente min of meer vloeibaar en het ontstane magma verspreidt zich naar beide kanten. Het magma koelt vervolgens langzaam af en zakt dan weer naar de diepte, waarna de cyclus opnieuw begint.



Figuur 6: Convectiestromen in de aardmantel
Bron: De Geo Systeem Aarde

- | | | |
|---|---------------------------------------|--|
| a | b | c |
| Lithosfeer wordt gevormd door heet naar boven stromend magma. | Lithosfeer koelt af bij de spreiding. | Afgekoelde lithosfeer zakt de diepte in. |

De lithosfeer van de aarde bestaat uit zeven grote en acht kleine platen of schollen. Er zijn continentale en oceanische platen. Soms bestaat een plaat uit een combinatie van oceaan en continent. Al deze platen drijven op het magma van de aardmantel (asthenosfeer). Waar de platen aan elkaar grenzen, vindt de meeste geologische activiteit plaats.

Opdracht 7:

a. Zoek in de Bosatlas en/of figuur 7 de namen van de 7 grote platen op.

- | | |
|------------|------------|
| 1. N | 2. Z |
| 3. P | 4. E |
| 5. I | 6. A |
| 7. A | |

b. Zoek in de Bosatlas en/of figuur 7 de namen van de 8 kleine platen op.

- | | |
|------------|-------------|
| 1. N | 2. C |
| 3. C | 4. Gr |
| 5. A | 6. I |
| 7. F | 8. J |

Opdracht 8:

Wat zijn microplaten ?

Microplaten zijn.....
.....
.....
.....

Opdracht 9:

Zoek in de atlas en/of op internet de namen van 6 microplaten op.

- | | |
|---------|---------|
| 1. | 2. |
| 3. | 4. |
| 5. | 6. |

De platen kunnen op drie manieren ten opzichte van elkaar bewegen:

Divergerende plaatbeweging: de platen schuiven van elkaar af. Een voorbeeld hiervan is het uit elkaar gaan van de bodem van de Atlantische Oceaan, waarbij magma naar boven komt en een gebergte wordt gevormd, de zgn. Mid-Oceanische rug.

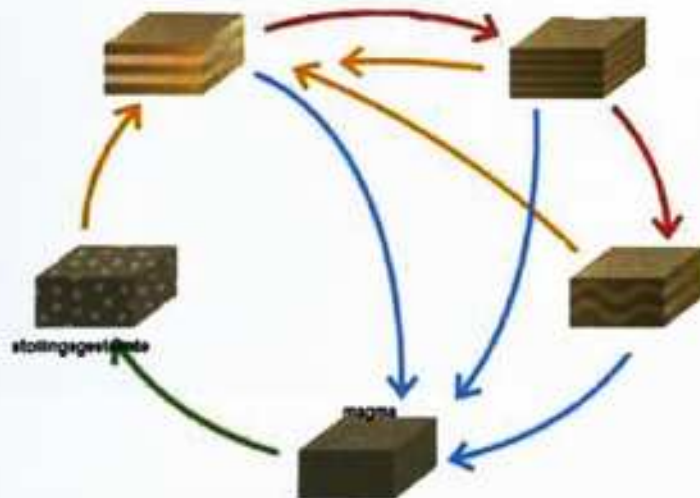
Convergerende plaatbeweging: de twee platen bewegen naar elkaar toe.

- a. Een oceanische plaat botst tegen een continentale plaat. De oceanische plaat is zwaarder en duikt onder de continentale plaat.
- b. Twee continentale platen botsen tegen elkaar, waardoor een plooingsgebergte ontstaat.
- c. Twee oceanische platen botsen tegen elkaar. De oudste plaat, die langer is afgekoeld en daardoor zwaarder, zal onder de jongere plaat duiken. In de oceaan ontstaat een vulkanische eilandenboog.

Transforme plaatbeweging: de platen schuiven langs elkaar. Door de wrijving wordt tussen de platen een grote spanning opgebouwd. Dan ineens schiet de ene plaat met een grote kracht langs de andere plaat. Een aardbeving is het gevolg.

Vragen bij Hoofdstuk 1: Onze aarde.

1. Geef de juiste definitie van de volgende begrippen: a. geologie; b. fysische geografie; c. geomorfologie; d. sociale geografie.
2. Leg uit door middel van een voorbeeld wat a. endogene processen; b. biologische processen en c. exogene processen zijn.
- 3a. In welke periode van de geologische tijdschaal is Curaçao ontstaan ?
- 3b. Hoeveel jaar geleden is dat?
- 4a. Welke drie soorten gesteenten ken je?
- 4b. Geef van elke soort een korte beschrijving.
5. Verklaar duidelijk waarom de Curaçao Lava Formatie amorf is.
6. Hoe noemt men de typische structuur van de Curaçao Lava Formatie ?
- 7a. Noem twee mogelijke kenmerken van sedimentgesteenten.
- 7b. Noem twee voorbeelden van een sedimentgesteente.
- 8a. Wat zijn metamorfe gesteenten?
- 8b. Geef hiervan een voorbeeld.
9. Wat verstaat men onder "Gesteentenkringloop" ?
10. Hieronder staat het schema van de "gesteentenkringloop". Maak het schema compleet door de ontbrekende namen toe te voegen: smelten 3x; stollen; sedimentgesteente; druk door gewichtsverkitting; verwerking/erosie 3x; sediment; druk door plooiing/verkitting; metamorf gesteente.



Bron: Wereldwijs; Aarde

11. Wat verstaat men onder "platentektoniek" ?
12. Verklaar het voorkomen van de "Mid-Oceanische rug" in de Atlantische Oceaan ?
- 13a. Welke drie plaatbewegingen ken je? Licht dit toe.
- 13b. Leg duidelijk uit waardoor de plaatbewegingen worden veroorzaakt.
- 14a. Noem zeven grote platen/schollen.
- 14b. Noem acht kleine platen/schollen.
- 14c. Wat zijn "microplaten".
- 14d. Noem zes "microplaten".

Hoofdstuk 2: De geologische geschiedenis van Curaçao

§ 1: De wording van Curaçao

Uit onderzoek is gebleken dat het oudste gesteente van Curaçao, de Curaçao Lava Formatie, ongeveer 87 miljoen jaar oud is. Volgens de geologische tijdschaal dateert Curaçao dus uit de Midden Krijt periode. Noord- en Zuid Amerika waren toen nog niet met elkaar verbonden. In figuur 5 zien we dat de Atlantische Oceaan toen ook niet volledig gevormd was, zoals we hem nu kennen. De Caribische Zee bestond niet en beide oceanen hadden een open verbinding met elkaar.

De Midden-Krijtperiode kenmerkte zich door hevige vulkanische activiteiten op vijf km diepte in de Grote Oceaan voor de kust van Ecuador ter hoogte van de Galapagos eilanden. Vanuit het binnenste van de aarde steeg het magma met een zeer hoge temperatuur op naar de oppervlakte van de oceaانبodem. Vanwege de toenemende druk kwam de oceaانبodem omhoog en via spleten en scheuren zocht het magma zich een weg naar buiten. De uitstroom van vulkanisch materiaal moet gedurende een zeer lange tijd constant hebben plaatsgevonden om uiteindelijk boven zeeniveau uit te komen. Curaçao was geboren. Op dezelfde wijze zijn Aruba en Bonaire ontstaan.

Opdracht 10.

We weten nu dat Curaçao ter hoogte van de Galapagos-eilanden is ontstaan. We weten ook dat de huidige ligging van Curaçao ten noorden van Venezuela is.

Welke conclusie kunnen we trekken uit beide feiten ?

.....

.....

.....

Bekijk de video over de verplaatsing van Curaçao gedurende miljoenen jaren.
(zie ook <https://www.uu.nl/nieuws/nederlandse-antillen-komen-uit-stille-oceaan>) of
<https://www.youtube.com/watch?v=QT9MU0r-tqA>



Figuur 7: Aardplaten in beweging
Bron: Noordhoff.nl

De plaat waarop Curaçao gevormd is, de zogenaamde Caribische Plaat, heeft zich in Noord-Oostelijke richting verplaatst. De Caribische Plaat heeft zich sindsdien genesteld tussen de Noord - en Zuid-Amerikaanse Plaat.

Platen blijven voortdurend in beweging. De jaarlijkse verschuiving varieert van 0,5 tot 15 cm. Figuur 7 laat de bewegingsrichting zien van de platen en de sterkte van de beweging. Via satellieten kan men tegenwoordig precies nagaan hoeveel de verschuiving is. Curaçao schuift per jaar ongeveer 2 cm oostwaarts. Langs de randen van de platen vinden de meeste endogene activiteiten plaats vanwege de onderlinge botsing en wrijving.

In maart 2017 werden zowel Curaçao als Aruba opgeschrikt door een drietal aardbevingen die zich in een tijdsbestek van acht dagen voordeden. Geologisch zijn deze bevingen te verklaren door de grote kracht die vrijkomt in het grensgebied met de Zuid-Amerikaanse plaat. Ook in de toekomst zal men meerdere aardbevingen kunnen verwachten.

Het reliëf op Curaçao geeft aan dat in de loop van de miljoenen jaren de horizontaal afgezette lagen een verandering hebben ondergaan. Vooral in het noordwestelijk deel van Curaçao is dat duidelijk te zien.



Figuur 8: Reliëf op Bandábou (foto W.A. Mink)

Plooiing en breuken duiden op endogene krachten, die van binnenuit de aarde inwerken op de aardkorst. De meest heftige plooiing die Curaçao heeft meegemaakt, vond plaats na de vorming van de Midden Curacao Formatie, 65 miljoen jaar geleden. Deze gebeurtenis heeft als resultaat gehad dat een immense kracht werd uitgeoefend op de reeds afgezette lagen. De van oorsprong horizontale afzettingslagen werden hierbij geplooid en in sommige gevallen zelfs gebroken. De breuklijnen zijn nu nog steeds zichtbaar (zie figuur 9).



Figuur 9: de bijna verticale breuklijnen in de Knip Formatie van het St. Christoffelpark (foto W.A. Mink)

Curaçao is verschillende keren geheel of gedeeltelijk onder de zeespiegel verdwenen. Nieuwe afzettingen vinden plaats wanneer Curaçao onder water komt te liggen. Wanneer Curaçao weer boven water komt daarentegen, treedt afbraak op in de vorm van verwerking en erosie. De processen van afbraak en opbouw gaan op dit ogenblik gewoon door. De vorming van Curaçao blijft doorgaan al merken we dat niet direct. Zolang er koraalgroei is, wordt kalkgesteente gevormd. Maar het kalkgesteente is eveneens aan verwerking onderhevig. Grote stukken van onze kust breken af en vallen in de zee waarna het afbraakproces zich voortzet.

In perioden van overvloedige regen worden zand en klei via een rooistelstel naar zee afgespoeld waar ze uiteindelijk worden afgezet. Op de zeebodem vindt sedimentatie plaats en uiteindelijk zullen de sedimenten aan elkaar vastkitten.

Tenslotte weten we uit onderzoek dat Curaçao door endogene krachten elk jaar 0,5 mm omhoog gaat.

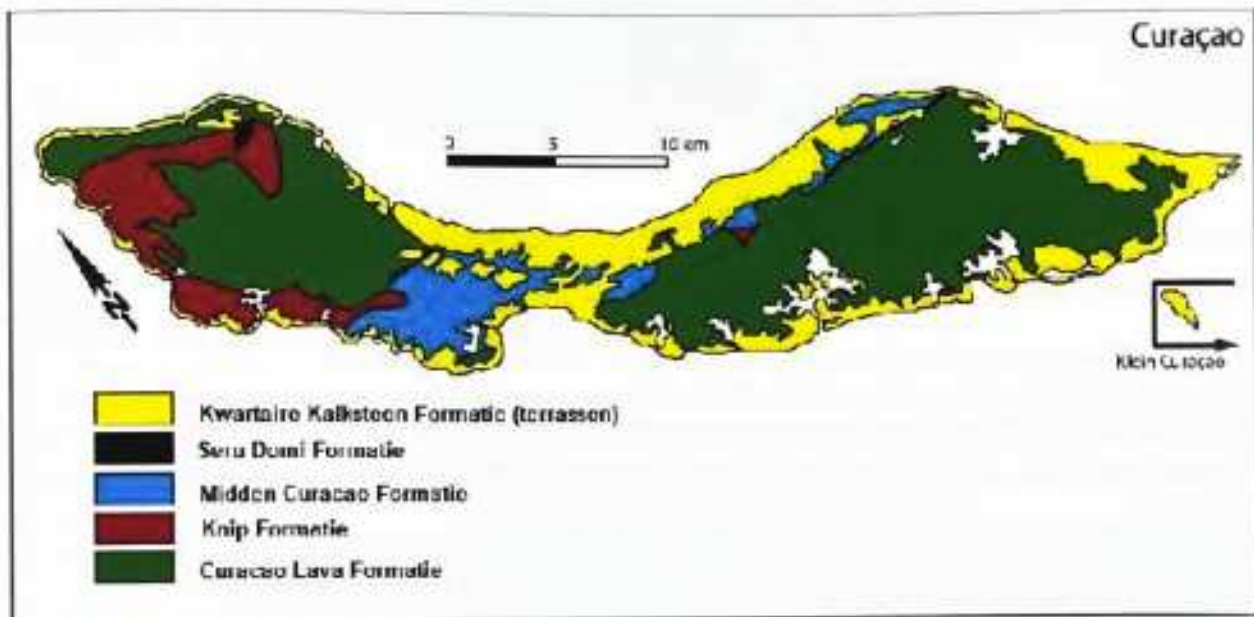
De invloed van de mens op de natuurlijke gesteldheid van Curaçao is immens groot. Bekend is het verwijderen van kalkterrassen ten behoeve van de uitbreiding van het vliegveld. Complete heuvels worden afgegraven voor de opvulling van funderingen bij de bouw van nieuwe woningen en het verhogen van laaggelegen kavels. Klein Curaçao was voor de winning van fosfaat 3 meter hoger. En dan mogen we zeker niet vergeten de uitholling van de Santa Barbara Tafelberg ten behoeve van de winning van fosfaat en betonsteentjes.

§ 2: De gesteenten van Curaçao

§ 2.1: De Curaçao Lava Formatie (87 miljoen jaar geleden)

Geologisch gezien kunnen we op Curaçao vier formaties (gesteentesoorten) onderscheiden (figuur 12):

1. De Curaçao Lava Formatie, uit de Midden-Krijt periode 87 miljoen jaar geleden
2. De Knip Formatie uit de Late Krijt periode 70 miljoen jaar geleden
3. De Midden Curaçao Formatie uit de overgangperiode van Krijt en Tertiair, 65 miljoen jaar geleden
4. De Kalksteen Formatie (de Ser'i Dòmi Formatie en de Kwartaire kalksteenterrassen) uit de Laat Tertiaire periode vanaf 5 miljoen jaar geleden.



Figuur 12: De gesteenten op Curaçao

Bron: werkgroepcarabischeletteren.nl

Bij de vorming 87 miljoen jaar geleden - de Midden Krijt periode - werd via scheuren en openingen in de oceanische plaat een dik pakket van basaltisch materiaal op de zeebodem neergelegd. Na miljoenen jaren van voortdurende uitvloeiingen stak het vulkanische materiaal uiteindelijk boven zeeniveau uit en had het een dikte van vijf kilometer bereikt.

Bij het eerste contact van het magma met het zeewater vond een snelle afkoeling en stolling plaats in de vorm van bollen. De buitenkant van de magmabol stelde hierbij sneller dat het binnenste gedeelte van de bol. Ondanks de beschermende buitenlaag kregen de mineralen binnen in de bol niet genoeg de tijd om kristallen te vormen, waardoor het gesteente "amorf" is. Amorf betekent dus zonder kristallen.

De Curaçao Lava Formatie is als het ware uit de openingen van de zeebodem opgeborreld. Men noemt deze structuur ook wel **kussenlavastructuur**. Op sommige plaatsen op Curaçao is deze volledig intacte kussenlavastructuur te vinden zoals in de omgeving van Ronde Klip (zie figuur 13). In de meeste gevallen is de ongerepte kussenlavastructuur niet meer te herkennen doordat de basalten op Curaçao snel verweren.



Figuur 13: Kussenlava met een min of meer ronde bolvormige structuur (foto: W.A. Mink)

Opdracht 12:

In op land uitgevloeiende magma (=lava) zijn altijd gaatjes waarneembaar en het gesteente is heel licht. Waarop duiden deze gaatjes ?

.....

.....

Opdracht 13:

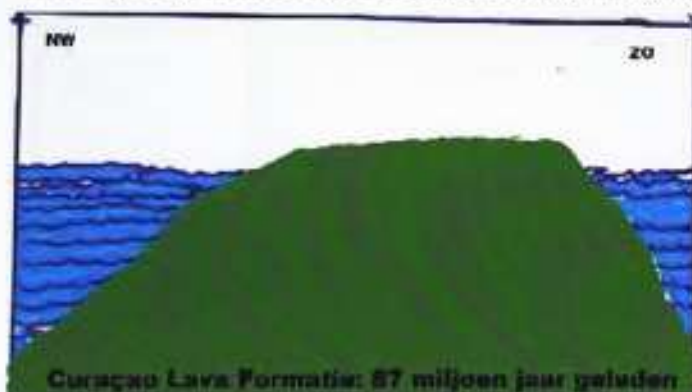
Verklaar waarom bij de Curaçao Lava Formatie geen gaatjes in het gesteente zitten.

.....

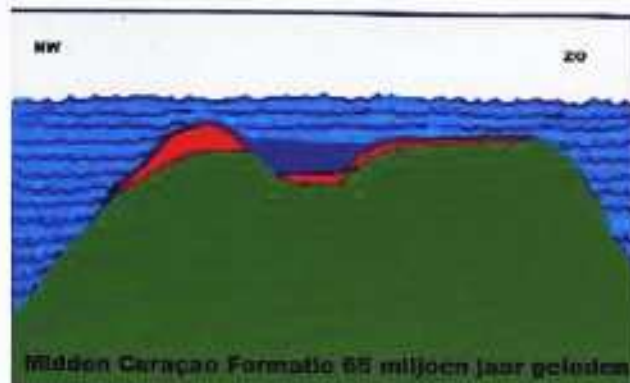
.....

.....

Op figuur 12 is te zien dat het grootste gedeelte van Curaçao uit Curaçao Lava Formatie bestaat. Wat ook duidelijk te zien is, zijn de twee aparte delen met deze formatie. In de beginfase van de vorming was dit gebied nog aaneengesloten. Door een latere breuk zijn het Noord-Westelijk deel en het Zuid-Oostelijk deel van het eiland omhoog gegaan en daarbij is het middelste deel ingezakt (zie figuur 15).



Figuur 14: schematische voorstelling Cur. Lava Formatie 87 miljoen jaar geleden



Figuur 15: schematische voorstelling Curaçao 65 miljoen jaar geleden

Leerlingen die richting Jan Sofat en Jan Thiel wonen en elke dag via de Caracasbaaiweg naar school gaan, kunnen de Curaçao Lava Formatie aan weerszijden van de weg duidelijk zien. Ter hoogte van het Gasora Pompstation zien we aan de rechterkant van de weg een gedeelte van de blootgelegde Curaçao Lava Formatie. De kussenlava heeft een lichtere kleur dan de rand eromheen. De buitenste rand is eerder in contact gekomen met de zee en is daardoor sneller afgekoeld. Om de kussenlava heen heeft zich een korst gevormd (zie figuur 16). Aan de overkant achter Eden Shoppers Paradise hebben we tijdelijk hetzelfde kunnen waarnemen. Sinds kort heeft men hiervoor een bouwwerk neergezet, waardoor we de wand met kussenlava niet meer kunnen waarnemen.



Figuur 16: Curaçao Lava Formatie tegenover Gasora (foto W.A. Mink)

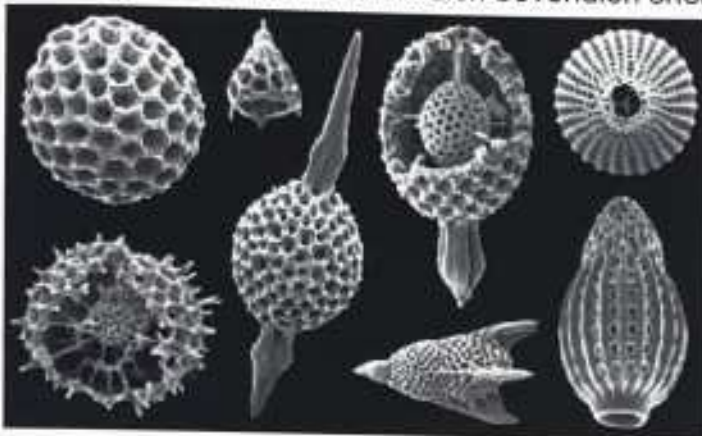


Figuur 17: Curaçao Lava Formatie achter Edens Shoppers Paradise (foto W.A. Mink)

Op plaatsen waar het terrein hoogteverschillen kent, hield men in het verleden rekening met dit hoogteverschil en paste men de bouw van het huis aan deze situatie aan. Tegenwoordig ziet men steeds meer dat de hoogteverschillen in het landschap geëgaliseerd worden. Door het wegschrappen van de bodem ontstaan er wanden waarbij de structuur van de Curaçao Lava Formatie in de wand duidelijk zichtbaar wordt.

§ 2.2: De Knip Formatie (70 miljoen jaar geleden)

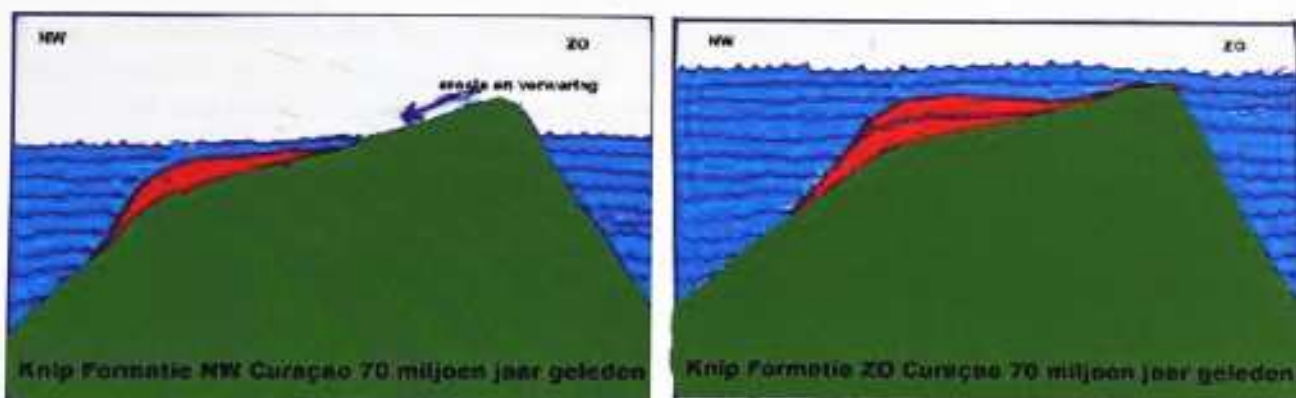
De Knip Formatie die we voornamelijk aantreffen op Bándabou wordt gedateerd op 70 miljoen jaar geleden. In deze Late Krijtperiode vond nog wel enige vulkanische activiteit plaats, maar deze bestond vooral uit de vorming van mineraalrijke warmwaterbronnen waarbij veel voedingsstoffen de zee instroomden. Het voedselrijke water trok miljoenen eencellige radiolariën aan die zich bovendien snel konden voortplanten.



Figuur 18: Radiolariën
Bron: www.berliner-mikroskopische-gesellschaft.de

In tegenstelling tot de koraaldiertjes, die een skelet van kalk hebben, bestaat het skelet van de radiolariën uit silicaat (SiO_2). Door een teveel aan radiolariën ontstond al spoedig een voedselgebrek waarbij de radiolariën omkwamen. Door het afsterven van deze micro-organismen vormde zich op grote diepte een dikke laag met kiezelzuurrijke sedimenten. Na een periode van uitsterven, herstelde de voedselsituatie zich en trok nieuwe radiolariën aan. Dit proces herhaalde zich steeds weer opnieuw gedurende miljoenen jaren.

In de Late Krijtperiode kwam het Noordwestelijk gedeelte van het eiland grotendeels onder water te liggen, waardoor verweringsmateriaal van het Zuid-Oostelijk deel, dat afkomstig was van de Curaçao Lava Formatie, via de steile hellingen in de diepe zee eindigde. Binnen de Knipformatie treffen we dus behalve radiolariënafzettingen ook aan elkaar verkitte hoekige basaltfragmenten aan. In een later stadium breidde de zee zich ook uit naar het Zuid-Oostelijk deel van het eiland. Daar werden eveneens skeletdeeltjes van radiolariën en andere micro-organismen afgezet.



Figuur 19: Schematische voorstelling Knip Formatie 70 miljoen jaar geleden. Nadat Curaçao volledig onder water verdween, zijn ook kiezelskeletdeeltjes van radiolariën (Knip Formatie) afgezet op Bándariba.

De Knip Formatie van het Noordwestelijke deel van het eiland is evenwel aanzienlijk dikker dan in het Zuidoosten.

Ten gevolge van verharding van de afgezette sedimenten door de dikke lagen erboven, traden diverse chemische veranderingen op, waardoor de structuur volledig werd gewijzigd. Het op deze wijze nieuw ontstane gesteente noemen we ook wel radiolriet. (zie figuur 21). Dit gesteente treffen we aan o.m. bij Seru Gracia en de St. Christoffelberg.

Onderzoekers hebben bij de radiolarieten vuursteenknollen aangetroffen. Deze grijsblauwe en soms roodbruine knollen zijn duidelijk herkenbaar in rooi Beroe. Het is vooralsnog niet duidelijk hoe deze vuursteen wordt gevormd. De vuursteenknollen kunnen immens grote afmetingen bereiken. De St. Christoffelberg is zelfs één grote vuursteenknol.



Figuur 20:
vuursteenknol
(foto W.A.
Mink)

Opdracht 14:

Leg uit waarom we Knipgesteente op slechts beperkte gebieden op Bándariba aantreffen.

.....

.....

.....

Opdracht 15:

De kleur van de Knip Formatie bij Seru Gracia is rood, die bij St. Christoffelberg is zwart. Toch behoren beide gesteenten tot de Knip Formatie. Welke uitleg kun je hiervoor geven ?

.....

.....

.....



Figuur 21:
Radiolariet
(Knip Formatie)
bij Seru Gracia
(foto W.A.
Mink)

Het is gebruikelijk dat gesteenten worden genoemd naar de plaats waar het gesteente wordt gevonden. Zo is de Knip Formatie genoemd naar plantage Knip waar men dit gesteente veelvuldig aantreft.

Zodra een gesteente gevormd is en boven water uitkomt begint het proces van erosie en verwerking. Ondanks het feit dat de Knip Formatie een hard gesteente is, heeft ook hier verbrokkeling en verplaatsing van het uiteengevallen materiaal plaatsgevonden. Met het regenwater zijn de restdeeltjes uiteindelijk in zee terecht gekomen. Heeft Curaçao tot dan toe slechts perioden van lichte plooiing en verzakking doorgemaakt, na de vorming van Midden Curaçao Formatie 65 miljoen jaar geleden vonden de hevigste gebergteplooiingen in de geschiedenis van de geologie plaats. De plooiing van de Curaçao Lava Formatie met de daarop liggende Knipformatie was zodanig van aard dat de oorspronkelijke horizontale lagen van de gesteenten op vele plaatsen vertikaal kwamen te staan. De St. Christoffelberg heeft na die geweldige plooiing een hoogte bereikt van 1500 tot 2000 meter. Door erosie en verwerking in de loop van tientallen miljoenen jaren is de St. Christoffelberg verworden tot een "heuvel" van slechts 375 meter. Op Bándariba treffen we nog slechts op een kleine lokatie Knip Formatie aan (zie figuur 12).

De naam Boka Santu Pretu, gelegen ten zuiden van Santa Cruz baai, geeft aan dat de kleur van het door de zee afgezette materiaal zwart is. Het afgezette materiaal bestaat echter niet uit "zand", maar uit kleine grindsteentjes. De naam van de kleur is correct en de kleur doet ons meteen denken aan de zwarte en roodbruine kleur van de Knip Formatie (zie figuur 22). Bij Santa Cruzbaai komt deze afzetting door de zee niet voor.

Opdracht 16:

Welke verklaring kun je geven voor de afwezigheid van de zwarte grindafzetting bij Santa Cruz baai ?

.....

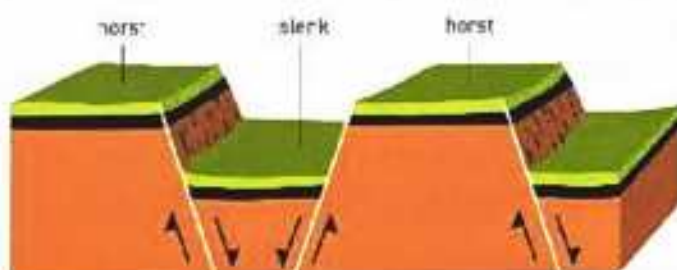
.....



Figuur 22: grindafzettingen door de zee bij Boca Santu Pretu (foto W.A. Mink)

§ 2.3: De Midden Curaçao Formatie (65 miljoen jaar geleden)

De Midden Curaçao Formatie werd ongeveer 65 miljoen jaar geleden, op de grens van het Krijt en het Tertiair, neergelegd. Curaçao lag in deze periode volledig onder water. Door een verregaande plooiing en breuk in de aardkorst gedurende deze periode kende het reliëf grote hoogteverschillen. Het Noordwestelijke en Zuidoostelijke deel waren de horsten, terwijl het Middengedeelte van Curaçao uit een slenk bestond (zie figuur 20). In dezelfde periode werden het Andesgebergte en de Rocky Mountains gevormd.



Figuur 20: horsten en slenken bij breuken
Bron: wikipedia afbeeldingen

Curaçao lag inmiddels ten noorden van Colombia ter hoogte van de delta van de Rio Magdalena.

De Rio Magdalena ontspringt in het Andesgebergte en stroomt vervolgens van zuid naar noord Colombia, gelegen in de vallei tussen de Cordillera Oriental en Cordillera Central van het Andesgebergte. De lengte van de rivier is ruim 1500 kilometer. Het stroomgebied van de Rio Magdalena beslaat een oppervlakte van bijna een kwart van het gebied van Colombia. De Rio Magdalena neemt op haar weg naar de kust sedimenten mee die van de hellingen van het Andesgebergte de rivier inglijden. Bij Barranquilla vormt de monding van de Rio Magdalena een delta, waar de meegevoerde sedimenten tenslotte worden

neergelegd. Ook 65 miljoen jaar geleden vond dit proces van afzettingen op dezelfde wijze plaats.

Het pakket met riviersedimenten werd na verloop van tijd zo dik en instabiel dat een lichte aardverschuiving voldoende was om deze dikke laag met afzettingen de diepzee in te laten schuiven. De zwaardere deeltjes (grind) zakten hierbij eerder naar de bodem, gevolgd door de minder zware (zand) en tenslotte de fijne en lichtere deeltjes (klei). Dit proces herhaalde zich vele malen.



Figuur 21: De delta van de Rio Magdalena

Bron: landsat.jpg

Curaçao die zich, aan het einde van de Krijtperiode en het begin van de Tertiaire periode, ten noorden van de Rio Magdalena bevond, ontving de uitgesorteerde lagen sedimenten keer op keer waar het zich verzamelde in de slenk, het laagste deel van het eiland.

De slenk vulde zich op met sedimenten van het vaste land van Zuid-Amerika, en vormt tegenwoordig de huidige Midden Curaçao Formatie zoals bij Seru Djaka Komé. Men schat dat op deze wijze een laag van 500 meter dikte door de Rio Magdalena is afgezet.

Onder druk van de bovenliggende lagen verhardden de sedimenten tot een vast gesteente. Het grind hechtte zich vast aan andere grinddelen en deeltjes zand en klei waardoor het uiteindelijk een conglomeraat vormde; het zand verhardde tot zandsteen en de klei tot kleischalie.

Opdracht 17:

In het lokaal liggen drie gesteenten: een Curaçao Lava Formatie, een Knip Formatie en een Midden Curaçao Formatie. Waaraan kun je herkennen dat een gesteente een sedimentsgesteente is ?



Figuur 22: Midden Curaçao Formatie bij Seru Djaka Komé (foto W.A. Mink)

Nagenoeg het gehele middenstuk van Curaçao bestaat uit een dik pakket Midden Curaçao Formatie. We treffen de Midden Curaçao Formatie aan bij Port Marie, San Sebastian, Jan Kok en Rif St. Marie. Een smalle strook komt verder voor in het noordelijk deel van Zuid-Oost Curaçao, zoals bij Plantage Brievengat en Ronde Klip. Vanwege de structuur van de Midden Curaçao Formatie valt het gesteente gemakkelijk uit elkaar. Deze eigenschap maakt dat veel van het gesteente is gebruikt voor de opvulling van de funderingen van de huizen bij Tera Cora. In het verleden heeft men het materiaal eveneens gebruikt voor het vervaardigen van keramische producten. Vanwege het voorkomen van zandsteen vond men het zuiver maken van de klei bewerkelijk en is men opgehouden keramische producten te maken op basis van MCF-klei. In een latere fase is op de MCF een dikke laag kalk afgezet. Waar het kalkgesteente bewaard is gebleven, werd de erosie na de opheffing van het gebied vertraagd en zelfs verhinderd. Hierdoor kunnen we bij Seru Djaka Komé de natuurlijke afgezette laag nog waarnemen. Helaas is door invloed van de mens en niet door ratten een groot deel van de berg weggegeten.



Figuur 23: De afgravingen bij Seru Djaka Komé (foto W.A. Mink)

Opdracht 18:

Bekijk figuur 22. Welke twee geologische verschijnselen zie je op de foto van de Midden Curaçao Formatie bij Seru Djaka Komé ?

- 1.....
- 2.....

§ 2.4: De Kalksteen Formatie (de Ser'i Dòmi Formatie en de Kwartaire kalksteenterrassen) uit de Laat Tertiaire periode vanaf 5 miljoen jaar geleden.

In figuur 12 wordt bij de Kalksteen Formatie een onderscheid gemaakt tussen de Ser'i Dòmi Formatie en de Kwartaire Kalksteen Formatie. Beide Formaties zijn Kalksteen Formaties, echter hun vorming komt niet overeen.

Na de vorming van de Midden Curaçao Formatie 65 miljoen jaar geleden vinden we op Curaçao geen andere gesteenten terug. Dit kan erop duiden dat Curaçao **NIET** onder water heeft gelegen. Een andere mogelijkheid is dat Curaçao wel onder water heeft gelegen, maar daarna is opgeheven, waardoor het gevormde gesteente door verwering en erosie is verdwenen. We gaan uit van de eerste vooronderstelling dat Curaçao na de vorming van Midden Curaçao Formatie boven water is gekomen door endogene krachten en miljoenen jaren hierna boven water is gebleven. Deze plooiing wordt als de hevigste gerekend die ooit heeft plaatsgevonden. Tijdens deze plooiing drongen via spleten kleine hoeveelheden vloeibaar magma omhoog. Dit magma bereikte echter niet de oppervlakte. Na de plooiing heeft zich meteen een proces van verwering en erosie ingezet, waardoor vele heuvels weer werden afgebroken.

Kalksteen Formaties dateren vanaf 5 miljoen jaar geleden. In deze periode zijn Noord – en Zuid-Amerika bijna aan elkaar vastgeklonken middels de bergketen door Midden-Amerika. Dit betekende tevens dat er geen vrije doorgang meer bestond voor het water van de Grote en de Atlantische Oceaan. De Caribische Zee, zoals we die nu kennen, was bezig te ontstaan. Alleen bij Panama was er nog een kleine open verbinding. Omstreeks 2½ miljoen jaar geleden ging ook hier het laatste stukje van Midden-Amerika dicht. Het gevolg van deze sluiting is belangrijk, omdat de temperatuur van de Caribische Zee sindsdien langzaam maar zeker kon gaan stijgen, waardoor de zee steeds meer geschikt werd voor koraalgroei.

Opdracht 19:

Noem 5 voorwaarden voor een optimale groei van koraal

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

De koraalgroei leidde uiteindelijk tot de huidige aanwezigheid van twee soorten kalksteen Formaties:

a de Ser'i Dòmi Formatie:

Vijf miljoen jaar geleden kwam Curaçao wederom voor een groot deel onder water te liggen. Slechts twee eilandjes staken in die tijd boven water uit: het eiland Bándabou en het eiland Bándariba. Door de toegenomen zeewatertemperatuur en de andere bovengenoemde gunstige omstandigheden werd het omliggende zeewater zeer geschikt voor koraalgroei. Om en tussen de eilanden bouwden de miljoenen koraaldiertjes riffen. Van deze riffen is door een latere erosie en verwerking - Curaçao kwam weer boven zeeniveau uit – weinig meer overgebleven. Zo getuigt het rifpuin, dat dieper in zee werd afgezet, van een vroegere koraalgroei. Tegenwoordig kennen we deze afzettingen als de naar zee hellende "gekantelde tafelbergen", de Ser'i Dòmi Formatie.

Opdracht 20:

Noem tenminste vijf "gekantelde tafelbergen"

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

Opdracht 21:

**Wat is bijzonder aan het kalkgesteente van de Santa Barbara Tafelberg ?
Welke verklaring heb je hiervoor ?**

.....

.....

.....

b. De Kwartaire kalkterrassen:

Gedurende het Pleistoceen, 2½ miljoen tot 10.000 jaar geleden, deed zich een bijzonder klimaatverschijnsel voor. De noordelijke ijskap breidde zich steeds meer uit en bereikte zelfs Midden Nederland. Vanwege de ijsvorming daalde het zeeniveau wereldwijd met tientallen meters. Zo weten we uit onderzoek dat de Noordzee volkomen droog kwam te liggen. Wolharige mammoeten, wolharige neushoorns, rendieren en muskusossen en andere in de Noordelijke gebieden voorkomende dieren liepen vrij rond in Nederland, Schotland, het Noordzeebekken en andere delen van Europa.

Gedurende het Pleistoceen zijn er drie grote ijsstijden geweest, afgewisseld door warmere perioden. Een ijsstijd noemen we een "glaciale" periode, een warmere tijdperk een "interglaciale" periode. Bij elke glaciale periode daalde de zeespiegel (regressie) en bij elke interglaciale periode steeg de zeespiegel weer tientallen meters (transgressie). In het Pleistoceen wisselden transgressie en regressie elkaar dus af.

De drie grote ijstijden voor Europa zijn:

Elsterien	475.000 tot 410.000 jaar geleden,
Saalien	370.000 tot 130.000 jaar geleden en
Weichselien	115.000 tot 10.000 jaar geleden.

De daling van de zeespiegel bedroeg tijdens een ijstijd tussen de 100 en 130 meter.

Het oudste terras, "het hoogste terras", dateert nog uit de tijd van vóór de grote ijstijden, ongeveer twee miljoen jaar geleden. Het zeeniveau was nog hoog en Curaçao lag deels onder water.

Het proces van opheffing zette zich ook na de vorming van de Ser'i Dòmi Formatie voort. Echter gedurende de eerste grote ijstijd daalde tegelijkertijd de zeespiegel. Het hoogste terras, 150 tot 90 meter hoog, kwam droog te liggen en een nieuw terras begon zich in zee te ontwikkelen. We moeten hierbij bedenken dat het proces van afbraak voor het hoogste terras zich meteen inzette.

Bij de tweede ijstijd daalde het zeeniveau wederom en het hoogterras, 80 tot 50 meter hoog, kwam boven water uit. Het Middenteras dat uit twee gedeelten bestaat, een gedeelte van 45 tot 25 meter hoog en een ander gedeelte van 25 tot 15 meter hoog, werd nu gevormd.

Bij de derde ijstijd kwam het Middenteras boven water en het laagterras begon zich te ontwikkelen. De derde ijstijd werd onderbroken door een warmere periode waarbij de zeespiegel weer steeg om daarna weer te dalen waardoor het laagterras 10 meter boven water kwam te liggen. Het laagste terras is onder zeeniveau komen te liggen nadat een einde is gekomen aan een tijdperk van uitzonderlijke koude en het ijs van de Noordpool zich terugtrok.

Het is moeilijk te zeggen of terrasvorming het gevolg is van opheffing door endogene krachten of door daling van de zeespiegel. De daling van de zeespiegel en het omhoog komen van Curaçao verliepen gelijktijdig. Ook nu gaat Curaçao nog elk decennium met een halve centimeter omhoog.

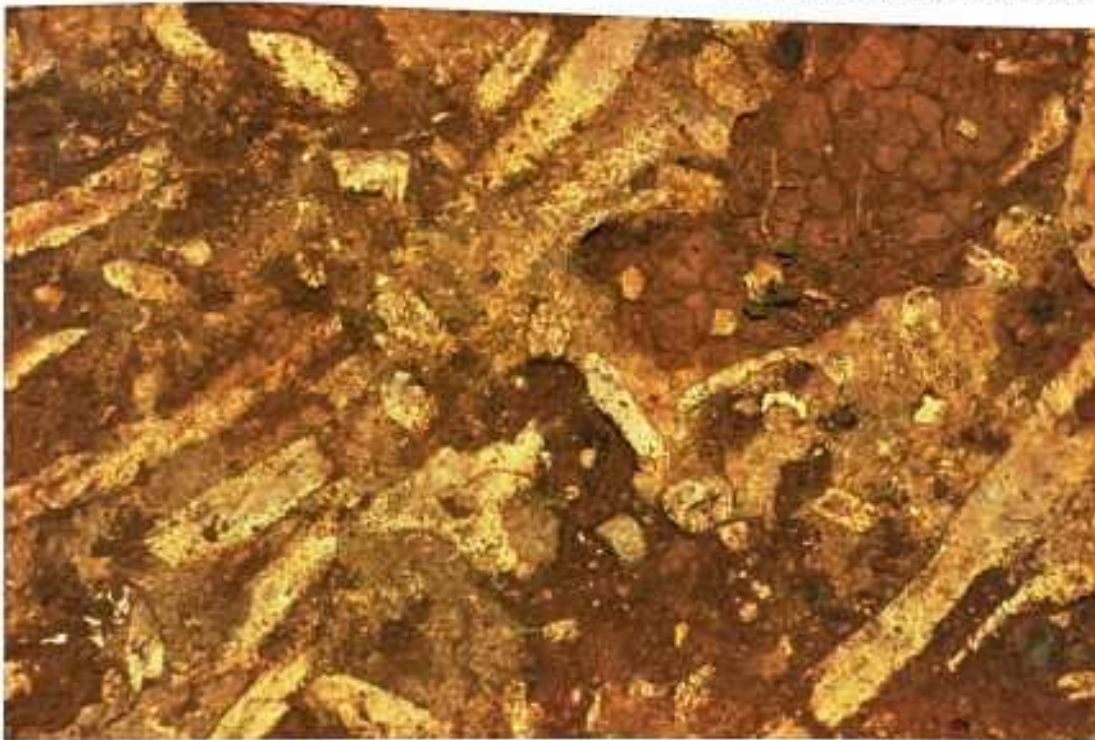


Figuur 24: Het laag-, midden- en hoogterras gezien vanaf de vlakte van Hato (foto W.A. Mink)

Wanneer we gaan duiken om koralen te bekijken, doen we dit aan de rustige zuid- en westkant van het eiland. We hebben net gezien dat de vorming van de brede kalkterrassen in het verleden voornamelijk aan de oost- en noordkant heeft plaatsgevonden. Dit moet ons aan het denken zetten. Welke verklaring kan hiervoor worden gegeven ?

De verklaring dat merendeels aan de noord- en oostkant van het eiland terrassen zijn gevormd, heeft te maken met het voorkomen van een bepaald soort koraal. Het soort koraal dat hier wordt bedoeld, is het elandgeweikoraal. Het elandgeweikoraal is een robuust steenkoraal dat zich prettig voelt bij ruwe zee. Dit steenkoraal vormt stevige boomvormige kolonies met horizontaal afgeplatte takken (als het gewei van een eland) die zich uitstrekken naar het zonlicht. Het elandgeweikoraal vormde uiteindelijk het barrièrerif op enige afstand van de kust en zorgde er voor dat de verwoestende kracht van de golven werd gematigd.

In de brede lagune, die ontstond tussen de kust en het barrièrerif, kon het meer kwetsbare hertshoornkoraal zich in rustig ondiep water, van ongeveer 2 à 3 meter diepte, verder ontwikkelen en vormde uiteindelijk de huidige brede terrassen. Resten van dit hertshoornkoraal, maar ook schelpdieren, treffen we aan de oppervlakte aan.



Figuur 25: resten van hertshoornkoraal aan de oppervlakte bij de vlakte van Hato (foto W.A. Mink)



Figuur 26 resten van een karko in het kalkterras (foto: W.A. Mink)



Figuur 27: Het plafond van de Cueva di Shingot laat de restanten van het elandgeweikoraal zien. (foto W.A. Mink)

Een vergelijkbare situatie met ruim 30.000 jaar geleden treffen we nu nog aan bij Fuikbaai en bij Lagun Blancu en Awa Blanca op Oostpunt. Hier is een **barrièrerif** gevormd waarbij een **lagune** is ontstaan. Ook op Otrabanda kunnen we bij het Rifwater het barrièrerif en de lagune onderscheiden van het vasteland.



Figuur 28: barrièrerif bij Fuikbaai

Bron: http://www.curports.com/wp-content/uploads/2014/07/BEA_0492

Opdracht 22:

Waar in Punda kunnen we een barrièrerif en een lagune onderscheiden ?

.....

.....



Figuur 29: Overzicht het gebied tussen Franjerif en Barmereif (nu Pater Euwensweg).
Bron: foto Suiker

Opdracht 23:

Bekijk figuur 29. Welke verklaring kun je geven voor de brede weg die aangelegd kon worden en nu de Pater Euwensweg is.



Figuur 30: Visser gooit zijn net uit in de lagune van het Rifwater.
Bron: Foto Fisher

Fotograaf Fisher heeft vóór de demping van het Rifwater een zeer tijdsbepalend en historisch fotodocument gemaakt. Op deze foto zie je een visser die zijn net uitgooit in het Rifwater.

Opdracht 24:

a. Welk historisch monument zie je op de foto ?

.....

b. Wie woonde hier ?

.....

c. Hoe heten de twee bruggen, die na de demping zijn verwijderd (figuur 29) ?

..... en

De Kalksteen Formatie heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan de bijzondere natuurlijke verschijnselen die Curaçao rijk is. Vanwege de betrekkelijk goede oplosbaarheid van het gesteente kunnen we tegenwoordig genieten van de schoonheid die de karstverschijnselen ons bieden.

Tot de **karstverschijnselen** behoren alle verschijnselen die voorkomen in een gebied met kalkgesteente en te maken hebben met het oplossen van de kalksteen. Het kalkgesteente bevat calciumcarbonaat CaCO_3 . Het regenwater bevat koolzuur en in contact met kalk zal het regenwater de kalk oplossen $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. In de grot verliest het water koolzuur aan de lucht en daardoor kan minder calciumcarbonaat in oplossing blijven, waardoor calciumcarbonaat neerslaat.

$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$
voorbeelden van karstverschijnselen zijn:

1. **karren:** kalkdelen met harde scherpe punten. Zie ook figuur 31



Figuur 31: karren met doline of verdwijngat (foto W.A. Mink)

2. **Dolines** komen voor in gebieden waar kalksteen aan de oppervlakte ligt. Regenwater bevat een klein percentage zuur en door dit zuur wordt het kalkgesteente aangetast. De kalk lost op (chemische verwerking). Tevens kan bio-erosie optreden door kleine schelpdierjes. Dolines kunnen een diepte van tientallen meters bereiken en grotten vormen.

3. **stalagmieten:** komen voor in druipteengrotten en ontstaan onder de van plafond en wanden afhangende stalactieten doordat er water naar beneden druipt. Na verdamping vormen zich dan op de bodem van de grot stalagmieten. Als stalactieten en stalagmieten steeds groter worden, kunnen ze samengroeien tot zuilen van druipteen.

4. **stalactieten:** komen voor in druipteengrotten. Het zijn pegels calciumcarbonaat die van de wanden en zoldering van een grot hangen. Water dat door het plafond in een kalksteengrot druipt, verdampt en de kalk blijft achter. Stalactieten kunnen uitgroeien tot grote hangende kegels met een doorsnede van één meter en meer.



Figuur 32: Stalactieten (foto W.A. Mink)



Figuur 33: stalagmieten en druipteenzuilen (foto W.A. Mink)

5. **druipsteenzuilen** ontstaan wanneer stalagmieten en stalactieten aan elkaar groeien.

6. **karstbron:** de bron van San Pedro en Rooi Rincon.



Figuur 34: bron bij Rooi Rincon (foto W.A. Mink)

Zowel de **bron bij Rooi Rincon** als de bron van San Pedro zijn natuurlijke bronnen. Het kalkgesteente is een poreus gesteente. Het regenwater dat op het middenterras valt, zakt na verloop van tijd door het kalkgesteente heen en verzamelt zich bij een ondoorlatende laag of een breuk in het kalkgesteente. Via een opening komt het water aan de oppervlakte waar het wordt opgevangen. Bij Rooi Rincon wordt het water gebruikt om auto's te wassen en voor bouwwerkzaamheden. Bij San Pedro wordt het water gebruikt voor de bevoeiing van gewassen.

7. De **Buraku di Tomasito**, gelegen bij Kurá Hulanda, is oorspronkelijk begonnen als een doline in het kalkgesteente. Door oplossing (chemische verwering) is de opening in de loop van duizenden jaren steeds groter geworden totdat de opening het zeeniveau heeft bereikt. Met een klein tijdsverschil komt het water van de zee nu binnen en zet fijn wit zand af op de bodem.



Figuur 35: Buraku di Tomasito (foto W.A. Mink)

8. **drupsteengrot:** De grotten van Hato liggen in het hoogterras. De grotten zijn ontstaan door het oplossen van het kalkgesteente. De totale oppervlakte is veel groter dan het gedeelte dat toegankelijk is voor de bezoekers. In de grotten zijn de prachtige drupsteenzuilen, stalagmieten en stalactieten te zien. De grotten zijn ruim 350.000 jaar oud en gevluchte slaven hebben in de grotten gewoond. Bij een van de kamers is te zien dat delen van het plafond naar beneden zijn gekomen. Er is een opening ontstaan, waardoor de hemel zichtbaar is.



Figuur 36: Binnen in de grotten van Hato (hoogterras) (foto W.A. Mink)

9. De **Cueva di Shingot** op de vlakte van Hato, het laagterras, is ooit begonnen als een doline waarlangs het oppervlaktewater na een flinke regenbui in het kalkgesteente wegstroomde. De spleet werd breder en breder en door chemische verwerking, het oplossen van het kalk, werd uiteindelijk een grot gevormd. Deze cueba staat in verbinding met de zee en bevat brak water. De grot is bekend geworden omdat een deel van het plafond is ingestort. Deze opening is nu de ingang van de cueba. De klei op de bodem van het onderaardse meer is verweerde kalk. De rode kleur ontstaat door corrosie van ijzerdeeltjes die in het kalkgesteente voorkomen.



Figuur 37: Cueva di Shingot (foto W.A. Mink)

10. **Supladó** is een opening in het Laag terras bij Plantage Patrick, waar de golven vanuit zee kunnen binnendringen. Supladó is begonnen als een doline die steeds breder is geworden en uiteindelijk op zeeniveau is aangekomen. Is hieronder een grot gevormd? De golven worden door opening gestuwd, waardoor een fontein ontstaat.



Figuren 38a en 38b: supladó bij Plantage Patrick (foto's W.A. Mink)

11. **Watamula** is gelegen in het noordelijk deel van het eiland. Volgens de lokale bevolking is dit de plaats waar het eiland "ademt". Dit komt doordat de rotsen en overgebleven resten van het koraal poreus zijn en de lucht door de golven uit het gesteente wordt geblazen. Voor de kust van Watamula ligt een van de mooiste riffen van Curaçao.



Figuur 39: Watamula (foto W.A. Mink)

12. **Boka Tabla**, nabij Shete Boka, is een brandingsgrot die ontstaan is door de branding van de zee in combinatie met chemische en bio-erosie. Wij spreken van bio-erosie wanneer biologische processen verantwoordelijk zijn voor het uiteenvallen of aantasten van het gesteente. Regenwater zakt via spleten en scheuren door het poreuze kalkgesteente en vormt uiteindelijk een grote holte in het gesteente. Met een krachtige branding en de hulp van de schelpdieren die de kalk met de algen wegschrappen, ontstaat een grot waar de golven met veel donder en geraas naar binnen rollen.



Figuur 40: Boka Tabla (foto W.A. Mink)

Behalve de karstverschijnselen komen in samenhang met het kalkgesteente andere verschijnselen voor die eveneens opvallend zijn in het natuurlijke landschap.

Een **brandingsnis** herkent men aan de uitholling onderaan de klif. Het zeeniveau is de meest geschikte plaats voor de kleine schelpdierpjes als de Tapakoncha die zich vastklitten aan de klif. Op deze plek verorberen ze de algen op het kalkgesteente. Hierbij schrapen ze tegelijkertijd een stukje van het kalkgesteente af. De uitholling is 2 mm per jaar.



Figuur 41: Brandingsnis (foto W.A. Mink)

Een **boka** heeft twee betekenissen. Het kan een kleine inham zijn, maar ook een monding. Een boka ontstaat door de inwerking van twee krachten. Enerzijds zoekt vanuit land het overvloedige regenwater via verschillende rooien een weg naar zee. Het water maakt door uitschuring in de Lava Formaties een compleet dalstelsel. Bij aankomst in het rifgedeelte wordt het kalkgesteente door de fluviatiele erosie volledig doorgesneden. Resten van het kalkgesteente die in de bedding van de rooi terecht komen, worden door de rooi opgeruimd. Anderzijds is er vanuit zee sprake van een marine en biologische erosie. We spreken van biologische erosie, omdat kleine schelpdierpjes als de kakalaka di awa en de tapakoncha de algen verorberen die zich op het kalkgesteente bevinden en hierbij ook stukjes kalk afschrapen. Een combinatie van processen als oplossen van kalkgesteente, mechanische verwerking en de werking van de branding kunnen het rif verzwakken en in het gesteente brandingsgrotten vormen. Het dak van de grot valt na verloop van tijd naar beneden en de boka is gevormd. Het regenwater van de rooi en de zee voltooien samen met een enorme kracht een opening in het rif, dat steeds breder wordt.



Figuur 42: Boka Ascension (foto W.A. Mink)



Figuur 43: schelpdieren dragen bij aan bio-erosie



Figuren 44a +44b: Boka Pistol: biologische en marine erosie. Het begin van een nieuwe boka?

Boka Wandomi in het Shete Boka gebied laat ons duidelijk zien dat in vroegere tijden het zeeniveau zo'n 10 meter hoger is geweest dan nu. Het regenwater met erosiemateriaal heeft zich vanuit het land een weg gebaand door het kalkterras. In de wanden van het kalkterras zijn de robuuste koraalsoorten te zien die het barrièrerif hebben opgebouwd. Een krachtige mechanische verwerking heeft ertoe bijgedragen dat uitgebreide stukken van de koraalwand naar beneden zijn gevallen.



Figuur 45: Boka Wandomi (foto W.A. Mink)

Met **gekantelde tafelbergen** bedoelt men de "bergen" zoals Jack Evertszberg, Zwarte berg, Veerisberg, St. Michielsberg, Ser'i Domi en de berg met Fort Nassau. De gekantelde tafelbergen zijn gevormd gedurende de Laat Tertiaire periode. In deze periode vond een sterke koraalgroei plaats rondom de twee boven water gelegen delen van Curaçao. Bij een latere opheffing werden deze riffen door erosie en verwering volledig verwijderd. Alleen de onderzeese gevormde koraalpuinhellingen zijn gedeeltelijk bewaard gebleven. De glooiende kant van de gekantelde tafelbergen is zeewaarts gericht.



Figuur 45: gekantelde tafelbergen: Zwarte Berg met antennes en Jack Evertszberg (foto W.A. Mink)

Een **getuigeberg** is een geïsoleerd staande, erosiebestendige berg in een vlakke omgeving. De afzettingen uit diverse perioden zijn duidelijk waarneembaar. In tegenstelling tot Seru Djaka Komé (figuur 22 en 23) hebben hier geen afgravingen plaatsgevonden.



Figuur 46: Ronde Klip, getuigeberg 129 mtr, waar de verschillende Formaties bewaard zijn gebleven (foto W.A. Mink)

De **Santa Barbara Tafelberg** is een afgeplatte heuvel, gelegen in het zuidoosten van Curaçao bij de ingang van het Spaanse Water. De Tafelberg wordt sinds 1874 door de Mijnmaatschappij ontgonnen. In eerste instantie vanwege het fosfaat (kunstmest) en tegenwoordig meer voor de kalksteen. Voor het beeld laat men de buitenwand intact.



Figuur 47: Santa Barbara Tafelberg (foto W.A. Mink)

De afgravingen vinden aan de binnenkant plaats.

De vorming van de Tafelberg dateert uit het Laat Tertiair toen er een sterke koraalgroei plaatsvond in het gehele Caribisch Gebied. Door een verticale opheffing zijn de kalklagen boven water gekomen. De Tafelberg is een broedplaats geweest van miljoenen zeevogels die zich hierop nestelden. De guano (vogelpoep) heeft zich vermengd met het kalkgesteente dat zich op de lagere delen ontwikkelde tijdens de relatieve zeespiegelbewegingen.

Handvormige binnenbaaien of "verdrongen dalstelsels" zijn ontstaan gedurende het Kwartair na de vorming van het Midden Terras. Het zeeniveau lag toen ongeveer 25 meter onder het huidige niveau. In die tijd was de neerslag ook veel meer dan nu. Vanwege het hoogteverschil stroomde het regenwater sneller af naar de zee en maakte diepe geulen in de oudere gevormde Formaties als Knip Formatie en Curacao Lava Formatie. Hierbij moet men bedenken dat de beschermende kalkformatie op de oudere gesteenten door erosie en vertering al hevig was aangetast en soms zelfs verdwenen. Er ontstonden in het vlakke lage binnenland wijdvertakte dalstelsels die door de kalkranden van het eiland heen braken en een uitweg vormden richting zee. Nadat de zeespiegel rees, kon op enige afstand van het Midden Terras een barrièrerif ontstaan. De dalstelsels vulden zich met zeewater en overstroonden in sommige gevallen. De lagune werd een zeer geschikte plaats voor koraalgroei, wat later het Laag Terras werd. Na een relatieve geringe zeespiegeldaling kwam het Laag Terras boven water, maar de daling was te weinig om de "verdrongen dalstelsels" droog te laten vallen. Voorbeelden van handvormige binnenbaaien zijn het Spaanse water, het Schottegat, Santa Marthabaai, en Sint Jorisbaai.



Figuur 48: St. Jorisbaai als voorbeeld van een handvormige binnenbaai
Bron: satellietfoto Curacao bewerkt

Een **natuurlijke brug** wordt gevormd doordat het kalkgesteente door de krachtige golven in de loop der jaren is uitgesleten. Het lagere gesteente is zachter en zal daardoor sneller eroderen dan de bovenlaag. Er vormen zich aan beide zijden inhammen die uiteindelijk bij elkaar komen. Op Curaçao zijn verschillende natuurlijke bruggen te zien o.m. bij Playa Kanoa, bij Shete Boka en bij Watamula.



Figuur 49: De natuurlijke brug bij Shete Boka (foto W.A. Mink)

Genoemd naar de rijstvelden in Indonesië komen **sawahbanken** voor aan de noordkant van Curaçao. De sawahbanken beschermen het Laag Terras tegen bio-erosie. Bij bio-erosie schrapen de schelpdieren als Kakalaka di awa en Tapakoncha de algen van het kalkgesteente en verorberen tegelijkertijd stukjes kalk.



Figuur 50:
sawahbank bij
Watamula (foto
W.A. Mink)

Saliña's zijn vlakke gebieden nabij de kust of langs binnenbaaien, die soms onder water komen in de regentijd. De saliña's zijn van de open zee gescheiden door een rif of koraalpuin. Door de sterke verdamping van het water en de slechts matige aanvoer van ondergronds zeewater veranderen deze binnenbaaien in zoutwatermeren (saliña's). Deze saliña's kregen een economische waarde vanwege de zoutwinning. Restanten hiervan zijn nog te vinden bij St. Michielsbaai, bij Lagun, Jan Thiel en Jan Kok.



Figuur 51: Voormalige zoutpannen bij Jan Kok (foto W.A. Mink)

Vragen bij Hoofdstuk 2: De geologische geschiedenis van Curaçao.

1. Curaçao is ontstaan in de Midden-Krijtperiode. Geef de omstandigheden aan waaronder Curaçao gevormd is, gedurende deze geologische periode.

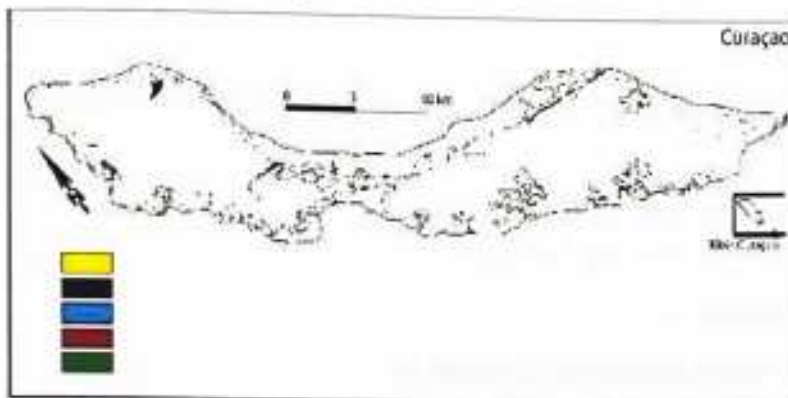
2a. Wanneer hebben op Curaçao de afzettingen plaatsgevonden ?

2b. Wanneer heeft op Curaçao afbraak van de gesteenten plaatsgevonden ?

3. Vul onderstaand schema volledig in:

naam van het gevormde gesteente	geologische periode	tijdsdatering
1.		
2.		
3.		
4a		
4b		

4. Leg duidelijk uit waarom Curaçao Lava Formatie niet poreus is, terwijl uitgevloeiide magma meestal wel poreus is.



Figuur 12: De gesteenten op Curaçao
Bron: werkgroepcaraibischeletteren.nl

5. Maak bovenstaande figuur compleet. Begin eerst met het maken van een legenda en kleur vervolgens de Formaties in de figuur.

6. Leg uit waarom Knip Formatie in het Zuid-Oostelijk deel van Curaçao weinig voorkomt.

7. Leg de naam "Santu Pretu" uit.

8. Waarom treffen we bij Boka Santa Cruz vrijwel geen deeltjes Knip Formatie aan ?

9. Leg het voorkomen van Midden Curaçao Formatie duidelijk uit.

10. Leg uit dat de aanwezigheid van M.C.F. de theorie van de bewegende platen bevestigt.

11. Bij Seru Djaka Komé komt veel M.C.F. voor. Welke verklaring kun je hiervoor geven ?

12. Leg uit dat na een periode van veel plooïing veel verweringsmateriaal in zee zal worden afgezet.

13a. Welk onderscheid kan worden gemaakt bij de Kalksteen Formatie ?

13b. Waarin verschillen de beide Kalksteen Formaties ?

14. Curaçao kent geen Formatie afzettingen tussen 65 miljoen en 5 miljoen jaar geleden. Welke verklaring heb je hiervoor ?

15. Wat is de belangrijkste reden geweest voor de koraalgroei in het Caribisch Gebied ?
- 16a. Noem vijf voorwaarden voor een optimale koraalgroei.
- 16b. Om welke reden stagneert de huidige koraalgroei rondom Curaçao ?
- 17a. Noem vijf "gekantelde tafelbergen".
- 17b. Op welke drie manieren worden de "gekantelde tafelbergen" op dit moment gebruikt ?
- 18a. Wat is een "getuigeberg" ?
- 18b. Noem drie "getuigebergen".
- 19a. Wat is "guano"?
- 19b. Waar op Curaçao komt "guano" voor ?
20. Leg duidelijk uit welk begrip hoort bij "glaciale periode" (keuze: transgressie/regressie).
21. Leg uit het voorkomen van brede terrassen aan de noordkant van Curaçao.
- 22a. Wat is een "lagune" ?
- 22b. Leg uit dat het Waaigat een lagune is.
- 22c. Welke delen zijn het franjerif en het barrièrerif geweest ?
- 23a. Wat zijn "karstverschijnselen" ?
- 23b. Noem vijf voorbeelden hiervan.
24. Leg uit wat de volgende verschijnselen zijn: a) doline; b) stalagmieten; c) stalactieten; d) karstbron; e) brandingsnis.
- 25a. Welke drie vormen van erosie komen voor op Curaçao ?
- 25b. Welke vorm van verwerking komt NIET voor op Curaçao ?
26. Leg de vorming van een boka duidelijk uit.
- 27a. Leg de vorming van de handvormige binnenbaai duidelijk uit.
- 27b. Noem vier handvormige binnenbaaien.
28. Leg uit wat zal gaan gebeuren bij het Spaanse Water wanneer de opwarming van de aarde zich verder doorzet.
29. Wat is de reden dat bij het Seaquarium een kunstmatig rif is gemaakt ?
- 30a. Wat zijn "sawahbanken" ?
- 30b. Waar komen veel "sawahbanken" voor ?
- 31a. Wat zijn "saliña's" ?
- 31b. Waarom zijn er zoveel flamingo's te vinden op deze plaatsen ?

Aantekeningen:

Aantekeningen:



ISBN 978-92004-5-44-3



9 789990 451443 >